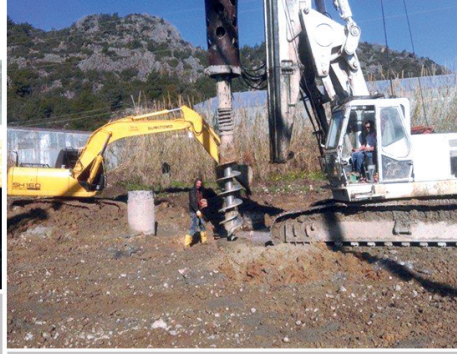
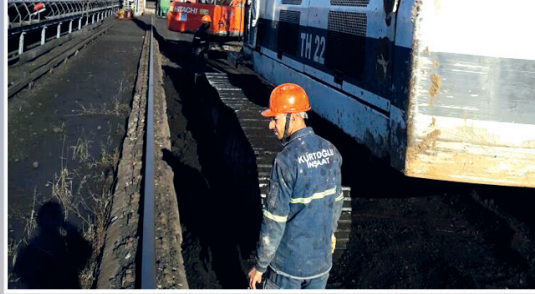


SU  
MA

SU-MA  
SONDAJ İNŞAAT JEOTEKNİK OFİSİ



### Yurtdışı Çalışmalarımız

- IRAK
- GÜRCİSTAN
- AZERBAJCAN
- RUSYA
- Jet Grauting
- Enjeksiyon  
(Bina, Gölet, Baraj)
- Maden Sondajları  
(Her Türü Zeminde %90 Karot)

**Adres** : Haydarbey Mah. Barbaros Cad.  
Hakan Yüzbaşı Apt. No:3  
KAHRAMANMARAŞ  
**Telefax** : 0 344 225 555 97  
**Web** : www.sumajeoteknik.com  
**e-mail** : info@sumajeoteknik.com

Uluslararası Katılımlı  
Türkiye  
Jeoloji  
Kurultayı  
Kent Jeolojisi  
ODTÜ  
28 Ocak - 1 Şubat 2019

Uluslararası Katılımlı  
72<sup>nd</sup> Geological  
Congress of  
Turkey  
Urban Geology  
METU  
January 28 - February 1, 2019

ISBN: 978-605-01-1261-0



TMMOB  
JEOLOJİ  
MÜHENDİSLERİ  
ODASI

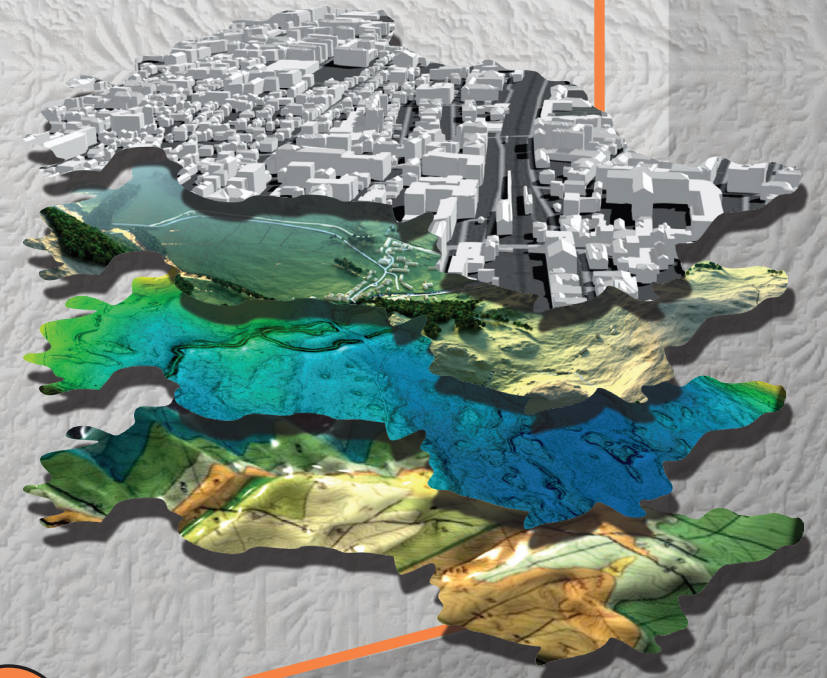
Uluslararası Katılımlı  
72<sup>nd</sup> Türkiye  
Jeoloji  
Kurultayı  
Kent Jeolojisi  
ODTÜ  
28 Ocak - 1 Şubat 2019

with international participations  
72<sup>nd</sup> Geological  
Congress of  
Turkey  
Urban Geology  
METU  
January 28 - February 1, 2019

## BİLDİRİ ÖZLERİ VE TAM METİN BİLDİRİLER KİTABI

THE PROCEEDINGS AND  
ABSTRACTS BOOK

**Editörler / Editors**  
Hasan SÖZBİLİR  
Çağlar ÖZKAYMAK  
Bora UZEL  
Ökmen SÜMER  
Mustafa SOFTA  
Çiğdem TEPE  
Semih ESKİ



TMMOB  
JEOLOJİ MÜHENDİSLERİ ODASI  
CHAMBER OF GEOLOGICAL ENGINEERS OF TURKEY



# BİLDİRİ ÖZLERİ VE TAM METİN BİLDİRİLER KİTABI

*THE PROCEEDINGS AND  
ABSTRACTS BOOK*

## **Editörler / Editors**

Hasan SÖZBİLİR

Çağlar ÖZKAYMAK

Bora UZEL

Ökmen SÜMER

Mustafa SOFTA

Çiğdem TEPE

Semih ESKİ



**TMMOB**  
**JEOLJİ MÜHENDİSLERİ ODASI**  
*CHAMBER OF GEOLOGICAL ENGINEERS OF TURKEY*



550.4

72. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiri Özleri Kitabı

Ankara: Jeoloji Mühendisleri Odası yayınları, 2019

s.; 24 cm (Jeoloji Mühendisleri Odası yayın No: 140)

jeoloji kurultayı, yer bilimleri, jeoloji ve kent, jeoloji

TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası

**TMMOB JEOLJİ MÜHENDİSLERİ ODASI YAYINLARI NO: 140**

ISBN:

**Teknik Düzenleme / *Technical compiled by***

**İlhan ULUSOY**

Baskı



**KURULTAY DÜZENLEME KURULU**  
**Organising and Executive Committee**

**Hasan SÖZBİLİR**

Başkan / *President*

**Ulaş AVŞAR**

II. Başkan / *Vice-president*

**Ayhan KOÇBAY**

II. Başkan / *Vice-president*

**Oğuz GÖĞÜŞ**

II. Başkan / *Vice-president*

**Çağlar ÖZKAYMAK**

Sekreter / *Secretary*

**Bora UZEL**

Sekreter / *Secretary*

**Ökmen SÜMER**

Sekreter / *Secretary*

**Mustafa SOFTA**

Sosyal ve Kültürel Etkinlikler  
*Social and Cultural Affairs*

**Semih ESKİ**

Sosyal ve Kültürel Etkinlikler  
*Social and Cultural Affairs*

**Çiğdem TEPE**

Sosyal ve Kültürel Etkinlikler  
*Social and Cultural Affairs*

**Gonca ŞAHİN**

Sosyal ve Kültürel Etkinlikler  
*Social and Cultural Affairs*

**D. Malik BAKIR**

Sayman / *Treasury*

**Damla ARIK**

Sayman / *Treasury*

**İlhan ULUSOY**

Basın ve Halkla İlişkiler  
*Public Relations*

**Deniz IŞIK GÜNDÜZ**

Basın ve Halkla İlişkiler  
*Public Relations*

**Merve UYTUN**

Basın ve Halkla İlişkiler  
*Public Relations*

**Zeynep Yelda CUMA**

Basın ve Halkla İlişkiler  
*Public Relations*



**TMMOB JEOLOJİ MÜHENDİSLERİ ODASI**  
**BİLİMSEL VE TEKNİK KURUL**  
**Chamber of Geological Engineers**  
**Scientific and Technical Committee**

**Erdin Bozkurt**

Jeoloji Eğitimi Üyesi / *Geological Education Member*

**Gürol Seyitoğlu**

Genel Jeoloji Üyesi ve Mesleki Etik/  
*General Geology and Professional Ethics Member*

**Bülent Özmen**

Doğa Kaynaklı Afetler ve Afet Yönetimi  
Üyesi/ *Natural Hazards and Disaster Management Mem.*

**Ali Yılmaz**

Çevre Jeolojisi Üyesi/ *Environmental Geology Mem.*

**Ali Demirer**

Petrol Jeolojisi Üyesi/ *Petroleum Geology Member*

**Ahmet Apaydın**

Hydrojeoloji Üyesi/ *Hydrogeology Member*

**Alper Baba**

Tıbbi Jeoloji Üyesi/*Medical Geology Member*

**Ayhan Kösebalaban**

Kömür Jeolojisi Üyesi/ *Coal Geology Member*

**Can Ayday**

Uzaktan Algılama ve CBS Üyesi/ *Remote Sensing and GIS Member*

**Cüneyt Şen**

Jeokimya Üyesi/ *Geochemistry Member*

**Erol Sarı**

Deniz, Göl ve Kıyı Jeolojisi Üyesi/ *Marine, Lake and Coastal Geology Member*

**Hasan Sözbilir**

Yapısal Jeoloji ve Tektonik Üyesi/  
*Structural Geology and Tectonics Member*

**İbrahim Akkuş**

Jeotermal Kaynaklar ve Doğal Mineralli  
Sular Üyesi/ *Geothermal Resources & Nat. Mineral Waters Member*

**İsmet Cengiz**

Metalik Madenler Üyesi/ *Metallic Mines Member*

**Levent Karadenizli**

Paleontoloji, Stratigrafi ve Sedimantoloji  
Üyesi/*Paleontology, Stratigraphy – Sedimentology Member*

**M. Ruhi Akçıl**

Sondaj Uygulamaları Ü./ *Drilling Applications Member*

**Nihat Sinan Işık**

Jeoteknik ve Mühendislik Jeolojisi Üyesi/  
*Engineering Geology and Geotechnics Member*

**Nizamettin Kazancı**

Jeo-Turizm, Jeolojik Miras ve Arkeo-Jeoloji  
Üyesi/*Geo-tourism, Geological Heritage and Archaeogeology Member*

**Osman Parlak**

Mineraloji- Petrografi Ü./ *Mineralogy-Petrography Mem.*

**Sabah Yılmaz Şahin**

Değerli ve Yarı Değerli Taşlar Üyesi/  
*Precious and Semi Precious Stones Member*

**Tolga Çan**

Jeolojik Tehlikeler/ *Geological Hazard Member*



**TMMOB**  
**JEOLOJİ MÜHENDİSLERİ ODASI YÖNETİM KURULU**  
*Chamber of Geological Engineers Executive Committee*

**Hüseyin ALAN**  
Başkan/ *President*

**Yüksel METİN**  
II. Başkan/ *Vice President*

**Faruk İLGÜN**  
Yazman Üye/ *Secretary*

**D. Malik BAKIR**  
Sayman Üye/ *Treasury*

**M. Emre KIBRIS**  
Mesleki Uyg. Üyesi/ *Member of Professional Activities*

**Buket YARARBAŞ ECEMİŞ**  
Yayın Üyesi/ *Member of Publications*

**Gonca ŞAHİN**  
Sosyal İlişkiler Üyesi/ *Member of Social Affairs*





# OTURUM YÜRÜTÜCÜLERİ VE BİLİM KURULU

*(Session Conveners and Scientific Committee)*

## 75. YIL ÖZEL ŞÜKRAN OTURUMU: FUAT ŞAROĞLU/

*HONORARY SESSION FOR FUAT ŞAROĞLU*

Yücel YILMAZ - Ali Mehmet Celal ŞENGÖR- Ömer EMRE - Tamer DUMAN -  
Hasan SÖZBİLİR

## ALTERNATİF ENERJİ KAYNAKLARI/

*ALTERNATIVE ENERGY RESOURCES*

İsmail BAHTİYAR - Hasan Armağan DERMAN - Kadir GÜRGEY

## ANTROPOSEN VE ANTROPOJENİK KİRLİLİK/

*ANTHROPOCENE AND ANTHROPOGENIC POLLUTION*

Mustafa ERGİN - Nuray ÇAĞLAR-Deniz ŞANLIYÜKSEL YÜCEL - Ökmen SÜMER

## BÖLGESEL JEOLJİ/REGIONAL GEOLOGY

Aral OKAY - Erman ÖZSAYIN - Bora ROJAY-Derek THORKELESON - Mehmet KESKİN

## ÇEVRE JEOLJİSİ/ENVIRONMENTAL GEOLOGY

Alper BABA - İrfan YOLCUBAL - Fatma GÜLTEKİN - Prosun BHATTACHARYA -  
Dilek TURER

## DEĞERLİ-YARI DEĞERLİ TAŞLAR/

*PRECIOUS-SEMI PRECIOUS STONES*

Sabah YILMAZ ŞAHİN - Haluk SELİM - Meltem GÜRBÜZ - Murat HATİPOĞLU -  
Ayten ÇALIK

## DOĞA KAYNAKLI AFETLER VE AFET YÖNETİMİ/

*NATURAL DISASTERS AND DISASTER MANAGEMENT*

Orhan TATAR - Şükrü ERSOY - Bülent ÖZMEN

## DOĞAL YAPI TAŞLARI VE ENDÜSTRİYEL HAMMADDELER/

*NATURAL BUILDING STONES AND INDUSTRIAL MINERALS*

Cahit HELVACI - Atiye TUĞRUL -Murat YILMAZ - Ali Bahadır YAVUZ

## GELECEĞİN YERBİLİMCİLERİ/GEOSCIENTIST OF THE FUTURE

Kadir DİRİK - Halil KUMSAR -Tolga OYMAN - Osman PARLAK



**FOSİL YAKITLAR VE TEKNOLOJİSİ/FOSSIL FUELS AND THEIR TECHNOLOGIES**

Ali İhsan KARAYİĞİT - Zühtü BATI - Kimon CHRISTANIS - Selami TOPRAK

**HİDROJEOLOJİ, SU KAYNAKLARI VE YÖNETİMİ/**

**HYDROGEOLOGY, WATER RESOURCES AND THEIR MANAGEMENT**

Mehmet EKMEKÇİ - Müfit Şefik DOĞDU - Ayla BOZDAĞ - Harun AYDIN -  
Antonio CHAMBEL

**JEOARKEOLOJİ/GEOARCHAEOLOGY**

Erhan ALTUNEL - Namık YALÇIN - Bülent ARIKAN - Mehmet ÖZDOĞAN

**JEODEZİ/GEODESY**

Haluk ÖZENER - Bahadır AKTUĞ-İbrahim TIRYAKIOĞLU

**JEODİNAMİK/ GEODYNAMICS**

Oğuz GÖĞÜŞ - Russell N. PYSKLYWEC - Claudio FACCENNA - Irina ARTEMIEVA -  
Tuna EKEN

**JEOFİZİK YÖNTEMLER VE JEOLJİK UYGULAMALARI/**

**GEOPHYSICAL METHODS AND THEIR APPLICATIONS TO GEOLOGICAL PROBLEMS**

Hans THYBO - Hayrullah KARABULUT - Argun KOCAOĞLU - Neslihan OCAKOĞLU  
GÖKAŞAN - Turgay İŞSEVEN - Emin ULUGERGERLİ- Ebru ŞENGÜL ULUOCAK

**JEOKRONOLOJİ VE İZOTOP JEOLJİSİ/**

**GEOCHRONOLOGY AND ISOTOPE GEOLOGY**

Nilgün GÜLEÇ - Ersin KORALAY - Quentin CROWLEY - İsmail Onur TUNÇ

**JEOMORFOLOJİ/GEOMORPHOLOGY**

Atilla ÇİNER - Cengiz YILDIRIM - Tolga GÖRÜM

**JEOTERMAL ENERJİ / GEOTHERMAL ENERGY**

Gültekin TARCAN - Mehmet Furkan ŞENER - Ayşen DAVRAZ - Arzu FIRAT ERSOY -  
Ozan DENİZ

**KENT JEOLJİSİ / URBAN GEOLOGY**

Halil KUMSAR - Yılmaz MAHMUTOĞLU - Evren ERDİN - Bahattin Murat DEMİR -  
Atiye TUĞRUL

**KIYI, GÖL VE DENİZ JEOLJİSİ/**

**COASTAL, LACUSTRINE AND MARINE GEOLOGY**

Erol SARI - Derman DONDURUR - Kadir Kürşat ERİŞ - Pierre HENRY -  
Mustafa AVCIOĞLU

**KUVATERNER ARAŞTIRMALARI/QUATERNARY STUDIES**

Naki AKÇAR - Nasim MOZAFARI AMIRI - Mustafa SOFTA - Joel Q.G.SPENCER

**KÜLTÜREL JEOLJİ VE JEOLJİK MİRAS/**

**CULTURAL GEOLOGY AND GEOLOGICAL HERITAGE**

Nizamettin KAZANCI - Korhan ERTURAÇ - Catherine KUZUCUOĞLU - Alper GÜRBÜZ

**MAGMATİZMA VE MAGMATİK SÜREÇLER/**

**MAGMATISM AND MAGMATIC PROCESSES**

Cüneyt ŞEN - Ferkan SİPAHİ - Fuat ERKÜL - Sibel TATAR ERKÜL - Martin PALMER

**METALİK MADEN YATAKLARI/METALLIC MINERAL DEPOSITS**

İlkay KUŞÇU - Tolga OYMAN - Ahmet ŞAŞMAZ - Robert MORITZ - Emin ÇİFTÇİ

**METAMORFİZMA VE METAMORFİK KUŞAKLAR/**

**METAMORPHISM AND METAMORPHIC BELTS**

Erdinç YİĞİTBAŞ - Erdin BOZKURT - Donna WHITNEY - Gültekin TOPUZ - Ali POLAT

**MÜHENDİSLİK JEOLJİSİ VE JEOTEKNİK/**

**ENGINEERING GEOLOGY AND GEOTECHNICS**

Tamer TOPAL - Aykut AKGÜN - Nihat Sinan IŞIK - Özge DİNÇ GÖĞÜŞ -  
Harun SÖNMEZ

**NEOTEKTONİK VE DEPREMSELLİK/NEOTECTONICS AND SEISMICITY**

Gürol SEYİTOĞLU - Serdar AKYÜZ - Ziyadin ÇAKIR - Korhan ESAT - Laura GREGORY  
- Azad SAĞLAM SELÇUK

**OFİYOLİT VE OFİYOLİTİK MELANJ/OPHIOLITES AND OPHIOLITIC MELANGES**

Osman PARLAK - Alastair ROBERTSON - Utku BAĞCI

**PALEOMANYETİZMA/PALAEOMAGNETISM**

Mualla CENGİZ ÇİNKU - Nuretdin KAYMAKÇI - Cor LANGEREIS - Bora UZEL -  
John GEISSMAN

**PALEONTOLOJİ VE BİYOSTRATİGRAFI/PALEONTOLOGY AND BIOSTRATIGRAPHY**

Atike NAZİK - Cemal TUNOĞLU - Bilal SARI - Aslı KARABAŞOĞLU - Sevinç KAPAN

**PALİNOLOJİ VE PALEO İKLİM/PALYNOLOGY AND PALEOCLIMATE RESEARCH**

Funda AKGÜN - Zühtü BATI - Dimiter IVANOV - Torsten UTESCHER -  
Mine Sezgül KAYSERİ ÖZER



**SEDİMANTOLOJİ VE SEDİMANTER SÜREÇLER/  
SEDIMENTOLOGY AND SEDIMENTARY PROCESSES**

Ülvi Can ÜNLÜGENÇ - Faruk OCAKOĞLU - Ezher TAGLIASACCHI -  
Enrico CAPEZZUOLI

**SİSMOLOJİ/SEISMOLOGY**

Doğan KALAFAT - Onur TAN - Zeynep GÜLERCE - Özlem KARAGÖZ - Özgün KONCA

**SONDAJ YÖNTEMLERİ VE TEKNOLOJİSİ/  
DRILLING METHODS AND ITS TECHNOLOGY**

Celalettin ŞİMŞEK - Mehmet Ruhi AKÇIL - Traugott SCHEYTT

**TARIMSAL JEOLJİ/AGROGEOLOGY**

Ayten NAMLI - Mümtaz ÇOLAK - Yusuf KURUCU - Hasan ÖZCAN

**TIBBİ JEOLJİ/MEDICAL GEOLOGY**

Nurgül BALCI - Muzaffer METİNTAŞ - Engin TUTKUN - Gürhan YALÇIN - Yusuf URAS

**USTALAR OTURUMU (EMEKLİ YERBİLİMCİLER)/  
EMERITUS EARTHSCIENTISTS**

Ayhan KÖSEBALABAN - Ali YILMAZ - Ali Vedat OYGÜR - Ali ÇAKMAKOĞLU

**UZAKTAN ALGILAMA VE COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ/  
REMOTE SENSING AND GIS**

Kaan Şevki KAVAK - Can AYDAY - Tolga ÇAN - Bekir Taner SAN

**KENT JEOLJİSİ PANEL - 1 / URBAN GEOLOGY PANEL - 1**

Yerleşime Uygunluk ve Kentsel Dönüşüm/ *Availability to Settlement and  
Urban Transformation*

**KENT JEOLJİSİ PANEL - 2/URBAN GEOLOGY PANEL - 2**

Doğal Kaynak Yönetimi ve Kentleşme/Management of Natural Resource and  
Urbanization

# Kurultaya Çağrı

Saygıdeğer bilim insanları,

1947 yılından beri kesintisiz devam eden ve ülkemizin yer bilimleri alanındaki en köklü, saygın ve bilimsel organizasyonu olan uluslararası katılımlı Türkiye Jeoloji Kurultayları'nın yetmişikincisi 28 Ocak-1 Şubat 2019 tarihleri arasında, "Kent Jeolojisi" ana temasıyla, ODTÜ Kültür ve Kongre Merkezi'nde gerçekleştirilecektir.

Kent jeolojisi ana teması gün geçtikçe kentleşen dünyada gelişmekte olan bir disiplin olarak, kentleşme ve şehirleşme alanlarındaki jeosfer, hidrosfer ve biyosfer arasındaki ilişkide ortaya çıkan sorunların çözümü için yürütülen yerbilimleri uygulamalarını kapsamaktadır. Kent jeolojisi, arkeolojik, biyolojik ve çevresel bilimlerle bağlantı kurarak, temel jeolojiden jeokimyaya, maden ve enerji kaynaklarından hidrojeolojiye, mühendislik jeolojisi-jeoteknikten jeofizik uygulamalara kadar yer bilimlerinin tüm katmanlarını kapsamaktadır. Jeoloji'nin bir bilim olarak olgunlaştığı 1900'lü yıllarda, küresel ölçekte nüfusun %10'luk dilimi kentsel yerleşim alanlarında yaşamaktayken; günümüzde bu oran, genel nüfus artışı ve kırsal alanlardan kentlere göçler ile beslenerek %50'lik bir dilime ulaşmıştır. 2030'larda bu oranın %70'lere ulaşması beklenmektedir.

Kentsel alanlarda doğal afetlerden korunma adına yapılan yerleşime uygunluk konusundaki ana kaya ve yüzey jeolojisinin haritalanması, heyelan ve sel tehlikesinin ortaya konması; içinden aktif fayların geçtiği kentlerde yüzey faylanması tehlike kuşağının değerlendirilmesi, kentsel su temini ve yönetimi ile hidroloji ve yeraltı suyu kalitesinin izlenmesi; işletilen madenleri yüzey drenaj havzaları içinde kalan kentlerde ağır metal kontaminasyonunun haritalanması, çevre jeolojisi ve çevre jeokimyası çalışmalarının yürütülmesi; çevredeki tarım alanlarından gelen kirliticilerin kentsel mekanlara etkisinin ortaya konması ve jeolojik miras gibi konular kent jeolojisi ekseninde insan ve doğa olayları arasındaki çapraz bağlantılarını ve etkileşimlerini açıklamaktadır. Bu bakımdan bu yıl yapılacak olan Kurultayımıza jeolojinin yanı sıra, Kent Jeolojisinin bileşenlerini içeren jeofizik, maden, petrol, jeodezi, tıp, veterinerlik, biyoloji, ziraat, coğrafya, kimya, arkeoloji, mimarlık, şehir ve bölge planlama gibi bilim dallarından da katılım ve katkı beklemekteyiz. Kurultay'ın geleneksel temel konuları olan Bölgesel Jeoloji, Temel Jeoloji, Uygulamalı Jeoloji, Ekonomik Jeoloji, Doğal Afet ve Afet Yönetimi gibi konular her yıl olduğu gibi bu Kurultay'da da yerlerini korumaktadırlar. Yetmişinci Kurultay'da ilk kez yapılan "Öğrenci Oturumu" ve Yetmişbirinci Kurultay'da "Geleceğin Yerbilimcileri" adı altında gerçekleştirilen oturumlar bu yıl da sürdürülecektir. Bunun yanı sıra, Yetmişbirinci Kurultay'da ilk kez düzenlenen "Ustalar Oturumu" bu yıl da düzenlenecek olup, bu oturumda geçmişte yerbilimleri alanlarında fiilen hizmet vermiş ülkemizin duayen isimleri bilimsel, tarihsel, felsefe içerikli konuşmalarıyla deneyimlerini paylaşacaklardır.

Düzenleme Kurulu olarak, jeoloji bilimleri ve bilhassa "Kent ve Jeoloji" konularıyla doğrudan ya da dolaylı olarak ilgili olan tüm bilim insanlarını Kurultayımıza en samimi duygularımızla davet ediyor ve özel oturum, sergi, panel ya da sosyal etkinlik düzenlemeye gönüllü olmalarından mutluluk duyacağımızı belirtmek istiyoruz. Yolu bilimden geçen herkesi yetmişikinci kez düzenlenecek olan Türkiye'nin en köklü bilimsel toplantısına; 72. Türkiye Jeoloji Kurultayı'na bekliyoruz...

**Kurultay Düzenleme Kurulu Adına**  
**Prof. Dr. Hasan Sözbilir**



# Call for Papers/Invitation

Dear friends and colleagues,

On behalf of the organizing committee, it is my pleasure to invite you to the upcoming 72th Geological Congress of Turkey (TJK) in Ankara at METU Culture and Convention center (January 28th-Feb 1st, 2019). The TJK (acronym for the meeting) is known to be one of the most reputable and leading scientific meetings/organizations in the nation, which aims to gather researchers from all branches of geosciences.

Since 1947, the TJK has been organized annually and it accepts contributions as oral and poster presentations from all sub-disciplines of earth sciences. Namely, these include but not limited to regional geology, structural geology, petrology, geochemistry, stratigraphy, paleontology, geodynamics, engineering geology, hydrogeology, geophysical methods and economic geology. This year we expand our interest into the growing new field and specifically our focus is on studies pertaining to the Urban Geology. Such theme as a research topic within geology emerged as a response to the increasingly urbanized world to resolve problems that arise from the contemporary-urban life style. From the evolutionary aspect of geology as a scientific discipline, only 10% of the global population resided on the cities/urban areas in 1900s while such link between the earth sciences and urbanization was not the prime topic of research. Currently, the population in the cities increased up to 50% due to the rural to city migration in conjunction with the global population growth. A future projection for 2030 suggests that 70% of the world population will claim their settlements in the cities. In that respect, we shall attempt to develop a clearer understanding of the interaction between the geosphere, hydrosphere and the biosphere meanwhile a strong link between all branches of geology and the archeological, biological and environmental sciences needs to be established.

Specific areas of research activities in Urban Geology concentrating on the relation between the societal activities and earth processes may include, nevertheless not limited to; 1) Risk assessments/analysis of landslides, flooding events and investigation of the appropriate sites for housing/settlements, 2) Determination of hazardous areas, developing potential mitigation strategies within the frame of active tectonic studies, i.e. delineation of fault zones, seismically active areas, tsunami inundation zones, 3) Assessment and management of water resources in urban areas, as well as monitoring of both surface water and groundwater quality, 4) Identifying heavy metal ingredients and conducting environmental/geochemical studies for cities located in drainage zones of mining sites, 5) Investigation of the effects of agricultural contaminants at urban areas, 6) Conservation of geological heritages in urban areas (e.g Cappadocia, Pamukkale) and finally,

7) Develop awareness for changing climate on earth and evaluating its potential impact on sea level variations (e.g advancing methods on coastal research). This year while we keep our traditional and common topics in geology -outlined above- we would like to call for submissions from varying research areas relevant to urban geology, such as mining/mineral and oil/petroleum research, geodesy, architecture, urban planning, biology, geography, medicine, veterinary medicine, agriculture and other related topics. We will also continue to the well attended and successful sessions such as "Student panels" and "Future of Geoscientists" organized during the last two years. Another fruitful session of the last year's the Emeritus Earthscientist will also be organized this year whom has contributed to the geoscience in Turkey significantly in the past and we will be delighted to listen their experiences.

Finally, our ultimate goal is to enlarge the community of geoscience in the country by assembling them under the umbrella of TJK. Furthermore, we will appreciate and welcome any attempts for special session organizations, exhibitions or plenary discussions. Again, you are cordially invited to this exciting geoscience meeting for the 72th time. Hope to see you in Ankara.

On behalf of the Organizing Committee  
Prof. Dr. Hasan SÖZBİLİR

# ÖNSÖZ

28 Ocak-1 Şubat 2019 tarihleri arasında ODTÜ Kongre ve Kültür Merkezi'nde gerçekleştirilecek Uluslararası Katılımlı 72. Türkiye Jeoloji Kurultayı'nın bildirimlerini içeren bu kitap, bildiri özleri ve bildiri tam metinleri olmak üzere iki bölümden oluşmaktadır. Toplam 347 bildirinin sunulacağı, Yerbilimleri alanındaki Türkiye'nin en büyük katılımlı bu bilim şöleni, 1947 yılından bu yana TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası (JMO) öncülüğünde gerçekleştirilmektedir.

72. Türkiye Jeoloji Kurultayı kapsamında Jeoloji, Jeofizik, Jeodezi, Coğrafya, Jeoarkeoloji, Maden, Tıp, Halk Sağlığı, Şehir ve Bölge Planlama gibi bilim dallarında toplam 72 oturum planlanmıştır. Bu oturumlarda sunulan bildirimlerden 302'si sözlü ve 45'i ise poster olarak gerçekleştirilmiştir. Yurtdışından 10 ve yurt içinden 5 davetli konuşmacının katılacağı kurultayda 50'si yurtdışı adresli olmak üzere toplam 500 bildirili katılımcı beklenmektedir. Kurultayda yapılacak sunumlarda 169 oturum yürütücüsü ve bu oturumları yönetmek üzere 143 Oturum Başkanı/Eş Başkanı görev alacaktır. Bu nitelikteki bildiri sayısı ve katılımcıya 14 Türkiye'nin en köklü ve en büyük bilimsel organizasyonu niteliğindeki Türkiye Jeoloji Kurultayına bu niteliğini kazandıran ve Kurultayın başlangıcından beri büyük bir özveri ile bildirimleri değerlendiren ve oturumların sağlıklı bir şekilde yürütülmesini sağlayacak olan oturum başkanlarına, gönderdikleri bildirimlerle kurultayın bilimsel seviyesini belirleyen bildiri sahiplerine ve diğer tüm katılımcılara çok teşekkür ederiz. Hakem konumundaki ilgili oturum yürütücülerinden geçerek kabul edilen bu bildirimlerin kitap şeklinde basıma hazırlanması aşamasında Düzenleme Kurulu üyelerinden Doç. Dr. Çağlar ÖZKAYMAK, Doç. Dr. Bora UZEL, Araş. Gör. Dr. Mustafa SOFTA ve Araş. Gör. Dr. Ökmen SÜMER, Araş. Gör. Çiğdem TEPE, Öğr. Gör. Semih ESKİ ve İlhan ULUSOY birlikte çalışmıştır.

Kurultayın, bu yılki ana teması "**Kent Jeolojisi**" olarak belirlenmiştir. Bu amaçla "Kent Jeolojisi" adı altında 11 sözlü ve 1 poster bildirimden oluşan 3 oturum düzenlenmiş ve ardından "Kent Jeolojisi Paneli"nin gerçekleştirilmesi planlanmıştır. Bu doğrultuda yapılacak, "Yerleşime Uygunluk ve Kentsel Dönüşüm" ile "Doğal Kaynak Yönetimi ve Kentleşme" panelinin moderatörlüğünü Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'ndan Bahattin Murat DEMİR yaparken, panelistler TMMOB-Şehir Plancıları Odası Başkanı Orhan SARIALTUN, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası İzmir Şube Başkanı Alim Murathan, İTÜ Jeoloji Mühendisliği Bölümünden Nilgün OKAY, Gazi Üniversitesi Mimarlık Fakültesinden Doç. Dr. Şule TÜDEŞ ve Pamukkale Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölüm Başkanı Prof. Dr. Halil KUMSAR'dır.

Kurultayın geleneksel temel konuları olan Bölgesel Jeoloji, Jeodezi, Maden yatakları, Magmatizma, Metamorfizma, Paleontoloji, Palinoloji, Sedimentoloji, Sismoloji, Palomanyetizma, Kültürel Jeoloji, Afet Yönetimi vb. gibi konuların yanı sıra bu yıl ilk kez Antroposen ve Antropojenik kirlilik, Tarımsal Jeoloji gibi yeni dallara da yer verilmiştir. Ayrıca lisans öğrencilerinin büyük bir heves ve ilgiyle katıldığı "Geleceğin Yerbilimcileri" oturumları da yer almaktadır.

İlki geçen yıl yapılan "75. Yıl Şükran Oturumu" bu yıl mesleğe/yerbilimlerine büyük emeği geçen ve Türkiye'nin jeolojik yapısının anlaşılmasında, özellikle diri fayların haritalanmasında önemli çalışmalara imza atan Dr. Fuat ŞAROĞLU adına düzenlenmiştir. Önümüzdeki yıllarda da 75. Yaşını doldurmuş duayen isimlere olan şükran borcumuzu ödemeyi ve hak ettikleri saygıyı göstermeyi büyük bir heyecan ile beklemekteyiz.

Türkiye'de, Yerbilimleri konusunda üretilen bilimsel veri, bulgu ve sonuçların, paylaşılıp



tartışıldığı ve böylece Doğa-İnsan-Yapı arasındaki ilişkinin/etkileşimin, bilimsel doğrularla, ilgili kurum ve kuruluşlara aktarıldığı Türkiye Jeoloji Kurultayları, Türkiye Cumhuriyeti Devleti'nin kuruluşunun 100. Yıl kutlamasına 4 yıl kala, her türlü zorluğa rağmen devamlılığını sürdürme çabası içindedir. Bu başarı tartışmasız TMMOB-Jeoloji Mühendisleri Odası yöneticilerine aittir. 72. Kurultay başkanlığı görevini bana tevdi eden JMO Yönetim Kurulu ve Bilimsel ve Teknik Kurul üyelerine, Sayın Hüseyin ALAN ve Prof. Dr. Erdin BOZKURT şahsında tüm içtenliğimle teşekkür ederim.

Sayın Prof. Dr. Erdinç YİĞİTBAŞ başkanlığında çok başarılı bir şekilde tamamlanan 71. Türkiye Jeoloji Kurultayının hemen ardından başlayan 72. Kurultay çalışmalarında bana eşlik ederek sorumluluğu paylaşan Düzenleme Kurulu Başkan Yardımcıları Doç. Dr. Oğuz GÖĞÜŞ, Dr. Öğretim Üyesi Ulaş AVŞAR, Dr. Ayhan KOÇBAY, Kurultay Sekreterleri Doç. Dr. Çağlar ÖZKAYMAK, Doç. Dr. Bora UZEL, Dr. Ökmen SÜMER, Sosyal ve Kültürel Etkinlik üyeleri Araş. Gör. Dr. Mustafa SOFTA, Öğr. Gör. Semih ESKİ, Araş. Gör. Çiğdem TEPE, Gonca ŞAHİN, Sayman üyeler D. Malik BAKIR ve Damla ARIK, Basın ve Halkla ilişkiler Üyesi İlhan ULUSOY, Deniz Işık GÜNDÜZ, Merve UYTUN ve Zeynep Yelda CUMA'ya içten teşekkür ederim.

Kurultayımızın gerçekleştirilmesi için maddi desteklerini esirgemeyen TUBİTAK-Bilim insanı Destek Programları Başkanlığı, Z-ETÜD Mühendislik (Altın Sponsor) ve Fugro Sial (Gümüş Sponsor)'e çok teşekkür ederim.

Doğayı pozitif bilimler ışığında anlamayı ve buna göre doğa ile birlikte yaşamayı ilke edinen bir toplum düzeyine erişme dileğiyle...

**Prof. Dr. Hasan SÖZBİLİR**

**Uluslararası Katılımlı 72. Türkiye Jeoloji Kurultayı Başkanı**

# PREFACE

---

On behalf of the 72<sup>nd</sup> Geological Congress of Turkey organizing committee, I acknowledge many individuals and groups that contributed to the abstract submission/revision process, which was completed successfully. This book including two chapters contains the abstracts and proceedings of the related studies/research that will be presented at the meeting. As such, the meeting will cover 347 presentations (both oral and poster) in various fields of earth sciences and the meeting was organized through the continuous support from the colleagues and friends from the Chambers of the Geological Engineers, first and foremost to Hüseyin Alan and Erdin Bozkurt.

Again, the entire coordination of the meeting and the abstract/proceedings submission/revision process was a success so far. We planned more than 72 sessions covering nearly every field of earth science by making sure to enhance the multidisciplinary component. The number of oral presentations (302) is strikingly higher than poster presentations (45) since we encouraged early career scientists/students to present orally. Meanwhile, this is probably one of the most internationally well -attended national meeting because 50 (1/7) presenters are affiliated with international institutions, and 10 of them are invited speakers. As mentioned in the call for the submissions, this year's meeting will begin with a session organized for the honorary of Fuat Şaroğlu, a former member of MTA, whom contributed to the geology of Turkey and his session in particular expects participation of scientists from various parts of the globe. Another exciting session we look forward to will be the future for geoscientists. For receiving the abstracts and further classification of them to each relevant session, (which was a lot of work in terms of repeating this several times before and after revision), I am particularly indebted to my colleagues working closely with me Çağlar Özkaymak, Bora Uzel, Ökmen Sümer, Mustafa Softa, Çiğdem Tepe, Semih Eski and İlhan Ulusoy.

For this year's special theme of the meeting, we arranged 11 oral and 1 poster presentations for the **Urban Geology**. The presentations will follow up with the discussion and the panel moderated by the Bahattin Murat Demir from the ministry of environment and urbanization. The panelists will include Orhan Sarıaltun (the head of the chambers for Urban planning), Alim Murathan (the head of the İzmir office for the chambers of the geological engineers), Nilgün Okay from ITU Geological Engineering, Şule Tüdeş from faculty of Architecture of Gazi University, and, Halil Kumsar, the head of the geological engineering department at Pamukkale University.

My colleagues Oğuz Göğüş, Ulaş Avşar, Ayhan Koçbay, Gonca Şahin, Malik Bakır, Damla Arık, Deniz Işık Gündüz, Merve Uytun and Zeynep Yelda Cuma whom take responsibilities without hesitation for this important event deserve special thanks for their support. The meeting would not be as it is if the financial support from TUBITAK (Bideb) was not granted. We are also indebted to our meeting sponsors, Z-ETUD Mühendislik, (Gold sponsorship), Fugro Sial (Silver Sponsorship).

Hope to reach the level of a society that recognizes nature in the light of positive sciences and, accordingly, to live together with nature.

**Prof. Dr. Hasan Sözbilir**  
**The president of the 72<sup>nd</sup> Geological Congress of Turkey**  
**with International Participation**





# İÇİNDEKİLER/*Contents*

## BİLDİRİ ÖZLERİ

<b>ABSTRACTS</b> .....	1
75. YIL ÖZEL ŞÜKRAN OTURUMU: FUAT ŞAROĞLU <i>HONORARY SESSION FOR FUAT ŞAROĞLU</i> .....	3
ANTROPOSEN VE ANTROPOJENİK KİRLİLİK <i>ANTHROPOCENE AND ANTHROPOGENIC POLLUTION</i> .....	49
BÖLGESEL JEOLJİ <i>REGIONAL GEOLOGY</i> .....	67
ÇEVRE JEOLJİSİ <i>ENVIRONMENTAL GEOLOGY</i> .....	91
DEĞERLİ-YARI DEĞERLİ TAŞLAR <i>PRECIOUS-SEMI PRECIOUS STONES</i> .....	113
DOĞA KAYNAKLI AFETLER VE AFET YÖNETİMİ <i>NATURAL DISASTERS AND DISASTER MANAGEMENT</i> .....	131
FOSİL YAKITLAR VE TEKNOLOJİSİ <i>FOSSIL FUELS AND THEIR TECHNOLOGIES</i> .....	141
GELECEĞİN YERBİLİMCİLERİ <i>GEOSCIENTIST OF THE FUTURE</i> .....	149
HİDROJEOLJİ, SU KAYNAKLARI VE YÖNETİMİ <i>HYDROGEOLOGY, WATER RESOURCES AND THEIR MANAGEMENT</i> .....	173
JEOARKEOLOJİ <i>GEOARCHAEOLOGY</i> .....	193
JEODEZİ <i>GEODESY</i> .....	209
JEODİNAMİK <i>GEODYNAMICS</i> .....	229
JEOFİZİK YÖNTEMLER VE JEOLJİK UYGULAMALARI <i>GEOPHYSICAL METHODS AND THEIR APPLICATIONS TO GEOLOGICAL PROBLEMS</i> .....	247
JEOKRONOLOJİ VE İZOTOP JEOLJİSİ <i>GEOCHRONOLOGY AND ISOTOPE GEOLOGY</i> .....	263
JEOMORFOLOJİ <i>GEOMORPHOLOGY</i> .....	269
JEOTERMAL ENERJİ <i>GEOTHERMAL ENERGY</i> .....	291
KENT JEOLJİSİ	

<i>URBAN GEOLOGY</i> .....	307
KIYI, GÖL VE DENİZ JEOLJİSİ <i>COASTAL, LACUSTRINE AND MARINE GEOLOGY</i> .....	325
KUVATERNER ARAŞTIRMALARI <i>QUATERNARY STUDIES</i> .....	337
KÜLTÜREL JEOLJİ VE JEOLJİK MİRAS <i>CULTURAL GEOLOGY AND GEOLOGICAL HERITAGE</i> .....	355
MAGMATİZMA VE MAGMATİK SÜREÇLER .....	383
<i>MAGMATISM AND MAGMATIC PROCESSES</i> .....	383
METALİK MADEN YATAKLARI <i>METALLIC MINERAL DEPOSITS</i> .....	405
METAMORFİZMA VE METAMORFİK KUŞAKLAR <i>METAMORPHISM AND METAMORPHIC BELTS</i> .....	431
MÜHENDİSLİK JEOLJİSİ VE JEOTEKNİK <i>ENGINEERING GEOLOGY AND GEOTECHNICS</i> .....	443
NEOTEKTONİK VE DEPREMSELLİK <i>NEOTECTONICS AND SEISMICITY</i> .....	465
OFİYOLİT VE OFİYOLİTİK MELANJ <i>OPHIOLITES AND OPHIOLITIC MELANGES</i> .....	497
PALEOMANYETİZMA <i>PALAEOMAGNETISM</i> .....	509
PALEONTOLOJİ VE BİYOSTRATİGRAFI <i>PALEONTOLOGY AND BIOSTRATIGRAPHY</i> .....	525
PALİNOLOJİ VE PALEO İKLİM <i>PALYNOLOGY AND PALEOCLIMATE RESEARCH</i> .....	561
SEDİMANTOLOJİ VE SEDİMANTER SÜREÇLER <i>SEDIMENTOLOGY AND SEDIMENTARY PROCESSES</i> .....	571
SİSMOLOJİ <i>SEISMOLOGY</i> .....	595
SONDAJ YÖNTEMLERİ VE TEKNOLOJİSİ <i>DRILLING METHODS AND ITS TECHNOLOGY</i> .....	611
TIBBİ JEOLJİ <i>MEDICAL GEOLOGY</i> .....	619
USTALAR OTURUMU (EMEKLİ YERBİLİMCİLER) <i>EMERITUS EARTHSCIENTISTS</i> .....	647
UZAKTAN ALGILAMA VE COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ <i>REMOTE SENSING AND GIS</i> .....	657

## TAM METİN BİLDİRİLER

### **PROCEEDINGS** ..... 667

ANTROPOSEN VE ANTROPOJENİK KİRLİLİK <i>ANTHROPOCENE AND ANTHROPOGENIC POLLUTION</i> .....	669
ÇEVRE JEOLJİSİ <i>ENVIRONMENTAL GEOLOGY</i> .....	687
DEĞERLİ-YARI DEĞERLİ TAŞLAR <i>PRECIOUS-SEMI PRECIOUS STONES</i> .....	699
DOĞA KAYNAKLI AFETLER VE AFET YÖNETİMİ <i>NATURAL DISASTERS AND DISASTER MANAGEMENT</i> .....	717
FOSİL YAKITLAR VE TEKNOLOJİSİ <i>FOSSIL FUELS AND THEIR TECHNOLOGIES</i> .....	725
GELECEĞİN YERBİLİMCİLERİ <i>GEOSCIENTIST OF THE FUTURE</i> .....	737
HİDROJEOLJİ, SU KAYNAKLARI VE YÖNETİMİ <i>HYDROGEOLOGY, WATER RESOURCES AND THEIR MANAGEMENT</i> .....	753
JEOARKEOLOJİ <i>GEOARCHAEOLOGY</i> .....	779
JEODEZİ <i>GEODESY</i> .....	791
JEOFİZİK YÖNTEMLER VE JEOLJİK UYGULAMALARI <i>GEOPHYSICAL METHODS AND THEIR APPLICATIONS TO GEOLOGICAL PROBLEMS</i> .....	807
JEOKRONOLOJİ VE İZOTOP JEOLJİSİ <i>GEOCHRONOLOGY AND ISOTOPE GEOLOGY</i> .....	839
JEOMORFOLOJİ <i>GEOMORPHOLOGY</i> .....	847
JEOTERMAL ENERJİ <i>GEOHERMAL ENERGY</i> .....	863
KENT JEOLJİSİ <i>URBAN GEOLOGY</i> .....	871
KIYI, GÖL VE DENİZ JEOLJİSİ <i>COASTAL, LACUSTRINE AND MARINE GEOLOGY</i> .....	893
MAGMATİZMA VE MAGMATİK SÜREÇLER <i>MAGMATISM AND MAGMATIC PROCESSES</i> .....	901
METALİK MADEN YATAKLARI <i>METALLIC MINERAL DEPOSITS</i> .....	929

MÜHENDİSLİK JEOLJİSİ VE JEOTEKNİK <i>ENGINEERING GEOLOGY AND GEOTECHNICS</i> .....	935
NEOTEKTONİK VE DEPREMSELLİK <i>NEOTECTONICS AND SEISMICITY</i> .....	953
PALEONTOLOJİ VE BİYOSTRATİGRAFİ <i>PALEONTOLOGY AND BIOSTRATIGRAPHY</i> .....	967
PALİNOLOJİ VE PALEOİKLİM <i>PALYNOLOGY AND PALEOCLIMATE RESEARCH</i> .....	981
SEDİMANTOLOJİ VE SEDİMANTER SÜREÇLER <i>SEDIMENTOLOGY AND SEDIMENTARY PROCESSES</i> .....	999
SİSMOLOJİ <i>SEISMOLOGY</i> .....	1013
SONDAJ YÖNTEMLERİ VE TEKNOLOJİSİ <i>DRILLING METHODS AND ITS TECHNOLOGY</i> .....	1035
TIBBİ JEOLJİ <i>MEDICAL GEOLOGY</i> .....	1043
USTALAR OTURUMU (EMEKLİ YERBİLİMCİLER) <i>EMERITUS EARTHSCIENTISTS</i> .....	1059
UZAKTAN ALGILAMA VE COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ <i>REMOTE SENSING AND GIS</i> .....	1067
YAZAR DİZİNİ.....	1107



Uluslararası Katılımlı  
**72.** Türkiye Jeoloji Kurultayı  
*Geological Congress of Turkey*  
*with international participations*

Kent Jeolojisi 28 Ocak - 1 Şubat 2019 ODTÜ  
*Urban Geology January 28 - February 1, 2019 METU*

# BİLDİRİ ÖZLERİ ABSTRACTS



**TMMOB**  
**JEOLJİ MÜHENDİSLERİ ODASI**  
CHAMBER OF GEOLOGICAL ENGINEERS OF TURKEY



**75. YIL ÖZEL ŞÜKRAN OTURUMU: FUAT ŞAROĞLU**  
***HONORARY SESSION FOR FUAT ŞAROĞLU***  
Yücel YILMAZ - Ali Mehmet Celal ŞENGÖR- Ömer EMRE  
Tamer DUMAN - Hasan SÖZBİLİR

---

***Sözlü Sunumlar/Oral Presentations***

---

***ÖZ/ABSTRACT***







## A New Look at the Origin of the Hellenic Subduction Zone

Xavier Le Pichon<sup>1</sup>, A. M. Celâl Şengör<sup>2</sup>, Caner İmren<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Collège de France, Aix-en-Provence

<sup>2</sup>İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fakültesi, Jeoloji Bölümü ve Avrasya Yerbilimleri Enstitüsü, Ayazağa 34469 İstanbul, TURKEY

<sup>3</sup>İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fakültesi, Jeofizik Bölümü, Ayazağa 34469 İstanbul, TURKEY

(lepichon@cerege.fr)

**Abstract:** The Hellenic subduction trough, best identified by the gravity low it creates, was formed by the flexure of the Mediterranean lithosphere as it is subducted below Aegea. It occupies the whole central part of the Eastern Mediterranean over a width of 1000 km and is a major geological structure that played a key role in the tectonics of the whole area. The nose of the subduction zone abuts the Libyan continental margin. We reconstruct the Eastern Mediterranean prior to the formation of the Hellenic subduction zone using new seismological data coming from the faults identified on the Hellenic slab by Sachpazi and collaborators in 2016. We show that this subduction zone started to consume Mediterranean lithosphere about 15 Ma. The total amount of subduction was 360 km which corresponds to an average rate of 24 mm/yr. We show that, before the onset of the Hellenic subduction, the northern margin of the Eastern Mediterranean Sea was rectilinear and coincided with a major Jurassic transform fault that limited the Eastern Mediterranean to the north during its formation as we have recently proposed. We discuss the evolution of the geodynamics of the Anatolia-Aegea system since 15 Ma in light of this new insight.

**Keywords:** Eastern Mediterranean, Hellenic Subduction Zone, geodynamics of the Anatolia-Aegea system



TMMOB  
JEOLOJİ MÜHENDİSLERİ ODASI  
CHAMBER OF GEOLOGICAL ENGINEERS OF TURKEY

Uluslararası Katılımlı 72. Türkiye Jeoloji Kurultayı  
28 Ocak–01 Şubat 2019, Ankara, Türkiye  
72<sup>nd</sup> Geological Congress of Turkey with international participation  
28 January–01 February 2019, Ankara, Turkey



## Active Tectonics of SW Turkey from the Combined Use of Seismology, Geodesy and Quaternary Geology

**James Jackson<sup>1</sup>, Andy Howell<sup>1</sup>, Alex Copley<sup>1</sup>, Dan McKenzie<sup>1</sup>, Ed Nissen<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Department of Earth Sciences, University of Cambridge, Bullard Labs, Madingley Road, Cambridge CB3 0EZ, UK*

<sup>2</sup>*School of Earth and Ocean Sciences, Bob Wright Centre A405, University of Victoria, Victoria, BC, Canada*

**Abstract:** Earthquake seismology, GPS measurements and observations from Quaternary geology indicate that the active deformation of SW Turkey involves slip on normal faults with a wide variety of strike and slip-vector directions. The principal horizontal strain rates of the current velocity field revealed by GPS measurements are both extensional: a rather rare effect in continental tectonics, which means that the deformation cannot be represented by slip on a simple system of parallel faults – contrary to several published block models of the deformation, and inconsistent with the existence of a major NE-SW left-lateral shear zone, sometimes called the Burdur-Fethiye Fault Zone. An interesting consequence of the observed fault pattern is that it probably changes with time; which may be visible in the geomorphology and late-Quaternary geology. The dilatation caused by the faulting is an obvious cause of the late-Quaternary subsidence seen along the south coast, where thickening of the material on top of the Nubian sea floor, which should promote coastal uplift, is overcome by extension and associated crustal thinning. However, long-wavelength gravity data suggest that some of the observed topographic contrasts in the eastern Mediterranean are supported by mantle convection: but whether the convection is time dependent and whether its pattern moves relative to Nubia are uncertain, so its contribution to present-day rates of vertical coastal motions is therefore hard to constrain. The observed extension of the overriding material in the subduction system is probably partly related to buoyancy forces arising from topographic contrasts between the Aegean, Anatolia and the Mediterranean seafloor, but the reasons for regional variations are less clear.

**Keywords:** Earthquakes, faulting, GPS, geomorphology, gravity, Quaternary geology.



**TMMOB**  
**JEOLOJİ MÜHENDİSLERİ ODASI**  
CHAMBER OF GEOLOGICAL ENGINEERS OF TURKEY

Uluslararası Katılımlı 72. Türkiye Jeoloji Kurultayı  
28 Ocak–01 Şubat 2019, Ankara, Türkiye  
*72<sup>nd</sup> Geological Congress of Turkey with international participation*  
28 January–01 February 2019, Ankara, Turkey



## **Earthquake Geology Studies in the Broader Aegean Region State of the Art**

**Spyros B. Pavlides**

*Department of Geology, Earthquake Geology Research Team, Aristotle University of  
Thessaloniki, GR 541 24, Greece.*

*(pavlides@geo.auth.gr)*

**Abstract:** In this review article is described briefly the key-role of active faulting in the geodynamic setting of the broader Aegean region. Some criteria have been assigned to the active faults, all adapted suitably for the faulting character of the Aegean region.

Aiming at a better, reliable and realistic contribution to better understanding seismic hazard of the region, an open-file built database of Active Faults is under construction towards the transition from active faults to seismogenic sources; an ambitious project that aims at the homogenization of the data. This relies on various scientific aspects and criteria in order to fulfil the practical needs of Seismic Hazard Assessment and give answers to scientific questions about the seismotectonic setting of the Aegean. In this context are shown some characteristic cases of different types of morphotectonic features and co-seismic surface rupture patterns that occurred in this area of interest, such as a few cases of active faulting in Greece showing various complex ground rupturing patterns, as well as the palaeoseismological and archaeoseismological results. The Samothraki fault, a segment of the North Aegean Trough, as the extension of the North Anatolia Fault in the North Aegean Sea has emphasised.

**Keywords:** Active fault, seismogenic sources, co-seismic rupture, database, Aegean.



## Türkiye Doğusunun Morfotektonik Gelişimi

### *Morphotectonic Development of the East of Turkey*

**Yücel Yılmaz<sup>1</sup>, Fuat Şaroğlu<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>İTÜ Maden Fakültesi, Maslak-İstanbul

<sup>2</sup>Umit Mahallesi, Beril Sitesi, 2511 Sokak, No: 19, Çankaya Ankara

(yilmazyucel@itu.edu.tr)

**Öz:** Anadolu, günümüzde şiddetli bir geç-post tektonik biçim değişimi geçirmektedir. Anadolu'nun doğusunun yeryüzü şekilleri Güney Doğu Anadolu dağ kuşağının Geç Miyosende yükselmesi sürecinde başlamıştır. Bu olaylar zinciri, Anadolu levhasıyla çarpışmış olan Arap Levhasının onu sıkıştırmağa devam etmesinin ürünüdür. Arap Levhasının Kuzeye ilerlemesinin yol açtığı kompresyon Anadolu'nun doğusunun K-G kısıp kalınlaşma ve yükselmesiyle karşılanmış, bu olgu geç Miyosenin sonuna doğru kenar sıra dağlarının ve Doğu Anadolu-İran Yüksek Platosunun gelişimine neden olmuştur. Yükselme olaylarında kuzey yönünde dalıp batan okyanus litosferinin kopması ve dilimlenmesinin önemli rolü olmuştur. Doğu Anadolu'da giderek artan K-G yönlü sıkışma Kuzey ve Doğu Anadolu transform faylarını geliştirmiş ve biriken stresin bir kısmı bu yolla batıya taşınmağa başlamıştır.

Orojenik kuşağa yaklaşırken Arap levhasının kuzey alanları bir ön ülke kıvrım-şaryaj kuşağına dönüşür. Dağ kuşağına yaklaştıkça küçük sırtlar yerlerini büyük tepe dizilerine bırakırlar. Bunlar, boy ve sıklıkları artan antiklinallerin yüzey şekilleridir. Arap Levhasının kuzey kenarı GD Anadolu dağ kuşağı çevresinde bir ters V yapar. V'nin kapanımında stress en etkili ve ortogondur. Buradan batıya doğru orthogonal kısıpma yerini giderek bir kaçma rejimine bırakır. Kıvrımlar ve bunlara paralel dizili, ilişkili faylar aralı-aşmalı (en-echelon) bir örnek sergiler. Fayların, yanal atım (sol yanal) ve ters atım bileşenleri vardır. Güney yönünde eğik veya devrik kıvrımların güney kanatları bu oblik faylarla biçilmiştir.

Ön ülke kıvrım-şaryaj kuşağında temel kayalarını bile etkileyerek onları yükselten faylara sadece dağ kuşağına yakın olan kuzey alanlarda (örneğin Diyarbakır yakınındaki Hazro da) rastlanır. Buradan güneye doğru bu tür fayların etkinliği azalır. Morfolojik verilerin yardımıyla, örneğin güneye devrik antiklinal yapan sırtların önlerinin ani basamaklar yapması dışında bu tür fayların tanınmaları güçtür.

Dağ kuşağından uzaklaştıkça temeli etkileyen deformasyonların yerini sığ deformasyonlar alır; yüzeyde tanınan kıvrımlar çoğunlukla derine doğru devamsızdır. Dayanımlı Paleozoik temel kayalarının üzerinde yer alan örtü niteliğindeki Mesozoyik-Tersiyer yaşlı karbonat istifi temelden sıyrılarak Jura tipi (dekolman) örtü kıvrımları halinde kıvrılmıştır. Sıyrıma düzlemleri aynı zamanda şaryaj düzlemi niteliği kazanmıştır. Bu tür bazı şaryaj düzlemleri, ilerlemelerini yukarı doğru çatallanarak sürdürmüştür. Sıyrıma güneye doğru kaydıkaça şaryaj düzlemleri de , üzerlerinde ilerleyen istiflerle birlikte kıvrılmıştır. Sıyrıma düzleminin kıvrılmasıyla oluşmuş bu tür bir kıvrım ile şaryaj düzleminin kopma ve kıvrılmasıyla birlikte oluşmuş kıvrım türlerinin morfolojik verilerle ayırt edilmelerinde morfolojik bazı ip uçları



vardır; örneğin, şaryaj düzlemlerinin koparak, kıvrılarak yükselmesi, yüzeyde, çevreye göre anormal büyüklükte asimetrik tepeleri oluşturmuştur.

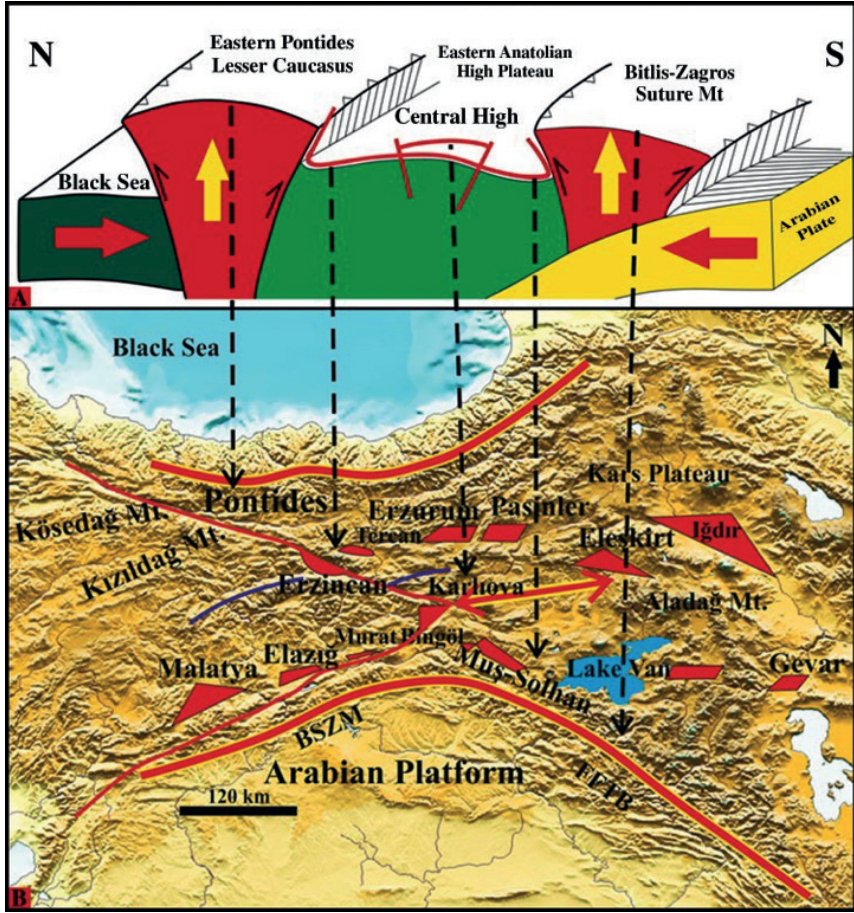
GD Anadolu dağ kuşağının kuzeyinde yer alan Doğu Anadolu Yüksek Platosunun ortalama yüksekliği 2000m dir. Plato oldukça düzgün bir topoğrafya sergiler. Üzerinde konik tepeler ile KD ve KB gidişli paralel sırtlar ve oluklar yer alır. Tüm platoya dağılmış bu koniler volkan konilerine karşılık gelir. Sırtlar ve oluklar ise çoğunlukla antiklinal-horst ve senklinal-grabenleri temsil ederler. Bu nitelikler, bölge morfolojisinin çok genç olduğunu, başlangıçta gelişmiş olan birincil morfolojik şekillerin varlıklarını hala koruduklarını göstermektedir. Bir diğer deyişle bu morfolojik unsurların terslenebilecekleri kadar zamanın henüz geçmediğini belli etmektedir. Senklinal dolguları Pliyosen'den daha gençtir. Miyosen ve Pliyosen yaşlı çökeller senklinallere özgü dolgu çökelleri olmayıp bölgesel ölçekte dağılım ve yayılım göstermektedir.

Doğu Anadolu kompleks bir yapı sergiler; 1-KD ve KB gidişli bir yanal atımlı fay çifti (conjugated) 2-Yaklaşık D-B gidişli ters fay ve kıvrımlar, 3- K-G gidişli açılma çatlakları. Volkanlardan bazıları bu açılma çatlakları üzerinde dizilidir. Kenar sıra dağları Doğu Anadolu Yüksek Platosundan daha hızla yükselmekte olup aynı zamanda platonun üzerine itilmiştir. Bunun sonucunda Doğu Anadolu Yüksek Platosu dev bir ramp havzası konumu kazanmıştır (Şekil 1).

Doğu Anadolu Yüksek Platosu kuzeyden Karadeniz dağ sırasıyla sınırlanır. Bu dağ kuşağı aynı zamanda Karadenizi de güneyden sınırlar. Karadeniz dağları geç Miyosende yükselmeğe başlamış olup morfolojik ve jeodetik veriler dağın genç ve hızlı bir yükselim olduğunu açıkla göstermektedir.

Karadeniz dağ kuşağının kuzeye bakan yamaçları yapısal olarak 2 farklı fay sistemi tarafından denetlenmektedir; 1-oblik faylar. Bunlar, dağın batısında NW, doğusunda ise NE gidişlidir. Yanal atımlı bu faylar aynı zamanda ters atım bileşeni de sergilerler. Ters atımlarla dağ kuşağı Karadenizin üzerine ilerlemiştir. 2- Normal faylar; Normal ve yanal atımlı fayların birlikte denetlediği morfoloji zigzag yapan sahillerin sınırladığı irili ufaklı bir çok koy ve burunun gelişimine neden olmuş ve aynı zamanda dağı dikdörtgen prizma biçiminde bloklara ayırmıştır.

Karadeniz dağlarının genç karakteri morfolojiye yansımıştır; 1-dağın tepesinde yatay konumlu bir aşınma düzeyi tanınmaktadır. Dağda 2500-3000 m yükseltilere kadar ulaşan bu aşınım düzeyi olasılıkla Doğu Anadolu'da 2000 m lerde tanınan aşınım düzeyinin dağla birlikte yükselmiş olan karşılıklarıdır. Başyukarı aşındırma henüz başlangıç aşamasındadır. Dağın zirvelerine ulaşabilmiş ya da dağı biçip diğer yakaya geçebilmiş değildir. Üst kotlarda vadiler asılı ve yayvandır. Aşağı düzeylere inildikçe derinleşirler ve deniz düzeyine yakın kanyonlar oluştururlar. Dağdan düze doğru yamaçlar keskin olup birbirleriyle açılar yapmaktadır. Bu nitelik, dağın episodic ve yakın dönemlerde hızlı yükseldiğini işaret etmektedir, 2-Vadi içlerinde farklı düzeylerde asılı nehir taraçaları tanınır. Bunlar Kuvaterner yaşlıdır. Sahil boyunca uzanan yamaçlar yüksek açılı olup normal fayların kontrolünde gelişmiştir. Fay bloklarının tepeleri normal fayların kürek biçimli (listric) olmaları nedeniyle dağın içine doğru eğimlidir. Bu ters eğimler nedeniyle yamaçlarda, sahile ve dağın uzanımına paralel yan vadiler gelişmiştir. Bu yan vadiler dağdan denize doğru olan ana drenaja karşı ikincil , ancak önemli bir drenaj örgüsü oluşturmuştur.



Şekil 1. Doğu Türkiyenin Morfotektonik haritası ve Arap Platformundan Karadenize şematik blok diyagramı. Blok diyagramında tabanında (yeşil renkle gösterilen birim) ofiyolitik melanj görülen Doğu Anadoluyu iki tarafından sınırlayan iki orojenik kuşağın temelinde ise yaşlı, metamorfik kıta kabuğu kayaları (kırmızı) yer almaktadır. Melanj, bu orojenik kuşakların arasında bir yastık görevi yapmış ve projenin gelişimi sürecinde bunların birbirleriyle doğrudan temasına mani olmuştur. Blok diyagramdaki büyük kırmızı oklar çarpışma sonrasında-halen devam etmekte olan sıkışmayı göstermektedir. İnce siyah oklar bu sıkışmaya bağlı olarak kenar sıra dağlarının kuzeye ve güneye, dolayısıyla Doğu Anadolu'nun da üzerine itildiklerini göstermektedir. Karadenizin altındaki koyu yeşil birim yaşlı ve rijit kalık okyanusal litosferi temsil etmekte ve bu nedenle kuzeye itilmekte olan Anadolu'nun daha kuzeye ilerlemesine mani olarak Anadolu doğusunun bütünüyle kuzey-güney sıkışmasına neden olmaktadır. Sarıyla çevrelenmiş kalın kırmızı çizgiler kenar sıra dağlarını, Kenar sıra dağları ile Doğu Anadolu sınırı boyunca gelişmiş olan V şekilli asimetrik oluklar ise ters fay bileşenli yanıl atımı ege-men, verev atımlı faylarla sınırlanmış dar ve uzun çanakları temsil etmektedir. Haritada yer alan, sarı kırmızı renkli üçgen ve dörtgen alanlar bu oluklar boyunca oluşmuş ve verev atımlı faylarla birbirlerine bağlanan karasal havzaları göstermektedir. Haritanın ortasındaki çift oklu

kalın ve kısa kırmızı çizgi ile Blok diyagramının ortasında yer alan yükselim, ters faylarla sıkıştırılıp yukarı pırtlamış bir yapısal alan olup Doğu Anadolu'nun ortasında, sıkışmanın en yoğun olduğu bir orta bölgeyi temsil eder. Bu yükselim aynı zamanda ikincil bir su bölümüne karşılık gelir. Doğu Anadolu'nun akaçlama ağı bu yükselime göre ışınlar olarak saçılmaktadır. Erzincan'ın çevresindeki mavi çizgiler Kopdağ ve Kızıldağ boyunca oluşmuş su bölümünü temsil etmektedir. Erzincan çukurunu oluşturan Kuzey Anadolu Transform fayı bu bölgeyi biçip geçerken su bölümünü de 50 km yi aşkın bir yanal atımla sağ yönlü olarak ötelemiştir. Karlıovada görülen kırmızı üçgen Kuzey Anadolu ve Doğu Anadolu transform faylarının birleştiği yörede gelişmiş olan Karlıova çanağıdır. Kısaltmalar: BZSM; Bitlis-Zagros kenet kuşağı dağ sırası, FFTB; Ön ülke kıvrım-şaryaj kuşağı. Düşey kesikli siyah çizgiler blok diyagram ile haritada gösterilen şekilleri ilişkilendirmektedir

**Anahtar Kelimeler:** Morfoloji, yapısal jeoloji, Anadolu'nun doğusu

**Abstract :** Anatolia is being deformed presently under an ongoing severe post-late orogenic tectonic regime. Present morphological features of the eastern part of Anatolia began to shape up, when the southeastern Anatolian mountains started to rise. It corresponds to the final stage of the orogenic development along the Bitlis-Zagros suture mountains during the late Miocene when the northerly advance of the Arabian Plate forced the collisional belt that formed between the Arabian Plate and the northerly located, amalgamated tectonic entities. The continuing northward advance of the Arabian Plate and the resulting compression has been accommodated in eastern Anatolia by shortening deformation. As a consequence, the East Anatolian crust has been thickened and the region was elevated to form the East Anatolian-Iranian high plateau surrounded by the two peripheral mountains to the end of Miocene. In this, slab break off of the northerly subducting plate and lithospheric delamination played a significant role. Further shortening generated two transform faults, namely the North Anatolian transform fault (NATF) and the East Anatolian transform fault (EATF).

The northern periphery of the Arabian Plate curves around the southeast Anatolian orogenic belt, which delimits the Arabian platform in the north. Approaching the mountain ranges, the Arabian platform turns to a foreland fold and thrust belt. On the western part of the Arabian platform the folds and the closely associated faults began to display an en echelon pattern. This is due to the replacement of the orthogonal shortening in the central part (apex of the curve) by an escape tectonic regime as expressed by the development of the oblique faults having left-lateral strike-slip and reverse-slip components. The southerly overturned folds are truncated by the left-stepping oblique faults.

Basement involved thrusts are observed on the surface only in a few places, (e.g the Hazro anticline). There, a thick-skin deformation occurred and possibly propagated inward as the orogenic deformation evolved. Away from the orogenic belt, involvement of the basement is difficult to ascertain from the surface. However, some morphological features may help to assess its possible role, such as sudden vertical steps in front of the southerly inclined hills (anticlines).

Away from the orogenic belt, the thick-skin deformation is replaced by thin-skin deformation.

The folds observed on the surface commonly do not penetrate to depths. Above the resistant Paleozoic basement rocks, the Mesozoic and Cenozoic carbonate successions were commonly decoupled from the base and moved independently as the Jura-type (decollement) detachment folds. Thrusting appears to have followed the decollement. Some thrusts branching from the decollement level display progressive thrust-fold propagation pattern as expressed by the fold propagation folds and fault-bend faults. The first morphological clue to differentiate the “detachment-fault- related” fold style from the “fault-bent fault type” fold style is that the latter displays unexpectedly high topography and asymmetrical geometry in the morphology.

To the north of the SE Anatolian orogenic belt lies the eastern Anatolian High plateau with an average elevation of 2000 m. It is a relatively flat land, above which rise a number of conical individual peaks and northeast, east-northeast, and west-northwest–northwest trending parallel hills and depressions. The individual high peaks correspond to volcanic cones, which are observed in the entire plateau. The depressions and the intervening hills correspond commonly to the anticlines or horsts and synclines or grabens, respectively suggesting they are young structures and initial morphology has not yet been reversed. Only the post-Pliocene sediments are confined to the present synclinal depressions. The Miocene and Pliocene sediments on the other hand are regionally distributed in the entire region irrespective of the present highs and lows.

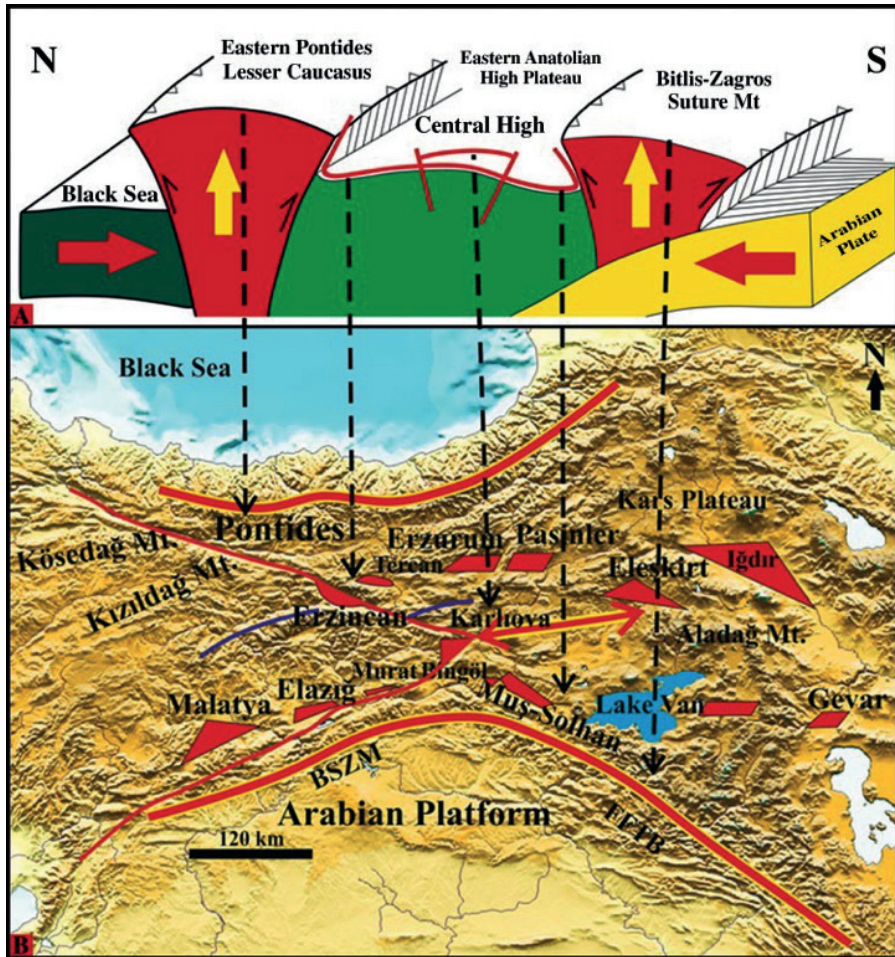
A complex pattern of structures was developed in eastern Anatolia; Types and trends of the structures may be summarized as follows: (1) a conjugated pair of strike-slip faults striking northeast and northwest, (2) approximately east-west striking revers faults and folds, (3) north-south trending extensional openings. Some of the volcanoes are located above the extensional openings. Between the peripheral mountains which is elevated with higher rate and were thrust above the east Anatolia the latter stands as a giant ramp basin ( see the figure that accompanies the text).

The eastern Anatolian high plateau is bounded in the north by the Black Sea Mountain Range (Pontides), which delimit the Black Sea in the south. Present elevation of the Pontides occurred after the Late Miocene. The morphological and the geodetical measurements collectively support a rapid and recent elevation.

The northern flank of the Pontides facing the Black Sea is structurally defined by two different sets of faults; (1) oblique faults; they strike Northeast and northwest in the eastern and western parts Pontides respectively. (2) normal faults. The oblique faults commonly display a significant reverse slip component. As a result of intersections of the oblique and the normal faults, zigzagging coastlines are generated, forming a number of little bays and promontories. Collectively, the two sets of faults divide the mountains into rectangular blocks. A young mountain character of the Pontides is identified from its morphological features; (1) a flat lying erosional surface at the top of the mountain range. The headword erosion has not yet reached to the top of the mountain. From the mountaintop to the low levels, the river valleys display increasingly steeper slopes and form deep canyons close to sea levels. Changes of the slope angles are sharp and angular indicating that the uplift occurred episodically; and (2) within the valleys different sets of hanging river terraces are identified, and the fluvial deposits on the terraces are Quaternary in age. The slopes of the Pontides Mountains against the Black Sea are commonly steep



due to the normal faults. On top of the faulted blocks, the slopes dip backward (back-tilted) revealing the listric nature of the normal faults. Due to the back-tilting, a set of side valleys running subparallel to the main trend of the mountain and the coastlines are formed. They stand against the major flow direction and divert the seaward flow of the streams.



**Figure 1.** Schematic block diagram across the east of Turkey from the Black Sea to the Arabian platform. The elevated mountain ranges that border the east of Turkey are the two orogenic mountain ranges that are underlain by an old metamorphic basement. In contrast, an ophiolitic mélangé association underlies the central high plateau, where the mélangé material acted as a cushion and did not allow a direct contact of the bordering continents. In the block diagram the two red arrows represent the ongoing convergence following the collision. The thin black arrows indicate north and south-vergent thrusting of the peripheral mountains as a consequence of the severe shortening deformation. The dark green belt under the Black Sea represents old, rigid remnant oceanic lithosphere, which resists the northward advance of Anatolia and thus generates the north-south severe shortening deformation. The V-shaped areas of subsidence



aligning along the mountain ranges represent the two peripheral troughs that are bordered by oblique faults, which commonly display a reverse-slip component. A central high is also formed between the reverse faults. The northward subducting slab beneath the Arabian platform represents the demise of the NeoTethyan Ocean that once separated the Arabian Plate from Anatolia. (b) Morphotectonic map of eastern Anatolia. The thick red lines with yellow hue represent the peripheral mountains. The red triangles and rectangles represent small, fault-bounded continental basins that are attached to one another along oblique slip faults. The small red arrow in the center represents a central high and also a secondary water divide in the central part of eastern Anatolia. The blue lines are the water divides of the Kopdağ and Kızıldağ ranges, which have been offset for more than 50 km by the NATF zone across the Erzincan depression. The red triangular area at the intersection of the two transform faults is the Karlıova junction-basin. BZSM = Bitlis-Zagros suture mountains; FFTB = Foreland fold and thrust belt. The broken black lines correlate the morphotectonic features between (a) the cross section and (b) the map (figure taken from Yılmaz 2017 , 2-22).

**Keywords:** Morphology, structural geology, Eastern Turkey



## Türkiye'nin Neotektoniği: Temel Prensipler

### *Neotectonics of Turkey: Basic Principles*

A. M. Celal Şengör

*İTÜ, Maden Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği, Ayazağa Kampüsü, Maslak, Sarıyer, İstanbul  
(sengor@itu.edu.tr)*

**Öz:** Türkiye'nin neotektoniğine egemen olan etkenler Ketin'in 'Anadolu Bloku'nun batıya kaçışı ve Doğu Anadolu Yüksek Platosunun oluşumudur. Özellikle Anadolu Blokunun kaçışı için bugüne kadar üç varsayım ileri sürülmüştür. 1) Arabistan/Avrasya çarpışmasının uyguladığı sınır kuvvetleri; 2) Hellen Hendeğinin güneye çekilmesinin yarattığı 'emme' etkisi; 3) Doğu Anadolu Yüksek Platosunun topoğrafik potansiyelinin Anadolu Blokunu batıya itmesi. Bunlardan sonuncusunu önemli bir etken olarak elemek mümkündür, çünkü Anadolu'nun batıya kaçışı Doğu Anadolu Yüksek Platosu'nun yüzeyi henüz deniz altındayken başlamıştır. Dolayısıyla bu alçak topoğrafyanın bir çekim potansiyeli yaratması düşünülemez. Üstelik Anadolu Bloku kendi içinde deforme olmakta, batı kısımları doğu kısımlarına nazaran daha büyük bir hızla güneybatıya doğru hareket etmektedirler. Bu Hellen Hendeğinin emme etkisi varsayımını destekler nitelikte bir gözlemdir. Hellen Hendeğinin oluşumuyla Kuzey Anadolu Fayı'nın oluşum yaşları da uyumlu gözükmemekte, hattâ Hellen hendeği 2 milyon yıl daha yaşlı gibi durmaktadır. Ancak Hellen hendeğinin kinematığının bugünkü hali, Anadolu Blokunun batıya kaçışıyla oluşmuştur. Dolayısıyla, sınır kuvvetlerinin de bu kaçışta etkileri olduğu varsayımı da gözardı edilmemelidir. Üstelik, Anadolu Bloku batıya kaçarken tüm Kuzey Yunanistan, Güney Bulgaristan, Makedonya ve Arnavutluğu da Balkan yarımadasının geri kalanından sökerek saat yönünde döndürmektedir. Doğu Anadolu Yüksek Platosu ise Makran tipi bir dalma-batma yığılma karmaşığının geç Senozoyik'te vuku bulan Arabistan/Avrasya yakınlaşması nedeniyle kalınlaşması sonucu oluşmuştur ki bu süreç günümüzde de sürmektedir. Doğu Anadolu'daki muazzam genç volkanizma buradaki dalma-batma levhasının koparak astenosfere, yığılma karmaşığının altına doğrudan ulaşma imkânı vermesinin sonucudur. Türkiye'nin neotektonik yapılarının çoğu eski Tetisid orojenik yapılarının üzerinde hortlak ve kâim yapılar olarak gelişmişlerdir. Türkiye'de gerçek âsi neotektonik yapılar ancak mezoölçektekiler arasında mevcuttur.

**Anahtar Kelimeler:** Neotektonik, Türkiye, Hellen Hendeği, Kuzey Anadolu Fayı

**Abstract:** The dominant influences on the neotectonics of Turkey are the westward escape of Ketin's 'Anatolian Block' and the formation of the East Anatolian High Plateau. To explain the westward escape of the Anatolian Block three hypothesis have been put forward: 1) boundary forces applied by the Arabia/Eurasia collision; 2) Suction created by the southerly retreat of the Hellenic Trench; 3) The westward 'push' created by the topographic potential of the East Anatolian High Plateau. It is easy to eliminate the last from among the important influences, because the westerly escape of the Anatolian Block had begun before the surface of the East Anatolian High Plateau cleared out of water. Thus, it is difficult to think that such low topog-

raphy could create a substantial gravitational potential. Moreover, the Anatolian Block is internally deforming and its western parts are moving westwards faster than its eastern parts. This observation seems to support the suction model. The ages of formation of the Hellenic Trench and the North Anatolian Fault are also appropriate for this interpretation; in fact, the Hellenic Trench may be 2 Ma older than the North Anatolian Fault. But the present kinematics of the Hellenic Trench originated as a consequence of the westerly escape of the Anatolian Block. In addition, the Anatolian Block is now ripping northern Greece, southern Bulgaria, Macedonia and Albania away from the rest of the Balkan Peninsula and rotate them in a clockwise sense. The East Anatolian High Plateau formed by the Arabia/Eurasia convergence that shorten and thicken a Makran-type subduction-accretion complex. The huge vulcanicity in eastern Turkey is a consequence of slab detachment that gave access to the asthenosphere to the bottom of the subduction-accretion prism. Almost all neotectonic structures in Turkey formed as resurrected or replacement structures on older Tethyside orogenic structures. True revolutionary structures in Turkey are seen only among those of meso-scale.

**Keywords:** Neotectonics, Turkey, Hellenic Trench, North Anatolian Fault



## Türkiye’de Diri Fayların Dağılımı ve Bölgesel Özellikleri

### *Distribution of Active Faults in Turkey and Their Regional Characteristics*

**Ömer Emre<sup>1</sup>, Tamer Y. Duman<sup>1</sup>, Fuat Şaroğlu<sup>2</sup>, Selim Özalp<sup>3</sup>, Hasan Elmacı<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Fugro Sial Yerbilimleri Müşavirlik ve Mühendislik, Kavaklıdere, Ankara,

<sup>2</sup>Ümit Mahallesi Beril Sitesi, 2511 Sokak, No:19, Çankaya Ankara

<sup>3</sup>Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etütleri Dairesi, Eskişehir Yolu, Ankara

(o.emre@fugro.com)

**Öz:** Türkiye ve yakın çevresindeki güncel tektonik deformasyonlar Anadolu levhasını sınırlayan Kuzey Anadolu (KAF) ve Doğu Anadolu (DAF) transform fayları ile birlikte Kıbrıs-Ege dalma batma zonları ve bunlara eşlik eden levha içi faylarla karşılanmaktadır. Yenilenmiş Türkiye Diri Fay Haritası’nda 326 Kuvaterner fayı/fay sistemi tanımlanmıştır. Bunlar uzunlukları 4-330 km arasında değişen 533 tekil fay veya fay segmentinden oluşmaktadır. Diri fayların tanımlanmasında yakın jeolojik geçmişte meydana gelmiş yüzey faylanmaları temel ölçüt olarak kullanılmıştır. Diri faylar, üzerlerinde gelişmiş olan en son yüzey faylanmasının jeokronolojik yaşı kullanılarak aktiviteleri açısından; 1) deprem yüzey kırığı, 2) Holosen fayı, 3) Kuvaterner fayı, 4) Olasılı Kuvaterner fayı olmak üzere dört alt kategoriye ayrılmıştır.

Türkiye’de diri fayların dağılımı, kinematik özellikleri, geometri, kayma hızları ve deprem tekrarlanma aralıkları gibi temel karakteristik özellikleri neotektonik bölgelere göre değişir. Türkiye anakarası KAF ve DAF transform fayları tarafından birbirinden ayrılan; 1) Doğu Anadolu sıkışmalı tektonik bölgesi, 2) Orta Anadolu Geçiş bölgesi, 3) Batı Anadolu açılmalı tektonik bölgesi 4) Kuzey Anadolu ve 5) Güneydoğu Anadolu olmak üzere beş neotektonik bölgeden oluşmaktadır. Bu bölgeler kendi içlerinde alt bölge veya bloklara ayrılmaktadır.

K-G yönlü sıkışmalı tektonik rejimin egemen olduğu Doğu Anadolu’daki güncel deformasyonlar KD ve KB gidişli birbirine çapraz doğrultu atımlı faylar, D-B uzanımlı kıvrım ve bindirmeler ile K-G uzanımlı açılma çatlakları tarafından karşılanmaktadır. Tekil faylar yanında bölgede çok segmentli doğrultu atımlı fay sistemleri ve bindirmeler yaygındır. DAF zonu ve Güney Doğu Anadolu Bindirme kuşağı güneyinde Arap otoktonunun kuzey kenarını temsil eden Güney Doğu Anadolu bölgesindeki aktif faylar ise tekil doğrultu atımlı faylar ve K-G uzanımlı açılma çatlakları ve normal faylardan oluşmaktadır.

Anadolu levhası Eskişehir-Tuzgölü fayları tarafından birbirinden ayrılan Orta Anadolu Geçiş Bölgesi ve Batı Anadolu Açılmalı Tektonik Bölgesi olmak üzere iki neotektonik bölgeden oluşmaktadır. Orta Anadolu Geçiş bölgesi KAF ve DAF’dan ayrılan, çok segmentli fay kolları ile dilimlenmiş olup Doğu Toros, Kızılırmak ve Galatya bloklarına ayrılır. Doğu Toros bloğunda sol yönlü, Kızılırmak bloğunda ise sağ yönlü doğrultu atımlı faylanma egemendir. Batı Anadolu Açılmalı Tektonik bölgesi ise birbirinden farklı kinematik özellikler sergileyen merkezi Ege Grabenleri, Dış ve İç Isparta dirseği ve Kuzey Batı Anadolu Geçiş bölgesi olmak üzere dört alt bölgeye ayrılmaktadır. Simav fay zonu açılmalı tektonik rejim içinde sağ yönlü doğrultu atımlı bir transfer fayını temsil etmektedir. KAF ile Simav fayı arasında tanımlayan

Kuzeybatı Anadolu Geçiş bölgesi sağ yönlü doğrultu atımlı fayların oluşturduğu, güneye bakan bölgesel ölçekli fay büklümleri ile karakteristiktir.

Bunlar Bandırma, Manyas, Bursa, Balıkesir fay büklümleri olarak tanımlanmaktadır. Fay büklümlerinin batı kanatları sıkışmalı, doğu kanatları ise açılmalıdır. Sultandağı fay bendine bağlı olarak şekillenmiş Isparta dirseğinin kuzey kenarındaki normal fayların geometrik paterni ve horst-grabenlerin morfotektonik özellikleri ışınal bir açılmanın varlığını göstermektedir. Buna ek olarak yoğun jeotermal aktivite ile karakteristik ışınal açılma bölgesel ölçekte domsal kabuk yükselmesine işaret eder. Anadolu bloğunun batıya hareketini gösteren GPS hızlarında dış Isparta dirseğindeki azalma ve saat yönünün tersinde gerçekleşen rotasyonal dönme Sultandağı fay bendindeki ışınal açılma ile açıklanabilmektedir. Kuzey Anadolu bölgesindeki diri faylar ise Orta KAF büklümünün sıkışmalı batı kanadındaki Bartın, Karabük, Yığılca ve Çilimli bindirmeleri ile temsil edilmektedir.

**Anahtar kelimeler:** Diri fay, neotektonik bölge, Türkiye

**Abstract:** Recent tectonic deformation of Turkey and surrounding region is governed by the transform faults of North Anatolian Fault (NAF) and East Anatolian Fault (EAF) delimiting the Anatolian microplate, Cyprus-Aegean subduction zones and related intra-continental faults. Total number of 326 Quaternary faults or fault systems were defined on the updated Active Fault Map of Turkey. These are constituted by 533 faults or fault segments varying between 4 to 330 km in length. Involvement of any surface rupturing earthquake in the recent geological past was used as the main criteria of identification of the active faults. The active faults are classified into four categories based on chronological order of the last surface rupture, namely; 1) surface rupture, 2) Holocene fault, 3) Quaternary fault, 4) probable Quaternary fault.

Primary characteristic features such as spatial distribution, kinematic characteristics, geometry, slip rate and earthquake recurrence intervals of the active faults in Turkey differ across various neotectonics regions. In such context, Turkey mainland comprises of five distinct neotectonic provinces which are separated by NAF and EAF as; 1) East Anatolian compressional tectonic province, 2) Central Anatolian transition province, 3) Western Anatolian extensional province, 4) North Anatolia and 5) Southeastern Anatolia provinces; where these regions are also divided into sub-provinces or blocks.

Active deformation in Eastern Anatolia dominated by N-S trending compressional tectonic regime results to NE and NW trending conjugate strike slip faults, E-W oriented folds and thrust faults, and extension fissures strike in N-S. Beside the single faults, multi segment strike slip faults and thrust faults exist widespread in the region. Active faults in Southeastern Anatolian region which is situated in the south of EAF and Southeastern Anatolian Thrust Belt forms the northern margin of Arabian autochthonous, and it mainly consists of individual strike-slip faults, N-S trending extension fissures and normal dip slip faults.

Anatolian plate on the other hand comprises of two neotectonic provinces namely Central Anatolian Transition Province and Western Anatolian Extensional Province that are separated by Eskişehir-Tuzgözü faults. Central Anatolian Transition Province is subdivided as Eastern

Taurus, Kızılırmak and Galatia blocks by a number of multi segmented faults splaying from NAF and EAF. Eastern Taurus block is characterized by sinistral faults while Kızılırmak block is governed by dextral strike slip faults. Western Anatolia Extensional Province is divided into four sub-regions as to present different kinematic characteristics such as Aegean Grabens, outer and inner Isparta Angle, and Northwestern Anatolian Transition Region. Simav fault zone constitutes the right lateral strike slip transfer fault in extensional tectonic regime. Northwestern Anatolian Transition Region outlines the area between NAF and Simav fault, and it is characterized by regional scale, south facing fault bends formed by right lateral strike slip faults which are named after Bandırma, Manyas, Bursa and Balıkesir fault bends. The western parts of these bends are transpressional while the eastern parts are transtensional. The geometrical pattern of normal dip slip faults in the northern margin of the Isparta angle which are shaped by Sultandağ fault bend, and the morphotectonic features of horsts-grabens indicate a radial extension. Additionally, intense geothermal activity and characteristic radial extension imply a regional crustal uplift in a domal setting. Decreasing GPS velocities in the outer Isparta Angle in addition to counterclockwise rotation can be attributed to radial extension at Sultandağı fault bend. The active faults of North Anatolia Region are characterized by Bartın, Karabük, Yığılca and Çilimli thrust faults in the western flank of central NAF transpressional bend.

**Keywords:** Active fault, Neotectonic Province, Turkey





## Türkiye'nin Neotektoniğine Yeni Katkılar: Başka Bir Bakış Açısına Doğru

*New Contributions to the Neotectonics of Türkiye: Towards an Alternative Perspective*

**Gürol Seyitoğlu<sup>1</sup>, Korhan Esat<sup>1</sup>, Bülent Kaypak<sup>2</sup>, Bahadır Aktuğ<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Ankara Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Teknik Araştırma Grubu, Gölbaşı, Ankara

<sup>2</sup>Ankara Üniversitesi Jeofizik Mühendisliği Bölümü, Gölbaşı, Ankara  
(seyitoglu@ankara.edu.tr)

**Öz:** Doğu Akdeniz'in güncel tektoniği içinde Türkiye'nin konumu ve neotektoniğinin esasları 1980'li yılların başlarında ortaya konmuştur. Arap ve Avrasya levhaları arasında Bitlis-Zagros Kenet Zonu (BZKZ) boyunca meydana gelen çarpışma ve sonrasında Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ) ve Doğu Anadolu Fay Zonu (DAFZ)'nin oluşumu ile Anadolu'nun batıya hareketi tektonik kaçma modeli olarak bilinmektedir. Bu modele göre Türkiye'nin neotektonik bölgeleri, Doğu Anadolu Daralma Bölgesi, Kuzey Bölge, Orta Anadolu Ova Bölgesi ve Batı Anadolu Genişleme Bölgesi olmak üzere isimlendirilmiştir.

Aradan geçen zaman içinde tektonik kaçma modeline ait neden sonuç ilişkileri sorgulanmış, ayrıca neotektonik bölgeler arası geçişlerin nasıl olduğu ve bölgelerin karakterleri ve iç deformatyonları hakkındaki çalışmalar, tanımlanan yeni fay zonları ve/veya meydana gelen depremlerin odak mekanizma çözümleri ile daha ayrıntılı hale getirilmeye çalışılmıştır.

Yakın zamanda yapılan çalışmalarda Doğu Anadolu Daralma Bölgesi iki farklı alan olarak değerlendirilmiştir. BZKZ güneyinde tanımlanan Güneydoğu Anadolu Tektonik Kaması, kuzeydeki kenet zonuyla güneydeki Sincar dağları arasında yer alan, iç yapısında asimetrik kıvrımlar ile bindirme ve kör bindirmeler bulunduran bir yapıdır. Bu yapıya sağ ve sol yanal yırtılma fayları da eşlik eder. Bu yapının fark edilmiş olması bölgedeki deprem etkinliğinin nedenlerinin daha iyi anlaşılmasını sağlamıştır.

BZKZ'nun kuzeyinde ise sağ ve sol yanal doğrultu atımlı faylarla sınırlandırılmış eşkenar dörtgen benzeri hücreler tanımlanmıştır. Bu hücrelerin orta kesimlerinde kuzey-güney doğrultulu normal faylar veya doğu-batı doğrultulu bindirmeler görülmekte veya hücrelerin kuzey ve/veya güney köşelerindeki bindirme fayları farklı özellikteki doğrultu atımlı fayları birbirine bağlamaktadır. Doğu Anadolu, KB İran, Ermenistan, Nahçıvan, Güney Azerbaycan'da yaygın olarak bulunan bu hücrelerin birbirini izleyen kenarları bölgesel ölçekte önemli makaslama zonlarını oluşturmaktadır. Buna göre Kiğı, Karlıova, Muş, Van ve Urmiye hücrelerinin GB kenarlarını oluşturan faylar, İran Zagroslarında tanımlanan "Main Recent Fault" ile birlikte "Güneydoğu Anadolu-Zagros Fay Zonu" adını almakta ve KAFZ'na sağa sıçrama ile geçmektedir. Doğu Anadolu'da bir diğer önemli yapı olan Kuzeydoğu Anadolu Fay Zonu ise bir dizi eşkenar dörtgen benzeri hücrelerin (Hınıs, Horasan, Kars) KB kenarını oluşturmaktadır.

Orta Anadolu bölgesinde Anadolu levhasının iç deformasyonuna ait verilerimiz Kuzey Anadolu, Kırıkkale-Erbaa ve Eskişehir Fay Zonları arasında kalan ters üçgen benzeri alan içindedir. Alan, etrafını çevreleyen bu sağ yanal doğrultu atımlı fay zonlarının arasında KB-GD yönünde daralmaktadır ve bu daralmaya bağlı olarak da doğudan batıya doğru, doğrultuları sırasıyla K-G'den DKD-BGB'ya doğru değişen Eldivan-Elmadağ Tektonik Kaması ve Abdüsselam Tektonik Kaması ile Beypazarı Kör Bindirme Zonu gelişmiştir.

Son olarak KAFZ'nun güney kol güzergahının kuzey kol'dan sonra GPS kayma değerleri bakımından ikinci öneme sahip olduğu ortaya çıkarılmıştır. Güney kol üzerinde yapılan ön çalışmalar, Gölpazarı, Yenişehir, Bursa, Ulubat, Manyas, Balıkesir, Bergama ovalarının çek-ayır karaktere sahip olduğunu ve KAFZ güney kolu'nun rahatlıkla İzmir ve Seferihisar'a uzatılabileceğini göstermektedir.

**Anahtar kelimeler:** Fay, Neotektonik, Türkiye.

**Abstract:** The position of Türkiye and the principles of neotectonics in the active tectonics of the eastern Mediterranean established in early 80's. The collision of Arabian and Eurasian continents along the Bitlis-Zagros Suture Zone (BZSZ) and the following westward motion of Anatolian plate between the North Anatolian Fault Zone (NAFZ) and East Anatolian Fault Zone are known as tectonic escape model. This model proposed the neotectonic regions of Türkiye such as East Anatolian contractional province, North Turkish province, Central Anatolian "Ova" province, West Anatolian extensional province.

Over the time being, the cause and effect relationship of the tectonic escape model has been questioned, and the transition characteristics and internal deformation of the neotectonic provinces have been studied in detail by newly recognised fault zones and/or focal mechanism solutions of the earthquakes.

The recent studies evaluated the East Anatolian contractional province as two different areas. The first area is defined in the south of BZSZ where the Southeast Anatolian Tectonic Wedge developed between the suture and Sincar Mountain. This wedge contains asymmetric folds, thrusts and blind thrust faults. The left/right-lateral strike-slip faults accompany to these structures. The recognition of the wedge geometry helps to understand the seismic activity in the region.

In the north of BZSZ, the rhomboidal cells bounded by the left/right-lateral strike-slip faults are defined. In the center of these cells, N-S normal faults or E-W thrusts are observed. The thrusts are also seen in the north or south corners of the cells that connect the left/right-lateral cell bounding strike-slip faults. The rhomboidal cells are common structures in eastern Türkiye, NW İran, Armenia, Nahçıvan and southern Azerbaijan, and their edges that follow each other in a linear fashion create region-wide shear zones. In this concept, the SW margins of Kığı, Karlıova, Muş, Van ve Urmiye cells together with the Main Recent Fault defined in the Iranian Zagros constitute Southeast Anatolian-Zagros Fault Zone that creates a right-stepping with the NAFZ. One of the important structures of the eastern Anatolia, the Northeast Anatolian Fault Zone is composed of a series of rhomboidal cells' NW margin such as Hınıs, Horasan and Kars.

The data related to internal deformation of Anatolian plate is obtained in the area between the North Anatolian, Kırıkkale-Erbaa and Eskişehir Fault Zones. This area has been contracted in NW-SE direction between these right-lateral strike-slip fault zones. Due to this contraction the Eldivan-Elmadağ and Abdüsselam Pinched Crustal Wedges plus Beypazarı Blind Thrust Zone are developed from east to west, and their directions gradually change from N-S to ENE-WSW, respectively.

Lastly, the route of southern branch of NAFZ is a second important structure after the northern branch in terms of GPS based slip rates. The preliminary studies on the southern branch of NAFZ indicate that Gölpazarı, Yenişehir, Bursa, Ulubat, Manyas, Balıkesir, Bergama plains have a pull-apart character and the southern branch of NAFZ can easily be extended towards İzmir and Seferihisar.

**Keywords:** Fault, Neotectonics, Turkey



## Güncellenmiş Türkiye Deprem Tehlike Haritası ve Mühendislik Uygulamalarına Etkisi

### *Revised National Seismic Hazard Map of Turkey and Its Implications in Engineering Applications*

**Sinan Akkar<sup>1</sup>, Tuba Eroğlu Azak<sup>2</sup>, Tolga Çan<sup>3</sup>, Ulubey Çeken<sup>4</sup>, Mine B. Demircioğlu<sup>5</sup>, Tamer Duman<sup>6</sup>, Mustafa Erdik<sup>1</sup>, Semih Ergintav<sup>1</sup>, Filiz Tuba Kadırioğlu<sup>4</sup>, Doğan Kalafat<sup>1</sup>, Özkan Kale<sup>7</sup>, Recai Feyzi Kartal<sup>4</sup>, Tuğbay Kılıç<sup>4</sup>, Selim Özalp<sup>8</sup>, Karin Şeşetyan<sup>1</sup>, Senem Tekin<sup>3</sup>, Ahmet Yakut<sup>9</sup>, M. Tolga Yılmaz<sup>10</sup>, Özge Zülfiyar<sup>11</sup>**

<sup>1</sup>Boğaziçi Üniversitesi, Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü, 34684 İstanbul

<sup>2</sup>Akdeniz Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 07058 Antalya

<sup>3</sup>Çukurova Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 01330 Adana

<sup>4</sup>Deprem Dairesi Başkanlığı, Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, 06800 Ankara

<sup>5</sup>Gebze Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 41400 Kocaeli

<sup>6</sup>Fugro Sial Geosciences Engineering and Consulting Ltd., 06680 Ankara

<sup>7</sup>TED Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 06420 Ankara

<sup>8</sup>Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, 06800 Ankara

<sup>9</sup>Orta Doğu Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 06800 Ankara

<sup>10</sup>Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Mühendislik Bilimleri Bölümü, 06800 Ankara

<sup>11</sup>Özyeğin Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 34794 İstanbul

(sinan.akkar@boun.edu.tr)

**Öz:** Türkiye’de 2018 yılının sonuna kadar yürürlükte olan deprem bölgeleri haritasının esasını oluşturan ihtimal teorisine dayalı deprem tehlikesi haritası çalışması yaklaşık 25 yıl önce gerçekleştirilmiştir. Bu süreç içinde deprem tehlikesi hesapları ile ilgili yöntemler, yer hareketi ve deprem kaynak modellerindeki belirsizliklerin ele alınış şekilleri doğal olarak gelişme kaydetmiştir. Gene son 25 yılda ülkemizde deprem tehlikesine temel teşkil eden deprem kaynaklarıyla ilgili veri tabanları, deprem katalogları ve yer hareketi tahmin denklemleri kollarında pek çok çalışma yapılmıştır. Bu çalışmaların bir kısmı farklı ulusal ve uluslararası projelerde kullanılmış; bununla beraber tüm ülkedeki deprem tasarımı kurallarını doğrudan etkileyen Türkiye bina deprem yönetmeliğine etkileri ya sınırlı ölçüde, ya da hiç olmamıştır. 25 yıllık süreçte dünyada deprem etkileri altında tasarım yüklerinin hesaplanmasında kullanılan tasarım spektrumu da kavramsal değişikliklere uğramıştır. Türkiye Sismik Tehlike Haritasının Revizyonu (UDAP-Ç-13-06) projesi, ülkemizde ve dünyada ihtimal teorisine bağlı deprem tehlikesi hesap yöntemlerindeki son gelişmeleri ve deprem tehlikesi hesaplarında kullanılan temel bileşenlerle ilgili Türkiye’de ve uluslararası alanda gerçekleştirilen son çalışmaları dikkate alarak belli yıllık aşılma seviyeleri için referans kaya zemin koşullarına uygun ( $V_{S30} = 760$  m/s) en büyük yer ivmesi (PGA), en büyük yer hızı (PGV) ile 0,2s ve 1,0s periyotlarında %5 sönüme sahip spektral ivme değerlerinin ülke kara sınırları içindeki değişimini gösteren

deprem tehlikesi haritaları üretmiştir. Bu haritalar 2019 yılından itibaren zorunlu hale gelecek Türkiye bina deprem yönetmeliğinde kullanılacaktır.

**Anahtar Kelimeler:** İhtimal hesaplarına bağlı deprem tehlikesi analizi, deprem tehlikesi haritaları, tasarım spektrumu.

**Abstract:** The Turkish seismic zonation map, valid until the end of 2018, relies on a probabilistic seismic hazard study that was carried out almost 25 years ago. The developments in earthquake engineering and engineering seismology led to improvements in seismic hazard assessment as well as consideration of uncertainties in ground motion and seismic source characterization during this period. As such, many studies on seismic source databases, earthquake catalogs and ground-motion prediction equations were carried out in Turkey in the last two decades. Although some of these studies were used in a few national or international projects, their effects on the Turkish seismic design code were either limited or none. Meanwhile seismic design spectrum that defines the seismic design loads for earthquake resistant design has also undergone some conceptual changes in the world. The Revision of Turkish Seismic Hazard Map (UDAP-Ç-13-06) project computes hazard maps for a set of mean annual exceedance rates for peak ground acceleration (PGA), peak ground velocity (PGV) as well as 5%-damped pseudo-spectral acceleration ordinates at  $T = 0.2s$  and  $T = 1.0s$  for the entire country. The project implements state-of-art knowledge in probabilistic seismic hazard assessment and accounts for the most recent national as well as worldwide studies in this field. The seismic hazard maps are computed for a reference rock site of  $VS_{30} = 760$  m/s. These maps will be used in the revised national earthquake building code that will be in force starting from 2019.

**Keywords:** Probabilistic seismic hazard assessment, seismic hazard maps, design spectrum.



## Eski Yapısal Hatların Riftleşme Sırasındaki Rolü: Batı Anadolu Genişleme Bölgesindeki Sıyrılma Fayı Tektoniği ve Transfer Fay Gelişimi, Türkiye

*The Role of Pre-existing Structures During Rifting: Detachment Tectonics and Transfer Fault Development in the Western Anatolian Extensional Province, Turkey*

**Hasan Sözbilir<sup>1</sup>, Çağlar Özkaymak<sup>2-3</sup>, Bora Uzel<sup>1</sup>, Ökmen Sümer<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Dokuz Eylül Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, İzmir

<sup>2</sup>Afyon Kocatepe Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Afyon

<sup>3</sup>Afyon Kocatepe Üniversitesi, Deprem Araştırma ve Uygulama Merkezi, Afyon

(hasan.sozbilir@deu.edu.tr)

**Öz:** Kıta içi alanlardaki riftleşme, yaygın olarak bölgedeki önceki deformasyon zonları üzerinde gelişir. Özellikle karmaşık yapıdaki dağ kuşakları boyunca orojen sonrası ya da sırasında gelişen genişlemeli tektonizma, birbirlerinden doğrultu atımlı ya da bindirme fayları ile ayrılan farklı kökene ait kayaçların oluşmasını sağlar. Faylarla gelişen heterojen özelliğe sahip bu jeolojik yapılar çok sayıda çalışmaya konu olmuştur.

Bu çalışmada, dalma-batma ile ilişkili dağ oluşumlarının kıtasal genişleme ile takip edildiği Batı Anadolu Genişleme Bölgesi (BAGB)'nde önceden var olan yapısal süreksizliklerin etkisindeki genişlemeli/transtansiyonel faylar incelenmiştir. Bölge, Pan-Afrikalı'dan Eosen yaşına kadar tektonostratigrafik birimlerden oluşan üst üste binmiş nap paketlerinden yapıldır. Bölgedeki genişleme etkisindeki çökmenin ilk evresi, Oligosen (Rupelian)'in erken döneminde başlayan ve ana Menderes metamorfizmasını takip eden Likya orojenik çökmesi ile ilişkilidir. Likya allokonlarının KB-GD yönlü genişlemeli olarak çökmesi, orojenezin cephesinde erken Oligosen-erken Miyosen yaşlı Likya molas havzasının gelişimi ile sonuçlanmıştır. Genişlemeli çökmenin ikinci evresi, sıyrılma fayları ile simgelenen, granitik sokulumlar ve Miyosen yaşlı sıyrılma üstü genişleme havzalarının oluşumu ile temsil edilir. Bu evre, yüksek ihtimalle Miyosen'de Menderes Metamorfik çekirdek kompleksinin parçalanarak yükselmesi ile ilişkili ve kıtasal incelmelerin bölgesel ölçekteki düşük açılı normal faylar boyunca karşılandığı bir dönemi ifade eder.

Gerçekte, BAGB'deki düşük açılı normal fayların ve çekirdek kompleksi tektoniğinin tanımlanması ve haritalanması, 1985 yılında, Gediz Grabeni'nin güney kenarındaki Allahdiyen yerleşim alanı yakınlarında gerçekleştirilmiş arazi tabanlı yapısal haritalama çalışmaları ile başlar. Bu tarihten önce alanda yapılan çalışmalarda, bu jeolojik yapı birçok jeolog tarafından, uyumsuzluk ya da bindirme fayı olarak yorumlanmıştır. Benzer şekilde, Büyük Menderes Grabeni'nin kuzey kenarındaki, bugün geniş oranda Senozoyik genişlemesi ilişkili normal fay olarak kabul edilen düşük açılı fay sistemleri, önceleri bindirme fayları olarak değerlendirilmiştir.

Gediz ve Büyük Menderes Sıyrılma fayları olarak bilinen iki ana Miyosen sıyrılması, sırasıyla Bozdağ ve Aydın dağlarındaki bindirme fayları üzerinde gelişmiştir. Her iki sıyrılma fayının



tavan blokları, düşük/yüksek dereceli metamorfik kaya serilerinden oluşan Pan Afrikan temele ait naplar ile geç Kretase ofiyolitleri ve Kikladik birimlerden, taban blokları ise Alpin yeşilşist fasiyesindeki metamorfik kayalar ile üst Kretase karbonat ara katkılarından oluşur. Bu yapısal sınırlar, geç Eosene kadar naplaşma döneminde bindirme fayları şeklinde çalışırken, daha sonra Menderes çekirdek kompleksinin yükselmesine bağlı olarak reaktive olmuş ve düşük açılı normal faylara dönüşmüşlerdir.

Gediz Sıyrılma Fayı, özellikle önceki bindirme düzlemini kullandığında, sıklıkla sıkışma ilişkili faylar gibi ramp/flat geometrisi sunar. Bu yapısal sınır üzerinde meydana gelmiş olan depremlere (örn. 1969 Alaşehir depremi, Mw:6,9) ait çalışmalar, yüzeydeki yüksek açılı normal fayların, derinde  $< 30^\circ$  altında eğimlenmeye sahip listrik özellikte oluştuğunu ve 3-5 km derinlere kadar devam ettiklerini gösterir. Bu fayların harita ifadesi, faylanmanın havzaya doğru gençleştiğini, ancak derinlerde önceki sıkışma ilişkili bindirme fayları ile birleşerek bu bindirme faylarının düzlemlerini kullandıklarını ve genişlemeli tektonik faz boyunca Rolling Hinge modeli şeklinde normal fay olarak reaktive olduklarını göstermektedir.

Nif Dağı ile Karaburun Yarımadası arasında kalan bölgede, önceki deformasyon yapıları, Paleotetis ve Neotetisin gelişimi ve kapanması sırasında meydana gelmiş ve daha sonra bu yapılar Neojen boyunca birbirleri ile bağlantılı KB ve KD uzanımlı doğrultu atımlı ve D-B uzanımlı genişlemeli faylardan oluşan bir transfer fay zonu oluşturmak üzere reaktive olmuştur. Üst Kretase-Paleosen'de Bornova Filiş Zonu'nun çökelişi sırasında transform fayı olarak etkili olmuş İzmir-Balıkesir Transfer Zonu (İBTZ), KD-GB uzanımlı kabuk ölçeğinde bir zayıflık olup, doğu sınırında sıyrılma tektoniği ile ilişkili yapıları ani olarak sonlandırır. İBTZ, Ege ve Batı Anadolu arasında, Miyosen boyunca etkili olan sıyrılma üstü havzaların oluşumu sırasında doğrultu atımlı faylarca baskın transfer zonu olarak reaktive olmuştur. Günümüzde, bu zon çok az normal faylanma bileşenine sahip ancak baskın olarak doğrultu atımlı gerilme rejimi etkisi altında olup, muhtemelen Kuzey Anadolu Fayı'nın BAGB içerisindeki güney kolu niteliğindedir. Sonuç olarak, BAGB'deki çoğu önceki tektonik fazlara ait deformasyon yapıları Miyosen riftleşmesi boyunca reaktive olmuşlardır ve bugün, Mw: 7,2 büyüklüğe kadar deprem üretme potansiyeline sahip, sığ ve derin yerleşimli sismojenik faylar ile temsil edilmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Eski yapısal hatlar, sıyrılma fayı, reaktivasyon, riftleşme, İzmir Balıkesir Transfer Zonu

**Abstract:** Rifting in intra-continental areas is commonly interact with a framework of pre-existing deformation zones. Especially, when extension takes place in mountain belts where syn- to post-orogenic extensional structures develop in complex settings created by the superposition of different rock types that separated by strike-slip or thrust faults. The fault generation in these heterogeneous layered settings has been the subject of a number of studies.

In this study, we investigate the presence of extensional/transensional faults related with pre-existing structural discontinuity in the western Anatolian extensional province (WAEP), where the subduction-related mountain building followed by continental extension. The region is built up by a series of stacked nappes consisting of Pan-African to Eocene tectonostratigraphic units. The first phase of extensional collapse in the region is marked by the Lycian oroge-

nic collapse, which may have been initiated by the beginning of the Oligocene (Rupelian), following the main Menderes metamorphism. NW-SE-trending extensional collapse of the Lycian allochthon resulted in the development of an early Oligocene-early Miocene Lycian molasse basin in the hinterland of the orogen. The second phase of extensional collapse is marked by detachment faulting, granitic intrusions and the formation of Miocene supradetachment extensional basins. This phase has been related to the exhumation of the Menderes metamorphic core complex that were highly dissected in Miocene time and then resulted in crustal thinning and regional-scale faulting along low-angle normal faults.

Actually, the recognition and mapping of low-angle normal faults and the core complex tectonics in this region is back to 1985, when field-based structural mapping has been performed at the southern margin of the Gediz graben, near Allahdiyen Village. Before that, many geologists have interpreted this contact either as an unconformity or a thrust fault. Similarly, major low-angle fault systems were interpreted as thrusts at the northern margin of the Büyük Menderes graben are now widely regarded as normal faults referred to Cenozoic extension.

Two major Miocene detachments are superimposed on the thrust of the Bozdağ and Aydın Mountain, including the Gediz detachment and the Büyük Menderes detachment fault, respectively. Both of them separated an upper plate metamorphics (consisting of a series of low- to high-grade, Pan-African basement-bearing nappes, Cycladic units and late Cretaceous ophiolites) from a lower plate (including Alpine greenschist metamorphics intercalated by upper Cretaceous carbonates). These structural boundaries were formerly active as thrust faults marking the nappe accretion up to late Eocene, and then their characters turned into the low angle normal faults due to the exhumation of Menderes core complex.

Gediz detachment fault often has ramp/flat geometry like contractional faults, particularly when they reuse earlier thrust fault planes. Studies on major earthquakes along this structure (e.g. 1969 Alaşehir earthquake,  $M_w = 6.9$ ) demonstrate that the high-angle normal faults exposed at the surface are the direct expression of large listric faults dipping  $<30^\circ$  and extending more than 3-5 km at depth. Their surface expression forms basinward younging of rift faults that coincide at depth with pre-existing contractional structures (thrust faults) reactivated as normal faults during the extensional phase as developed in the rolling hinge model.

In the region between Nifdağı Mountain and Karaburun Peninsula, the pre-existing fabric was formed during the closure of Paleotethys and Neotethys events and then reactivated, during Neogene to create a transfer fault zone composed of linked NW to NE-strike-slip and E-W extensional faults. There, detachment tectonics and related structures end abruptly along the NE-SW trending İzmir-Balıkesir Transfer Zone, a crustal-scale zone of weakness acted as a transform fault during the deposition of Upper Cretaceous-Palaeocene Bornova Flysch Zone and reactivated as a strike-slip dominated transfer zone between Aegean and western Anatolian supradetachment basin formation during Miocene time. Today, the zone is dominated by strike-slip stress regime with a minor normal faulting component and is possibly marking southern continuation of the North Anatolian Fault into the WAEP. As a result, most of the pre-existing structures of the WAEP have been reactivated during Miocene rifting and today form shallow- to deep-seated seismogenic faults that have seismic potential to produce destructive earthquakes up to  $M_w = 7.2$ .

**Keywords:** Pre-existing fault, detachment fault, reactivation, rifting, İzmir-Balıkesir Transfer Zone



JEOLOJİ MÜHENDİSLERİ ODASI  
CHAMBER OF GEOLOGICAL ENGINEERS OF TURKEY

Uluslararası Katılımlı 72. Türkiye Jeoloji Kurultayı  
28 Ocak-01 Şubat 2019, Ankara, Türkiye  
72<sup>nd</sup> Geological Congress of Turkey with international participation  
28 January-01 February 2019, Ankara, Turkey

Uluslararası Katılımlı  
72. Türkiye  
Jeoloji  
Kurultayı

## Sarıköy-İnova ve Çan-Bayramiç-Ezine Fay Kuşaklarının Yenitektoniği: Havza Oluşumu, Yaş, Kayma Hızları, KB Anadolu-Türkiye

*Neotectonics of the Sarıköy-İnova and Çan-Bayramiç-Ezine fault zones:  
Basin Formation, Age, Slip Rates, NW Anatolia-Turkey*

**Ali Koçyiğit**

*Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Aktif  
Tektonik ve Deprem Araştırma Laboratuvarı  
(akoc@metu.edu.tr)*

**Öz:** Kuzey Anadolu Fay Sistemi, Marmara Denizi çevresinde ve Biga Yarımadası'nda, çok sayıda fay kuşağı, fay seti ve tekil faya ayrılır. Bunlardan ikisi Sarıköy-İnova ve Çan-Bayramiç-Ezine fay kuşaklarıdır. Sarıköy-İnova fay kuşağı yaklaşık 0,5-7 km genişlikte, 75 km uzunlukta ve genel olarak KD-gidişli (ortalama K50°D) bir deformasyon kuşağı olup egemen olarak doğrultu atımlı faylanma ile karakterize edilir. Kuzeydoğuda Sarıköy ile güneybatıda Hurma Köy arasında yer alan Sarıköy-İnova fay kuşağı, Hurmaköy yakın çevresinde Çan-Bayramiç-Ezine fay kuşağı ile kesişir ve sonlanır. Yaklaşık 3-6 km genişlikte, 70 km uzunlukta ve DKD-gidişli olan Çan-Bayramiç-Ezine fay kuşağı, kuzeydoğuda Çan ilçesi ile güneybatıda Ezine ilçesi arasında yer alan diğer bir aktif deformasyon alanıdır. Fay kuşağının türü, yer yer, önemli miktarda doğrultu atım bileşenli verem atımlı normal faydan doğrultu atımlı faya kadar değişir. Her iki fay kuşağının ana fayları sırayla 37 km uzunluktaki İnova ve 27 km uzunluktaki Ezine faylarıdır. Her iki fay da aktif olup bu durum, anılan faylardan kaynaklanmış olan 7,0 büyüklüğündeki 6 Mart 1737 İnova, 6,1 büyüklüğündeki 1 Şubat 1809 Hurma ve 6,2 büyüklüğündeki 8 Şubat 1826 Güllüce tarihsel depremleriyle bir kez daha kanıtlanmıştır. Jeolojik ve coğrafik belirteçlere göre Sarıköy-İnova ve Çan-Bayramiç-Ezine fay kuşakları üzerinde birleşmiş olan toplama atım miktarları sırayla 13 km ve 20 km'dir. Bu öteleme miktarları yine sırayla yaklaşık 5 mm/yıl ve 7,7 mm/yıllık kayma hızlarına karşılık gelmektedir.

Her iki fay kuşağı üzerinde beş ayrı çek-ayır havza gelişmiştir. Gelişimleri günümüzde de süren bu havzalar KD'dan GB'ya doğru Sarıköy, İnova, Kazabat, Çan ve Ezine-Bayramiç havzalarıdır. Çan ve Ezine-Bayramiç havzaları üzerlemiş türde, kalan havzalar ise yalın türde çek-ayır havzalarıdır. Hemen hemen yatay konumlu ve Kuvaterner yaşlı havza dolgusu ile deformasyon geçirmiş (kıvrımlanmış-ters faylanmış) Kuvaterner öncesi yaşlı kaya birimleri arasındaki bölgesel açılı uyumsuzluk, çek-ayır havzaların Kuvaterner sırasında oluştuğunu göstermektedir. Bu ilişki aynı zamanda, yenitektonik dönemin başlangıç yaşının da Erken Kuvaterner olduğunu kanıtlamaktadır.

**Anahtar Sözcükler:** Kuzey Anadolu Fay Sistemi, Biga Yarımadası, Yenitektonik, çek-ayır havza, kayma hızı

**Abstract:** The North Anatolian Fault System bifurcates into numerous fault zones, fault sets and single faults around the Sea of Marmara and the Biga Peninsula. Two of them are the Sa-

Sarıköy-İnova and the Çan-Bayramiç-Ezine fault zones. The Sarıköy-İnova fault zone is an approximately 0,5-7 km wide, 75 km long, and in general, NE-trending (average N50°E) active zone of deformation characterized by mostly dextral strike-slip faulting. It is located between Sarıköy in the northeast and Hurma Village in the southwest, where it meets with another structure, which is the Çan-Bayramiç-Ezine fault zone. It is an approximately 3-6 km wide, 70 km long, and ENE-trending zone of deformation. It is located between Çan in the northeast and Ezine in the southwest. The type of fault zone varies from the oblique-slip normal fault with considerable amount of strike-slip component to the dextral strike-slip fault, in places. Master faults of the Sarıköy-İnova and the Çan-Bayramiç-Ezine fault zones are the 37 km long İnova and the 27 km long Ezine faults, respectively. Both master faults are active. This is evidenced by the 6 March 1737 ( $M_s=7,0$ ) İnova, 1st February 1809 Hurma ( $M_s=6.1$ ), and the 8 February 1826 Güllüce ( $M_s=6.2$ ) historical earthquakes sourced from these fault zones. Based on both the geological and geographical markers, the total right lateral offsets accumulated on the Sarıköy-İnova and the Çan-Bayramiç-Ezine fault zones are 13 km and 20 km, respectively. These offset values imply slip rates of 5mm/yr and 7.7mm/yr, respectively.

Five pull-apart basins were developed on both fault zones. These are, from NE to SW, the Sarıköy, İnova, Kazabat, Çan and Ezine-Bayramiç basins. Both the Çan and Ezine-Bayramiç basins are in the type of superimposed structure. However, the type of the rest basins is the pure pull-apart basins. Based on the angular unconformity between the flat-lying basin fill of Quaternary age and the deformed (folded and thrust faulted) older rocks of pre-Quaternary age, the pull-apart basins formed during Quaternary. This relationship also reveals that the initiation age of the neotectonic period is Early Quaternary.

**Keywords:** North Anatolian Fault System, Biga Peninsula, neotectonics, pull-apart basin, slip rate.



## On-Going Reduction Of Endoreism In The Central Anatolian Plateaus

Catherine Kuzucuoğlu

*Laboratoire de Géographie Physique (UMR 8591), CNRS, Paris 1 Panthéon-Sorbonne  
University, Paris 12 U-Pec University, 1 Pl. A. Briand 92195 Meudon cedex France*

**Abstract:** Since Late Miocene in Anatolia, uplift, faulting and sliding have generated the encircling of a central zone limited south by the Taurus highlands with summits reaching 3000 m to >4000 m. Meantime, the uplift of the central zone reached 1000-1500 m asl while major strike-slip fault zones, sheared and faulted block systems. Rapidly, the uplift of the highlands encircling Anatolia caused the incision of valleys and deep canyons radiating from the highlands in direction of the seas surrounding the peninsula, while central Anatolia formed a more or less high depression at 1000-1500m asl. This central zone presents today patches of (i) plateaus and low hills corresponding to remains of erosion and structural surfaces truncating carbonate deposits, and (iii) volcanic massifs constructed after Late Miocene.

During and after uplift, thick series of emerged carbonates were subjected to dissolution producing a high variety of surface and underground karstic features. In the highlands, stages in the deepening of the underground karst (eg. forming stepped floors separated by sloped to vertical tunnels) record slowing phases in the uplift. In parallel, the slower uplift of central Anatolia protected the central plateaus from incision, allowing karstic features to remain superficial, with low Plio-Pleistocene limestone plateaus alternating with poljes. As a result, the hydrography of central Anatolia is mostly endhoreic (ie. no outflow to the sea) with depressions often corresponding to faulted poljes in which water occurrences mostly occur as karstic springs, and freshwater to salty marshes and lakes.

Recent interpretation of three large depressions bordering the northern slopes of the Taurus from the Isparta Angle to the Aladağlar range (Konya-Ereğli, Tuz Gölü and Sultansazlığı plains) evidence, together with hydrogeologic monitoring of underground water, that these closed depressions are being captured today by Mediterranean and Black Sea exhoreic drainage. This capturing is controlled by both the tectonic regimes that has affected Anatolia during Pleistocene, and by the karstic processes dissolving the carbonates. The result of these observations is that the combination of tectonics and karstic dynamics is opening a new stage in the dismantling of the endhoreic central Anatolia. In eastern Anatolia where the uplift is more recent and active, connections between underground and surface erosion processes are not as much developed. In this latter region, "capture-to-be" locations exist where (i) tectonically-controlled lines concentrate surface erosion in limestones (fault lines, canyons), and (ii) surface and deep karst features develop actively in limestone massifs separating tectonically mobile watersheds.

**Keywords:** Dismantling of Anatolian Endorheism, combination of tectonic and karstic processes.



## Sürgü–Misis Fayının Deprem Davranışı ve Kinematik Özellikleri: Doğu Anadolu Fay Sistemi, Türkiye

*Paleoseismic Behavior and Kinematic Characteristics of Sürgü–Misis Fault: East Anatolian Fault System, Turkey*

**Tamer Y. Duman<sup>1</sup>, Hasan Elmacı<sup>2</sup>, Selim Özalp<sup>2</sup>, Akın Kürçer<sup>2</sup>, Meryem Kara<sup>3</sup>, Ersin Özdemir<sup>2</sup>, Ayhan Yavuzoğlu<sup>4, 5</sup>**

<sup>1</sup>FugroSial Yerbilimleri, Farabi Sok.No:40/4 Kavaklıdere, Çankaya/Ankara

<sup>2</sup>Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etütleri Dairesi Başkanlığı, 06800 Çankaya/Ankara

<sup>3</sup>Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Doğu Akdeniz Bölge Müdürlüğü, 01360 Çukurova/Adana

<sup>4</sup>Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Deniz Araştırmaları Dairesi Başkanlığı, 06800 Çankaya/Ankara

<sup>5</sup>Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Enerji Hammadde Etüt ve Arama Dairesi Başkanlığı, 06800 Çankaya/Ankara

**Öz:** Doğu Anadolu Fay (DAF) sistemi Çelikhana batısında kuzey ve güney olarak iki kola ayrılır. Sürgü Misis Fay (SMF) sistemi olarak adlandırılan kuzey kol Çelikhana–Karataş arasında 380–km uzunluğundadır ve batıya devamında İskenderun Körfezi suları altında Misis–Girne Fay sistemine dolayısıyla, Kıbrıs Yayına bağlanır. Kuzey kol Göksun bendiyle doğu ve batı olarak ikiye ayrılır. Göksun ile Karataş arasında karada izlenen ve KD–GB gidişli fay segmentlerinden oluşan bu kol körfeze doğru açılan geniş bir yelpaze geometrisi sunar. Bunlar Türkiye Diri Fay Haritası’nda, doğudan batıya sırasıyla, Savrun (60–km), Çokak (24–km), Düziçi–İskenderun (73–km), Misis (34–km), Toprakkale (104–km), Yumurtalık (41–km) ve Karataş (63–km) fay segmentleri olarak haritalanmıştır. Bu fay segmentleri boyunca ötelenmiş dere, uzamış sırt, kapatan sırt, asılı vadi, eğer yapısı gibi güncel aktiviteyi ve kırılma mekanizmasını işaret eden morfolojik yapılar belirgin şekilde gözlenmektedir. Aynı zamanda, bu segmentler tarafından Kuvaterner volkanik kayalar ve güncel çökeller kesilmekte, farklı köken ve yaşlardaki kayalar bir araya getirilmektedir.

Bu çalışmada, kuzey kolu oluşturan SMF sistemi üzerinde yapılan hendekli paleosismolojik araştırma bulguları sunulmaktadır. Fayın batı kesimlerini oluşturan Toprakkale, Karataş, Yumurtalık ve İskenderun–Düziçi segmentleri üzerinde toplamda 17 adet paleosismolojik hendek kazısı yapılmıştır. Hendek duvarlarında fay segmentlerinin deprem aktivitelerini gösteren yapısal ve sedimentolojik kanıtlar yakın jeolojik dönem çökellerinde açıkça izlenmiştir. Bu kanıtlar bütün segmentlerin yüzey faylanmasıyla sonuçlanan büyük depremler ürettiklerini göstermiştir. Olay katmanlarının radyometrik yaşları bu depremlerin Geç Pleyistosen ve Holosen dönemlerinde oluştuğunu belgelemiştir. Yaş bulguları bazı segmentlerde deprem tekrarlanma değerlendirmelerine olanak sağlarken, bazılarında sadece Geç Pleyistosen–Holosen aktivitesini doğrulamıştır. Hendek duvarlarında izlenen yüzey kırığı geometrisi depremlerin ters, normal ve doğrultu atım faylanması mekanizmalarıyla meydana geldiklerini açıkça göstermiştir.



Doğrultu atımla oluşan yüzey kırıklarında, yerel geometrik özelliklere bağlı normal ve ters atım bileşenlerinin de ana mekanizmaya eşlik ettiği gözlenmiştir. Bu yapısal kanıtlar bölgede günümüzde etkin olan baskın doğrultu atım rejimi öncesinde, geçiş ve sıkışma rejimleriyle ilişkilendirilebilecek aktivitelerin olduğunu göstermektedir. Bu değerlendirme, aynı zamanda DAF'ın güney ve kuzey kolları arasında bulunan Amanos Dağı'nın yapısal evrimin son aşamalarıyla uyum içerisinde olduğunu göstermektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Doğu Anadolu Fayı, Sürgü–Misis Fayı, paleosismoloji.

**Abstract:** Eastern Anatolian Fault (EAF) system bifurcates into two strands as north and south at the west of Çelikhan. The northern strand, Sürgü Misis Fault (SMF), is 380 km long between Çelikhan and Karataş. Then, it connects with Cyprus Arc via Misis-Kyrene Fault system under the waters of İskenderun Bay. The SMF system is divided into two strands separated by the Göksun bend: the eastern and western. The western strand, on the land between Göksun and Karataş, spreads out fault segments trending NE-SW towards the bay and forms a wide fan geometry. These segments mapped on the Active Fault Map of Turkey are, from east to west, Savrun (60–km), Çokak (24–km), Düziçi-İskenderun (73–km), Misis (34–km), Toprakkale (104–km), Yumurtalık (41–km) and Karataş (63–km), respectively. Morphological features indicating recent activity and the fracture mechanism such as offset stream, elongated ridge, shatter ridge, hanging valley are obvious along these fault segments. Additionally, Quaternary volcanic rocks and recent deposits were transacted and rocks of different origins and ages juxtaposed through these segments.

In this study, paleoseismological findings on the fault segments of the SMF system are presented. A total of 17 paleoseismic trenches were excavated on the Toprakkale, Karataş, Yumurtalık and İskenderun–Düziçi segments of the SMF system. Structural and sedimentological evidences of seismic activities of fault segments were obviously exposed on the trench walls made of recent deposits. These evidences also revealed that all segments produced large earthquakes resulting in surface ruptures. Radiometric aging of the event horizons proved that the earthquakes occurred during the Late Pleistocene and Holocene periods. Dating allows earthquake recurrence assessments for some segments, while others have only confirmed Late Pleistocene-Holocene seismic activity. Rupture geometry on the trench walls clearly indicated the earthquake mechanisms which occurred as reverse, normal and strike-slip faulting. Furthermore, normal and reverse slip components due to local geometric properties were accompanied by the main mechanism of rupture formed by strike slip. The structural evidences obtained from the trench walls make it possible that there were activities which may relate to the compression and transition regimes prior to the dominant active strike-slip regime prevailing in the region. This assessment is also consistent with the last stages of structural evolution of the Amanos Mountain, which is located in between the north and south strands of the EAF system.

**Keywords:** Eastern Anatolian Fault System, Sürgü Misis–Fault System, paleoseismology.





## Doğu Anadolu Fayı, Hazar-Palu Segmenti Üzerinde Gerçekleşen Krip Davranışının Sorgulanması

### *Investigation of Creep Characteristics along Hazar-Palu Segment of East Anatolian Fault*

Semih Ergintav<sup>1</sup>, Seda Çetin<sup>2</sup>, Selver Şentürk<sup>3</sup>, Alpay Özdemir<sup>2</sup>, Uğur Doğan<sup>2</sup>, Ziyadin Çakır<sup>3</sup>, Hayrullah Karabulut<sup>1</sup>, Fuat Şaroğlu<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Boğaziçi Üniversitesi, KRDAE, İstanbul, Türkiye

<sup>2</sup>Yıldız Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, İstanbul, Türkiye

<sup>3</sup>İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fakültesi, İstanbul, Türkiye

<sup>4</sup>Jeolojik Mirası Koruma Derneği (JEMIRKO), Ankara, Türkiye

**Öz:** Depremlerin fiziğinin ve tehlikesinin daha iyi anlaşılmasına yönelik temel araştırma konularından bir tanesi fayların maruz kaldıkları tektonik gerilmeler karşısında göstermiş oldukları davranış biçimidir. Aktif fayların büyük bir çoğunluğu üzerlerinde onlarca veya yüzlerce yılda biriktirdiği elastik deformasyonu ani bir şekilde saniyeler içerisinde boşaltırken, bazıları anlık sismik enerji boşalımı oluşturmadan, tamamen veya kısmen sessizce kaymakta, diğer bir deyişle krip etmektedir. Krip olayının neden meydana geldiği yer bilimlerinde yoğun bir tartışma konusudur. Bu durumun fay zonlarında sıklıkla rastlanılan düşük geçirimli, yüksek sıvı muhtevalı, ve düşük dayanımlı killerce zengin makaslama zonlarında deprem esnasında meydana gelen yüksek ısınmadan kaynaklanabileceği veya yüksek sıvı basıncı nedeni ile olabileceği düşünülmektedir. İster minerolojik nedenlerle, isterse sıvı basıncı nedeniyle oluşsun, aktif fayların deprem üretme potansiyelini kontrol eden krip hareketinin başlama nedenleri ve zaman içindeki davranışı konusunda açık sorular bulunmaktadır.

DAF sistemi üzerindeki Hazar-Palu arasında (~100 km) krip olayının gözlemlendiği ve yüzeye kadar geldiği yerler gerçekleştirdiğimiz projeler kapsamında ilk defa InSAR ve GPS ile detaylı olarak haritalanmıştır. Bulgularımız, krip hızının bölgede değişkenlik gösterdiğini ve bazı bölgelerde DAF'ın ortalama kayma hızı olan 10 mm/yıl civarlarına ulaştığını göstermektedir. Bu durum, krip hareketinin alt kabuğa kadar ulaşabileceği ve bölgedeki yamulma birikiminin göreceli olarak düşük olduğunu göstermektedir. Ancak bu durumda, krip eden segmentin uç kesimlerinde yüksek miktarda gerilim birikmesine neden olacak ve komşu segmentlerde deprem potansiyeli artacaktır. Kripmetre ölçümleri, krip hızının anlık olarak hızlanıp yavaşladığını göstermektedir. Sismolojik analizler, krip olayını doğrulayacak şekilde derinlerde oluşan sistematik yüklenme ve yenilmeleri belirlememize de olanak vermektedir. Yüzeyde ve derinlerde haritaladığımız bu krip hareketinin zamansal (ivmelenme nedenlerinin sorgulanması için önemlidir) ve mekânsal (farklı segmentler arasındaki etkileşimin belirlenmesi için önemlidir) özelliklerinin çok disiplinli sorgulanması ve tarihsel deprem aktivitesi ile ilişkilendirilmesi sayesinde, DAF'ın deprem üretme potansiyelinin gerçekçi bir şekilde sorgulanması mümkün olmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Krip, Doğu Anadolu Fayı, deprem

**Abstract:** Understanding the behavior of active faults in responding to tectonic stresses is the key issue in earthquake physics and hazards assessments. While most tectonic faults are unstable and moves abruptly releasing in seconds to a few minutes the strain accumulated around them for decades to centuries, some faults slip silently and continuously storing little or no strain. This aseismic slip is called fault creep. The origin of fault creep has remained to be a subject of debate. Generally, researchers assume that creep is controlled by (1) the presence weak rocks in the fault zone, (2) low strength of the clay-rich shear zones, (3) transient fluid overpressures that is most likely generated during coseismic faulting due to shear heating, and (4) high water content. However, there are many open questions about the origin and onset of the creep, responsible with earthquake potential along active faults.

Creep related anomalies along the Hazar-Palu segment (~100km) on the East Anatolian Fault Zone (EAF) was first observed and mapped after a project we have recently completed. We showed that the creep velocity changes and reaches up to 10 mm/yr in the area between Hazar Lake and Palu. This rate equals to the slip rate of the EAF, implying that the strain accumulation may not occur along the creeping zone of the EAF. Hence, it may not produce a large earthquake along this section of the EAF. However, stress will naturally be increased and concentrated at the end of the creeping segments. Creepmeter measurements show that the creep velocity is accelerating and decelerating momentarily. Seismological analysis allows us to determine the systematic loading and release of the strain that occurs at deeps in the creeping zone. Under the constrain of historical earthquakes and multidisciplinary studies, better understanding of temporal (important for the source of accelerations) and spatial properties (important for the interaction between different segments) of the creep, which mapped along the surface and the depth, is important for estimating realistic earthquake potential of EAF.

**Keywords:** Creep, East Anatolian Fault, earthquake



## Batı Anadolu Grabenlerinin Bölümlenmesinin Yapısal Kontrolleri: Doğrultu-Atımlı Faylanmanın Graben Oluşumu Üzerindeki Yeri ve Önemi

*Structural Control on Compartmentalization of Western Anatolian Grabens:  
Role and Significance of Strike-slip Faulting in Graben Formation and  
Evolution*

**Erdin Bozkurt<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup>*Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Üniversiteler  
Mahallesi, Dumlupınar Bulvarı, No: 1, 06800 Ankara, Türkiye*

<sup>2</sup>*Center for Global Tectonics & State Key Laboratory of Geological Processes and  
Mineral Resources, China University of Geosciences, Wuhan, 388 Lumo Road,  
Hongshan District, Wuhan 430074, Hubei Province, China*

([erdin@metu.edu.tr](mailto:erdin@metu.edu.tr))

**Öz:** Batı Anadolu grabenleri bölgenin önemli yapısal unsurları arasında yer alırlar. Grabenler, genel uzanımları D–B olan yüksek açılı ( $50^\circ - 75^\circ$ ) eşlenik normal faylar tarafından denetlenirler. Graben kenarları çok sayıda güncel alüvyon yelpazeleri ile sarılırken, graben tabanı Kuvaterner alüvyonları ile doldurulmuştur. Normal fayların yükselen taban bloklarında çoğunlukla Menderes Masifi'ne ait metamorfik kayalar ile onları yapısal olarak üzerleyen Oligo–Miyosen (?) karasal çökeltileri yüzeylerler. Miyosen birimleri ile metamorfikler arasındaki dokunak çoğunlukla düşük açılı normal fay (*sıyrılma fayı*) olarak tanımlanır. Metamorfik kayalar, Sıyrılma faylarının taban bloğunda yükselirken tavan bloğu karasal birimlerin çökme alanı olarak gelişmiştir. Yapısal veriler, grabenlerin Oligo–Miyosen (?) çekirdek karmaşık ve Pliyo–Kuvaterner modern graben evresi olmak üzere iki aşamalı genişleme tektonizmanın ürünü olarak geliştiklerini ortaya koyarken bu iki evrenin devamlılığı önemli tartışmaların konusunu oluşturmaktadır.

Son on yıldır grabenlerden derlenen yapısal verilerin yanısıra oluşturulan jeofizik modeller ile kuyu verilerinin entegrasyonu, kalibrasyonu ve korelasyonu, grabenlerin iç yapısının bilinen-den daha karmaşık olduğunu, graben içine izole çok sayıda KKD–GGB uzanımlı küçük ölçekli horst-ve-graben yapılarının varlığını, dolayısıyla grabenlerin birbirlerinden bağımsız davranan ayrı bloklara / kompartmanlara bölündüğünü ortaya koymuştur. Grabenleri sınırlayan yüksek açılı normal faylara – genişleme yönüne – yaklaşık dik konumlu bu horst-ve-grabenler çoğunlukla doğrultu-atımlı fay karakterinde, dik veya dike yakın faylar tarafından denetlenirler; bu faylar çoğunlukla graben içine izole yapılar olarak gelişirken, bir bölümü de sıyrılma faylarını kesip, ötelirler. Makale kapsamında Batı Anadolu grabenlerinin iç yapısı tanıtılırken, doğrultu atımlı fayların graben evrimindeki yeri ve önemi tartışılacak, genişlemeli rejim içinde doğrultu-atımlı fayların oluşum mekanizması ve kökeni hakkında da önerilerde bulunulacaktır.

**Anahtar Sözcükler:** Genişlemeli tektonik, graben, normal fay, doğrultu atımlı faylanma

**Abstract:** Western Anatolian graben forms the most important structural elements of the region. Grabens are bounded and controlled by high-angle ( $50^{\circ} - 75^{\circ}$ ) conjugate normal faults. The graben margins are blanketed by coalesced alluvial fans while grabens are filled with Quaternary alluvials. The metamorphic rocks of the Menderes Massif and structurally overlying Oligo–Miocene (?) fluvial sediments are exposed in the footwall of the graben-bounding normal faults. The contact between the metamorphic rocks below and fluvial clastics above is mapped as a low-angle normal fault (detachment fault). Metamorphic rocks were exhumed in the lower plate of the detachment fault while upper plate formed the site of fluvial sedimentation. Structural data is interpreted to suggest that the grabens have experienced two distinct phases of extensional tectonics as Oligo–Miocene (?) core-complex mode and Plio–Quaternary modern graben mode; the continuum of deformation between two phases has been the subject of long-lasting debate in the literature.

The integration, calibration and correlation of structural data, geophysical models and wellbore logs during the last decade have shown that the internal structure of grabens is more complex than it was envisaged. Instead the grabens are dissected into several small-scale NNE–SSW-trending horst-and-graben structures; they are attributed to compartmentalization of the grabens. The separate blocks/compartments are mostly bounded by vertical or near vertical faults with strike-slip character; they are oriented almost orthogonal to the graben-bounding normal faults, i.e. extension direction. These faults are mostly isolated within the grabens whereas some are observed to cut and displace the detachment faults. The paper will document internal structure of the grabens in western Anatolia, discuss the role and significance of strike-slip faults in the evolution of the grabens, and finally comment on the origin and mechanism of strike-slip faults in extensional tectonics.

**Keywords:** Extensional tectonics, graben, normal fault, strike-slip faults



## Trakya'da Kuzey Anadolu Fayı ile Pontid-İçi Kenedi Arasındaki İlişki

### *Relation Between The North Anatolian Fault And The Intra-Pontide Suture In Thrace*

**Aral I. Okay**

*İTÜ Avrasya Yerbilimleri Enstitüsü, Ayazağa Kampüsü, Maslak, Sarıyer, İstanbul*

*(okay@itu.edu.tr)*

**Öz:** Kretase yaşındaki Pontid-İçi Kenedi İzmit ile Çerkeş arasında, İstanbul Zonu ile Sakarya Zonu arasındaki sınırı tanımlar; Geç Miyosen ve sonrası bir yapı olan, ve toplam atımı 80-90 km civarında olduğu düşünülen Kuzey Anadolu Fayı, İzmit ile Çerkeş arasında Pontid-İçi Kenet zonunu takip eder. Pontid-İçi Kenedi'nin batıya doğru uzantısı ve Kuzey Anadolu Fayı ile olan ilişkisi ise problemlidir. Trakya'da Kuzey Anadolu Fayı'nın temsil eden Ganos Fayı'nın batı kesimlerinde, fay boyunca ufak tektonik dilimler halinde ofiyolitli melanj ve ca. 86 My beyaz mika Ar-Ar metamorfizma yaşları veren mavişistler yüzeylenmektedir. Okyanusal kökenli bu kaya topluluğunun bölgede Pontid-İçi kenedini temsil ettiği yaygın bir düşüncedir.

Kenet, eski bir okyanusun iki yakasındaki kıtasal istifleri ayıran tektonik bir hat olarak tanımlanabilir. İzmit ile Çerkeş arasında Pontid-İçi Kenedi, çok farklı tektono-stratigrafik özellikler gösteren İstanbul ile Sakarya zonlarını birbirinden ayırmaktadır. Buna karşın Trakya'da geniş alanlar Eosen ve daha genç çökeller ile kaplı olduğu için, bu bölgede Ganos Fayı'nın veya Pontid-İçi Kenedi'nin hangi tektonik üniteleri birbirinden ayırdığı açık değildir. Ganos Fayı kuzeyinde Eosen çökelleri altından Istranca Masifi metamorfizmaları, kuzeybatısında Mecidiye-Enez bölgesinde ise fillat-sleyt ile temsil edilen Rodop-Çevresi Zonu'na ait düşük dereceli metamorfik kayalar yüzeyler. Bu kayalar kıtasal kökenli olup, en Geç Jura - en Erken Kretase'de metamorfizma geçirmiştir. Ganos Fayı'nın güneydoğusunda ise muhtemelen Rodop Masifi'ne bağlı Ezine Zonu yer alır. Bu zonda değişik metamorfik kayalar ve ofiyolitli melanj yüzeyler. Metamorfik kayalar arasında Geç Kretase'de (64 – 84 My) eklojit/mavişist fasiyesinde başkalaşım geçirmiş Çamlıca/Kemer metamorfizmaları önemli yer tutar. Kazdağ çekirdek kompleksi üst levhasında yüzeyleyen ofiyolitli melanj içinde de Geç Kretase yaşlı eklojitler tanımlanmıştır. Ganos Fayı boyunca mostra veren ofiyolitli melanjlar, Kazdağ ofiyolitli melanjlarının devamını teşkil eder. Yukarıda tanımlandığı gibi, Kazdağ ile Ganos Fayı arasındaki bölgede Geç Kretase'de bir okyanusun varlığına ve onun dalma-batmasına ait bol jeolojik veri vardır. Bu okyanus bugünkü konumları ile Sakarya Zonu ile Rodop Masifi'ni birbirinden ayırmış, ve Geç Kretase'de muhtemelen kuzeye, Rodopların altına doğru dalmıştır. Bu tektonik çatı altında Pontid-İçi Kenedi'ni Trakya'dan ziyade Biga Yarımadası'nın ortasından, Kazdağ'ın kuzeybatısından geçirmek en doğru yaklaşımdır.

Çerkeş ile İzmit arasındaki bölgeden farklı olarak, Trakya'da Kuzey Anadolu Fayı Pontid-İçi Kenedi ile çakışmamaktadır. Trakya'da Kuzey Anadolu Fayı boyunca yüzeyleyen ofiyolitli melanj ve mavişistler, Biga Yarımadası'nda yüzeyleyen benzerlerinin devamıdır. Pontid-İçi Kenedi Biga Yarımadası'nın ortasından geçmekte, ve Sakarya Zonu'nun batı sınırını tanımlamaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Ganos Fayı, Pontid-İçi Kenedi, Kuzey Anadolu Fayı, mavişist, eklojit

**Abstract:** The Cretaceous Intra-Pontide Suture forms the boundary between the Istanbul and Sakarya zones in the region between İzmit and Çerkeş; in this region the North Anatolian Fault, which is a post Late-Miocene structure with an estimated total offset of 80-90 km, follows the Intra-Pontide Suture zone. The westward extension of the Intra-Pontide Suture and its relation to the North Anatolian Fault is more problematic. Small slivers of ophiolitic mélangé and blueschists with ca. 86 Ma phengite Ar-Ar ages, crop out along the Ganos segment of the North Anatolian Fault in Thrace. These rocks of oceanic origin are commonly regarded as representing the westward trace of the Intra-Pontide Suture.

Suture is defined as a tectonic line between two former continents, which were once separated by an ocean. In the region between İzmit and Çerkeş, the Intra-Pontide Suture separates Istanbul and Sakarya zones, which have distinct tectonostratigraphic features. In contrast, it is not clear in Thrace as which tectonic units are separated by the Ganos Fault or the Intra-Pontide Suture. This is partly due to the wide Eocene sedimentary cover. Nevertheless, metamorphic rocks of the Strandja Massif, and slates and phyllites of the Circum-Rhodope zone crop out north and northwest of the Ganos Fault, respectively. These rocks are of continental origin and have undergone regional metamorphism during the latest Jurassic and earliest Cretaceous. Ezine Zone, probably linked to the Rhodope Massif, crops out southeast of the Ganos Fault. Various metamorphic rocks and ophiolitic mélangé crop out in the Ezine Zone. Among the metamorphic rocks Çamlıca/Kemer metamorphic series, which have undergone eclogite to blueschist facies metamorphism during the Late Cretaceous (84-64 Ma) are significant. There are also Upper Cretaceous eclogites in the ophiolitic mélangé, which form the upper plate of the Kazdağ metamorphic complex. The ophiolitic melanges, which crop out along the Ganos Fault in Thrace, constitute an extension of the Kazdağ ophiolitic melanges. As described above, there is ample evidence for the presence and subduction of a Late Cretaceous ocean in the region between Kazdağ and the Ganos Fault. This ocean has separated Sakarya Zone from the Rhodope Massif, and has most probably subducted north under the Rhodopes. Within this tectonic framework, it is appropriate to pass the Intra-Pontide Suture through the middle of the Biga Peninsula northwest of Kazdağ rather than along the Ganos Fault..

Unlike the region between İzmit and Çerkeş, the North Anatolian Fault does not follow the Intra-Pontide Suture in Thrace. The ophiolitic mélangé and blueschists, which crop out along the North Anatolian fault in Thrace, form a continuation of the ophiolitic melanges in the Biga Peninsula. The Intra-Pontide Suture passes through the middle of the Biga Peninsula and defines the northwestern boundary of the Sakarya Zone.

**Keywords:** Ganos Fault, Intra-Pontide Suture, North Anatolian Fault, blueschist, eclogite



## Orta ve Batı Anadolu Kuvaterner Tortullarının İstif Özellikleri

### *Sequential Characteristics of Quaternary Deposits in Central and Western Anatolia, Turkey*

**Nizamettin Kazancı<sup>1,2</sup>, Alper Gürbüz<sup>2,3</sup>, Ayla Bulut-Üstün<sup>4</sup>, Adem Özata<sup>4</sup>,  
Zeynep Ergun<sup>1,2</sup>, Esra Gürbüz<sup>2,5</sup>, O. Cem Özerk<sup>4</sup>, Refahat Osmançelebioğlu<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>Ankara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 06830 Gölbaşı, Ankara

<sup>2</sup>Kuvaterner Araştırma Grubu (KAG), PK.10, 06570 Maltepe, Ankara

<sup>3</sup>Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Niğde

<sup>4</sup>Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etütleri Dairesi, Ankara

<sup>5</sup>Aksaray Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 68100, Aksaray  
(nkazanci@ankara.edu.tr)

**Öz:** Türkiye'deki Kuvaterner tortullarının diğer birimlerle karşılaştırıldığında dikkat çeken özelliği, hem denizel hem karasal ortamlarda çökelmiş olması ve çok farklı fasiyeslerde bulunmasıdır. İlavenen, Türkiye bütününe göre, Kuvaterner tortulları orta ve batı Anadolu'da daha kalın ve yaygın gözlenirler. Bununla beraber istiflerin alt kesimlerinin yüzeyde gözlenebilir kesimleri sınırlıdır ve çoğun üzerleri Meghalayan (Geç Holosen) yaşlı tutturulmamış tortullarla örtülmüştür. Bu nedenle istiflerin stratigrafi durumu ekseri belirsiz kalmış ve haritalarda "Pliyo-Kuvaterner" olarak tanıtılmıştır. Kalınlık ve stratigrafi konusunda bir diğer husus, Gelasien katının, önceki yıllarda Pliyosen'e ait olması (Neojen-Kuvaterner sınırı güncellemesi; Mayıs 2009) ve bu nedenle Kuvaterner tortul kalınlıklarının olduğundan daha az gözükmesidir. Sınırlı sayıda Kuvaterner arazisi ve istifi stratigrafi kurallarına göre adlandırılmıştır (Karapürçek Fm., Marmara Fm., Kale Fm., Dursunlu Fm.). Bu çalışmada, orta ve batı Anadolu'nun belirgin (1/500000 ölçekli haritalarda görülebilen) Kuvaterner sahalarının litoloji, kalınlık ve stratigrafi özellikleri, yüzlek ve sondaj verileri yardımı ile gözden geçirilmiştir. Elde edilen sonuçlar, Kuvaterner istiflerindeki kalınlık ve stratigrafinin yerel şartlara bağlı olarak geliştiğini ortaya koymaktadır, örneğin, çoğu kez yan yana iki göldeki tortul depolanması farklıdır. Bol fosilli ve sığ su fasiyesindeki denizel tortullar sınırlı alanlarda gözlenir. Önemli yüzlekler Karadeniz'de Kale Fm. (Sinop), Marmara kıyılarında Marmara Fm., Akdeniz'de yalıtışları (Alanya, Mersin, Samandağ, Hatay) olarak görünür. Marmara Fm. 170 m kalınlığı ile en dikkati çeken denizel birimdir. Bu tür birimlerin ekserisi Orta?-Geç Pleyistosen yaşındadır. Denizel fasiyesin diğer grubu deltalar, Karadeniz ve Akdeniz'de daha çok östatik, Marmara ve Ege'de ise tektonik kökenli su seviyesi değişimlerini işaret eden delta kompleksleri şeklinde gelişmişlerdir. Bunun sonucu olarak deltalar ile onları besleyen akarsuları taşıyan grabenlerin tortul varlığı uyumlu değildir. Örneğin Büyük Menderes Deltası'nın çökel kalınlığı 110 m iken, Büyük Menderes Grabeni Kuvaterner çökelleri 250 m'yi bulmaktadır. Kocasu deltası 50 m kalınlıkta istif prizması iken, gerisindeki karasal çökellerin kalınlığı 15-20 m kadardır. Seyhan-Ceyhan deltasının üzerini örttüğü Kuranşa Fm. 1200 metreye varan kalınlığı ile istisna durumundadır ve alt sınırının Pliyosen'e inebileceği düşünülmektedir.



Kalınlık itibarıyla karasal fasiyesteki Kuvaterner tortullarının büyük bölümü alüvyon yelpazesi, daha azı akarsu, traverten, bataklık, tatlı ve tuzlu göl çökelleridir. Göreceli kalın istifler tektonik bakımdan aktif havzalarda olup, buradaki litofasiyeler birbirleri ile yanal ve düşey yönlerde oldukça çeşitlidir. İzmit-Adapazarı havzasında 250 m (Karapürçek Fm. + Sakarya nehri taraçaları), Akarçay havzasında 200 m, Denizli havzasında 150 m, Suğla Gölü'nde 130 m, Tuzgölü havzasında 110 m istif kalınlıkları tespit edilmiştir. Bazı geniş Kuvaterner sahalarında (örneğin Ulubat-Manyas çöküntüsü, Bafra Ovası, Balıkesir düzlüğü, Çarşamba Ovası) ise Kuvaterner kalınlıkları genellikle 50 m'den azdır. Akarçay ve Denizli havzası çökelleri ile Kuranşa Fm. dışındaki Kuvaterner birimleri Neojen üzerine açılı uyumsuzlukla otururlar ve genellikle Orta-Geç Pleyistosen'den günümüze kadar olan zaman aralığında oluşmuşlardır. Radyometrik yaşlandırmalar ve omurgalı fosilleri ile belirlenen durum, Anadolu'nun Geç Pliyosen-Orta(?) Pleyistosen arasında genel bir çökmezlik ve/veya hızlı aşınım dönemi geçirdiğinin işaretidir. Jeoloji haritalarında görülen Kuvaterner birimlerinin büyük çoğunluğu Geç Pleyistosen-Holosen yaşındadır. 0-750 metre arası kotlarda geniş yayımlı Pliyosen yaşlı göl çökellerinin varlığı da dikkate alınarak, orta ve batı Anadolu'daki genç topografyanın bu aşınım döneminde, tektonizmanın eşliğinde geliştiği ortaya çıkmaktadır. Çalışmanın bundan sonraki bölümlerinde stratigrafi, kalınlık ve fasiye denestirmeleri yapılacaktır.

**Anahtar Kelimeler:** Kuvaterner, stratigrafi, Meghalayan, çök kalınlığı, Geç Pleyistosen.

**Abstract:** The prominent characteristics of Quaternary deposits in Turkey are that they have been formed in various facies both in marine and continental environments with respect to older formations. In addition, they are more visible and thicker in central and western Anatolia, when considering the whole country. However, exposures of Pleistocene deposits are limited and they have been usually covered by unconsolidated deposits of Meghalayan (Late Holocene). Thus, stratigraphic limits of Quaternary sequences are generally unclear and they were mainly described as "Plio-Quaternary" in the geological maps. The other uncertainty on stratigraphy is sourced from thickness as the Gelasian stage belonged to Pliocene earlier (the Quaternary boundary expanded to 2.62 Ma in 2009), consequently Quaternary units have been shown relatively thin in maps older than 2010. Surprisingly, only few Quaternary units have been named according to present stratigraphic rules (they are Karapürçek Fm, Marmara Fm, Kale Fm, Dursunlu Fm and a few more). This study presents the lithology, thickness and stratigraphy of the significant units of Quaternary (visible in maps at scale of 1/500000) based on drilling cores and fieldworks. The obtained results indicate that lithofacies and thickness depend on local depositional circumstances, i.e they could be different in two adjacent lake basins. Fossil-rich, shallow marine lithofacies of Quaternary are found in limited areas. Important exposures are Kale Fm (Sinop; in the southern coasts of Black Sea), Marmara Fm in the coastal zone of the Sea of Marmara and Mediterranean beach rocks along coastal zones of Alanya, Mersin, Samandağ of Hatay. Marmara Fm. is the most remarkable marine unit with a thickness of 170 m. These are generally in Middle?-Late Pleistocene in age. The other marine facies are delta complexes controlled by predominantly eustatic sea-level changes in the Black Sea, but tectonic in the Sea of Marmara and Aegean Sea. Probably, a result of tectonic control sediment piles in deltas and grabens in where rivers carried sediments to the deltas are not in

equilibrium. For example, Quaternary sediment thickness is 110 m in the Büyük Menderes Delta, but 250 m in the Büyük Menderes Graben. The Kocasu delta includes a sediment prism of 50 m but continental deposits behind it are 15-20 m only. The Kuraşa Fm. covered by the Seyhan-Ceyhan delta is an exception with its sediment thickness over 1200 m. It is possible that lower boundary of the formation remained in Pliocene.

From thickness point of view, majority of the continental Quaternary units have been formed in alluvial fan environments, others are in rivers, swamps, lakes with fresh or brakish water and travertines. However, relatively thick units are found in seismically active basins in where different lithofacies were in close relations each other laterally and vertically. Quaternary sediment thickness is 250 m in the İzmit-Adapazarı basin (Karapürçek Fm. + Sakarya River's fluvial terraces), 200 m in the Akarçay basin, 150 m in the Denizli basin, 130 m, in Lake Suğla basin and 110 m in the Tuzgölü basin. On the other hand, in some vast depositional areas, sediment thickness is generally less than 50 m (i.e., Ulubat-Manyas depression, Bafra plain, Çarşamba plain, Balıkesir plain). Except for deposits in Akarçay and Denizli basins and Kuraşa Fm., Quaternary units rest on the Neogene with angular unconformities and they have been formed in a time span generally from Late Pleistocene to Recent. The stratigraphy based on radiometric datings and vertebrate fossils suggests that Anatolia was subjected to a non-depositional and/or erosional period between the Late Pliocene and Middle(?) Pleistocene. Subsequently Quaternary in the Turkish geological maps covers the time Late Pleistocene-Holocene. Together with consideration of Pliocene sediments at 0-750 m altitudes, it is possible to say that the fresh topography of central and western Anatolia have been formed during the non-depositional period by driving of active tectonics. In further parts of this study, stratigraphy, thickness and lithofacies correlations will be done.

**Keywords:** Quaternary, stratigraphy, Meghalayan, sediment thickness, Late Pleistocene.



## Batı Anadolu'da Neotektonik Dönem Karasal Formasyonların Paleocoğrafik Değerlendirmesi

### *Paleogeographical Interpretation of Terrestrial Formations In Western Anatolia In the Neotectonic Period*

**İlhan Kayan**

*Ege Üniversitesi Coğrafya Bölümü (Emekli Öğretim Üyesi)*  
([ilhan.kayan@ege.edu.tr](mailto:ilhan.kayan@ege.edu.tr))

**Öz:** Batı Anadolu'da Miyosen ve sonrası sedimantasyon havzalarının gelişiminde, bölgesel-yerel farklılıklar olmakla birlikte, ortak paleocoğrafik özellikler bulunmaktadır. Neotektonik evrenin erken dönemlerinde, volkanizmanın da katılımıyla oluşan geniş havzalar, Orta-Üst Miyosen'in nemli iklim koşullarında, göllerle kaplanmış, genellikle açık renkli, karbonatlı-kırıntılı sedimanların birikme alanları olmuştur. Bu uzun sedimantasyon dönemi, hemen her yerde göllerin kuruması ve yüzeyin kırmızımsı kahverengi sel depoları ile kaplanmasıyla son bulmuştur. Geniş alanlar kaplayan bu örtü, kurak iklim özellikleri ile bilinen Miyosen sonu-Messiniyen dönemi paleocoğrafyasına uymaktadır. Pliyosen, Messiniyen neotektonik hareketliliği ile oluşan yeni karasal havzalarda, kurak-yarı kurak nitelik kazanan iklim koşullarında, genellikle sığ göllerde ve bunların çevrelerindeki alüvyon yelpazelerinde biriken karasal sedimanlarla temsil edilmektedir. Neojen havzalarını dolduran tüm sedimanların yüzeyindeki güncel drenaj sistemi, Pliyosen'de giderek daha nemli-yarı kurak nitelik kazanan iklim koşullarında kurulmaya başlamıştır. Kuvaterner ise fluvial süreçlerin daha etkin olduğu dönemdir. Bu dönemde drenaj sisteminin derine gömülmesinde ve karmaşık akarsu sekilerinin oluşumunda geç dönem neotektonik hareketlerin payı büyüktür. Öte yandan, genellikle Pliyosen havzaları içinde oluşan, en yeni tektonik çukurlaşma alanlarının tabanlarında geniş alüvyal düzlükler şekillenmiştir. Bu süreçte Messiniyen karasal örtüden taşıyıp Pliyosen havzalarında, bunlardan aşım taşıyarak daha yeni alüvyon yelpazelerinde biriken kırmızımsı karasal depo veya örtülerin kronolojik değerlendirilmesinde yanımlar olabilmektedir. Örneğin, Miyosen havza tabanlarında akarsularla yarılarak plato görünümü kazanan sırt veya yüzeylerdeki (plato kıranları) Messiniyen kırmızımsı karasal örtü, birçok yerde Kuvaterner, hatta Holosen alüvyon yelpazeleri olarak nitelenebilmektedir. Oysa, böyle bir örtünün akarsularla yarılmış yüksek yüzeylerde Kuvaterner'de oluşması-birikmesi mümkün olamayacağı gibi, bunların Kuvaterner'e tarihlenmesi durumunda akarsu morfolojisinin gelişmesine de zaman kalmayacaktır. Sunumda bu konuda, başta Karacasu (Afrodisias çevresi) ve Biga Yarımadası (Troya çevresi) olmak üzere, Batı Anadolu'dan seçilmiş örnek alanlar üzerinde görsel verilerden yararlanılarak değerlendirmeler yapılacaktır.

**Anahtar Kelimeler:** Batı Anadolu, Karacasu, karasal formasyonlar, neotektonik, paleocoğrafya, Troya.

**Abstract:** Although there are regional-local differences in the development of Miocene and post-Miocene sedimentation basins in western Anatolia, there are common paleogeographical

features. In the early stages of the neotectonic phase, by the participation of severe volcanism, extensive basins formed and covered by lakes in the humid climatic conditions of the Middle-Upper Miocene. They have been the depositional environments of generally light coloured, carbonated-clastic sediments. This period ended by desiccation of the lakes, and the surface covered with reddish brown flood deposits almost everywhere. This terrestrial cover corresponds to the end of the Miocene-Messinian period palaeogeography known for its arid climate conditions. The Pliocene is represented by generally terrestrial sediments deposited in the new basins which had formed severe tectonic activity in the Messinian. In the Pliocene, sediments deposited in shallow lakes and alluvial fans around them in semi-arid climatic conditions. The present drainage system started to establish on the surface of all sedimentary formations of the Neogene which occurred under gradually becoming more humid-semi arid climatic conditions towards the end of Pliocene. Quaternary is the period of fluvial processes. The later periods of neotectonic activity are more responsible for the incision of the drainage, and formation of complicated river terrace systems. In the Quaternary, also wide alluvial plains formed on the bottom of the youngest tectonic depressions which generally formed in the Pliocene basins. During this development, reddish brown terrestrial deposits eroded, washed down and deposited in younger basins continuously, as follows from Messinian basins to Pliocene, from Pliocene basins to alluvial depressions. Therefore, inaccurate interpretations are quite often on the chronological identifications of surficial terrestrial covers. For example, the Messinian reddish-brown terrestrial deposits, covering the upper surface of the Miocene basins which are dissected by rivers and formed as plateau ridges or blocks, are frequently referred to Quaternary, even as Holocene alluvial fans. However, it will not be possible for such a cover to form in the Quaternary on the high surfaces of incised topography, and also there will be no time to develop the present day fluvial morphology if they are dated to the Quaternary. In this presentation, interpretations will be made on this matter using visual data on some sample areas selected from western Anatolia, especially on Karacasu (Aphrodisias) and Biga Peninsula (Troia).

**Keywords:** Karacasu, neotectonic, palaeogeography, terrestrial formations, Troia, Western Anatolia.



## Türk-İran Platosu'nda Aktif Sağ Yanal Transpresyon

### *Active Right-Lateral Transpression in the Turkish-Iranian Plateau*

Alper Gürbüz<sup>1</sup>, Fuat Şaroğlu<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü,  
Niğde

<sup>2</sup>Jeolojik Mirası Koruma Derneği (JEMİRKO), PK. 10, Maltepe, Ankara  
(agurbuz@ohu.edu.tr)

**Öz:** Türk-İran Platosu'nda, Doğu Anadolu, kuzeybatı İran ve Aşağı (Küçük/Güney) Kafkasya bölgeleri Arap ve Avrasya levhaları arasında meydana gelen çarpışma ve izleyen kısalma sonucunda oldukça deforme olmuştur. Bu bölgelerdeki yapısal doku, çeşitli geometrilere gelişmiş çeşitli tektonik yapılar içermektedir. Genel olarak bilindiği üzere, plato üzerindeki fayların, bindirmelerin ve çatlakların genel yönelimleri basit bir K-G kısalmanın ürünleri ile tutarlı görünmektedir. Bununla birlikte, söz konusu tektonik yapıların tarafımızca incelenen geometrik ve kinematik özelliklerinin istatistiksel analizlerine göre, bahsi geçen yapıların niceliklerinin modellerle önemli farklılıklar sundukları açıktır. İstatistiksel olarak, KB-GD doğrultulu sağ-yanal doğrultu atımlı faylar bölgedeki baskın yapıları temsil etmektedir. Sırasıyla, sol yanal doğrultu atımlı faylar, ters fay ve bindirmeler, normal faylar ve açılma çatlakları miktar olarak sağ-yanal doğrultu atımlı fayları izlemektedirler. Ancak, bu yapıların miktarları bölgedeki sağ yanallara göre ciddi ölçüde düşüktür. Türk-İran Platosu'nun bahsi geçen bölgelerindeki depremlerin mevcut odak mekanizma çözümleri de, son yüzyılda sağ-yanal doğrultu atımlı faylar ile ters fayların/bindirmelerin yüksek olan niceliklerini sismolojik olarak desteklemektedir. Bu nedenlerle, Türk-İran Platosu'nun ilgili bölgelerindeki deformasyonun Arap ve Avrasya levhaları arasında genel olarak önerilen basit bir K-G doğrultulu sıkışmadan biraz daha farklı gelişmiş olduğu düşünülmektedir. Burada, bahsi geçen yapısal dokunun daha kuzeybatıya doğru bir eksenle meydana gelmiş oblik çarpışma ve izleyen oblik sıkışma nedeniyle gelişmiş geniş bir sağ yanallı transpresyonel makaslamanın ürünü olabileceği ifade edilmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Oblik çarpışma, transpresyon, sağ-yanallı makaslama, dağılmış deformasyon.

**Abstract:** In the Turkish-Iranian Plateau, East Anatolia, northwestern Iran and Lesser Caucasus regions highly have deformed as a result of collision and shortening between the Arabian and Eurasian plates. The structural pattern in these regions includes various tectonic structures in various geometries. General trends of the faults, thrusts, and fissures in the plateau region seem to be consistent with the products of a simply N-S-shortening. However, according to the statistical analyses of the mentioned tectonic structures based on their geometric and kinematic characteristics, it is clear that the amounts of the mentioned structures not in an equilibrium. The NW-SE-trending right-lateral strike-slip faults represent the prominent structures. Statistically, left-lateral strike-slip faults, reverse faults and thrusts, and normal faults and fissures

follow the right-lateral strike-slip faults, respectively. However, the quantity of these structures is seriously low with respect to right-lateral faulting in the region. Existing focal mechanism solutions of earthquakes in this part of the Turkish-Iranian Plateau also support the higher activity of right-lateral strike-slip faults and thrust/reverse faults during the last century. Thus, it is suggested here that this region represents a broad right-lateral transpressional shear zone developed because of a more northwestwardly shortening direction between the Arabian and Eurasian Plates than the generally suggested N-S-directed shortening.

**Keywords:** Oblique collision, transpression, right-lateral shear, distributed deformation.





## Gökova Körfezi Kıyılarında Kosismik ve Paleosismik Kıyı Çizgisi Yükselimleri

### *Coseismic and Paleoseismic Shoreline Uplift Along the Coasts of Gökova Bay*

**Cengiz Yıldırım<sup>1</sup>, Murat Ersen Aksoy<sup>2</sup>, Orkan Özcan<sup>1</sup>, Peter Salvatore<sup>3</sup>,  
Mehmet İşiler<sup>4</sup>, Volkan Özbey<sup>4</sup>, Attila Çiner<sup>1</sup>, Mehmet Akif Sarıkaya<sup>1</sup>,  
Turhan Doğan<sup>5</sup>, Erhan İlkmen<sup>5</sup>**

<sup>1</sup>*İstanbul Teknik Üniversitesi Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü,*

<sup>2</sup>*Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü*

<sup>3</sup>*Yeşilköy Mah. Halkalı Cad. No:51. D.3. Yeşilköy-İstanbul*

<sup>4</sup>*İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi Geomatik Bölümü*

<sup>5</sup>*TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi Yer ve Deniz Bilimleri Enstitüsü*

([cyildirim@itu.edu.tr](mailto:cyildirim@itu.edu.tr))

**Öz:** Gökova Körfezi, Batı Anadolu'da deprenselliğin en yüksek olduğu alanlardan biridir. Gerek tarihsel gerekse aletsel dönemlerdeki kayıtlar körfez tabanında yoğun bir deprem aktivitesinin varlığını göstermektedir. Bu aktivitenin en son örneği 21 Temmuz 2017 tarihinde büyüklüğü Mw:6,6 olan Bodrum Depremidir. Körfez'de deniz tabanını şekillendiren faylar büyük ölçüde bunların paleosismolojisi hakkındaki bilgilerimiz sınırlıdır. Bu çalışmada özellikle körfez kıyısında deformasyon meydana getirmiş büyük depremlerin paleosismolojisini araştırma amaçlı olarak Gökova Körfezi'nin güney ve kuzey kıyıları boyunca depremlerle eş zamanlı olarak yükselmiş gelgit-çentikleri araştırılmıştır. Gelgit-çentikleri, denizlerin kıyı şeridinde, dalgaların kayalıklara çarptığı yerde görülen "C" şeklindeki oyuntulardır. Denizdeki gel-git hareketleri ve bu zondaki biyolojik faaliyetlerin kayacı oyması neticesinde oluşmaktadır ve bunların en iç kısmı uzun dönem ortalama deniz seviyesini göstermektedir. Depremlerle kıyı şeridinde düşey (alçalma ya da yükselme) hareketler meydana gelmesi durumunda bu çentikler kosismik deformasyonun güvenilir jeomorfik belirteçleri haline gelmektedir. Örneğin, deniz içindeki normal faylarda meydana gelen büyük depremler göreceli deniz seviyesi değişimine yani karanın yükselmesine neden olur. Bu nedenle günümüz ortalama deniz seviyesine göre daha yüksekte yer alan gel-git çentiklerini doğrudan kosismik yada paleosismik olaylarla ilişkilendirmek mümkündür. Bunların yüksekliklerini ve yaşlarını kullanılarak depremleri tarihlendirmek, tekrarlanma aralıklarını ve kayma hızlarını belirlemek mümkündür. Bu amaçla, ilk olarak 21 Temmuz 2017 Bodrum Depremi ile ilgili olarak Karaada ve çevresinde daha sonra ise Gökova Körfezi'nin kuzey ve güney kıyıları boyunca denizden tarama yapılmıştır. Güney kıyılarda güncel deniz seviyesinden yaklaşık 20 cm ile 100 cm arası yüksekliklerde en az 3, kuzey kıyılarda ise güncel deniz seviyesinden 20 cm ile 170 cm arası yükseklikte en az 5 gel-git çentiği bulunmuştur. Bu çentiklerin her biri 20 ila 27 cm'lik kosismik atıma sahip depremlerle ilişkilendirilmiştir. Seviyelerin yaşlandırılması amacıyla her seviyeden kavkı örnekleri araştırılmış, ancak çok sınırlı sayıda örnek toplanabilmiştir. Bu örneklerde yapılan radyokarbon <sup>14</sup>C analizleri Ören-Akbük arasındaki çentiklerden denizden yaklaşık 1 m yukarı-

da olan çentiğin G.Ö. 2314±32 yılındaki bir depremde yüzelelendiği Karaada'nın kuzeyinde bulunan deniz seviyesinden 80 cm yüksekte bulunan fan-deltanın ise G.Ö. 2800±30 yılındaki bir depremle yükseldiğini ortaya koymaktadır. Buna rağmen yükselmiş gelgit-çentiklerinin varlığı Gökova Körfezi'nin gerek kuzey gerekse güney kıyılarında belirgin bir şekilde yükselime neden olacak kadar büyük depremler üretecek ve kıyıya çok yakın denizaltı faylarının varlığını ortaya koymaktadır. Bu durum bölgesel sismik tehlike analizlerinde denizaltı faylarının da dikkate alınması gerekliliğini ortaya koymaktadır. Bu proje TÜBİTAK 1002 Hızlı Destek Programı (Proje NO: 118Y116) ve İstanbul Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Proje No: TGA-2018-41184 tarafından desteklenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Gökova körfezi, gelgit-çentikleri, kosismik, paleosismik, yükselim

**Abstract:** Gökova Bay is one of the most seismically active regions in the western Anatolia. Either historical or instrumental periods records reveal the presence of an intense seismic activity in the sea floor of the bay. The latest example of this activity is 21 July 2017 Bodrum (Mw:6.6) Earthquake. Our knowledge about paleoseismology of the large faults that shaped the sea floor of the bay is very limited. In this contribution, the coseismically uplifted tidal notches (or wave-cut notches) were used for paleoseismological purposes. We measured their elevation with respect to modern sea-level and strived to date by using the mortality of organisms that live within the littoral zone. Tidal notches are "C" shape landforms developed associated with tides and bio-erosion within the bedrocks (preferably carbonates). The deepest part of them indicate mean sea-level and provide a useful datum for us when they were uplifted because of coseismic displacements. We carried out a boat trip along coasts of the whole bay. We found at least 3 tidal notches which are 20 cm to 120 cm higher than modern sea level along the southern coasts and at least 5 tidal notches which are 20 cm to 170 cm higher than modern sea level along the northern coasts. Unfortunately, these notches are very poor in terms of samples for <sup>14</sup>C dating, therefore, it is impossible to provide dates of those paleoearthquakes responsible for coastal uplift. Nevertheless, we provide evidence of the presence of coseismically uplifted shorelines along the Turkish coasts of the Aegean Sea for the first time and presence of active faults very close to the shoreline and capable to produce large earthquakes and might be important for the regional seismic hazard. This project is supported by TUBİTAK 1002 Program (Project No: 118Y116) and Istanbul Technical University Research Fund (Project No. TGA-2018-411184).

**Keywords:** Gökova bay, tidal-notches, coseismic, paleoseismic, uplift



**ANTROPOSEN VE ANTROPOJENİK KİRLİLİK/  
ANTHROPOCENE AND ANTHROPOGENIC POLLUTION**

Mustafa ERGİN - Nuray ÇAĞLAR-Deniz ŞANLIYÜKSEL YÜCEL - Ökmen SÜMER

---

**Sözlü Sunumlar/*Oral Presentations***

**ÖZ/ABSTRACT**





## Türkiye’de Antroposen Gerçeği

### *Anthropocene Truth in Turkey*

**Arman Tekin**

*Ekoloji ve Evrim Bölümü, Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü, İstanbul Teknik Üniversitesi,  
Maslak Sarıyer, 34469, İstanbul/TURKEY*

*tekinar@itu.edu.tr*

**Öz:** İnsanlığın dünya üzerindeki etkisi, diğer bir deyişle, insan ile doğa arasındaki ilişki Paleolitik Çağ’dan bugüne değin karşılıklı bir etkileşim halinde devam etmektedir. Ancak sanayi devrimi süreci, insan temelli bir doğa anlayışını beraberinde getirmiş ve bu noktada insan, doğal düzeni olumsuz yönde en çok etkileyen canlı olmuştur. Buna bağlı olarak Antonio Stoppani (1873) ve Alexei Pavlov (1922) isimli bilim insanlarının öncülüğünde “Antroposen” kavramının temelleri atılmıştır. Bu temeller doğrultusunda 2000 yılında Paul J. Crutzen ve Eugene F. Stoemer bu kavramın bilim dünyasında tanınır olmasını sağlamıştır. Antroposen kavramına yönelik yapılan tüm tanımlar, genel itibariyle insanın yaşadığı dünya üzerinde hâkimiyet kurması ve bu hâkimiyetin zamanla artış göstererek kaydedeğer iklimsel değişimlere neden olması gerçeğini içinde barındırmaktadır.

Bu araştırmanın amacı, öncelikli olarak Antroposen’in bir çağ olarak tanımlamasının doğruluğunu Türkiye özelinde değerlendirmek ve bu doğrultuda birtakım somut çıkarımlar elde etmektir. Elde edilen veriler ışığında ise Türkiye’deki Antroposen ile ilgili yapılan çıkarımlar dünya genelindeki diğer ülkelerden alınan Antroposen’in varlığına ilişkin verilerle karşılaştırılacaktır. Böylece Antroposen’in yaşanmasında hangi ortak ve farklı değişkenlerin etkili olduğu anlaşılacaktır. Antroposen ile ilişkili güncel ve potansiyel sorunların tespit edilmesi sonrasında ise günümüzde antropojenik etkilere karşı uygulanan çözümlerin yeterliliği üzerinde durulacaktır.

**Anahtar Kelimeler:** Antroposen Çağı, antropojenik etkiler, küresel çevre, Türkiye

**Abstract:** Effect of human being on the world, in other words, relationship between humanity and nature has been continuing within mutual interaction from the Paleolithic Age to the present. However, industry revolution process brought with human-based manner for the nature and human being became most prejudicial specie for the nature in all living creatures of the world. Consequently, scientists who called Antonio Stoppani (1873) and Alexei Pavlov (1922) founded “Anthropocene” concept. Then, in 2000, Paul J. Crutzen and Eugene F. Stoemer contributed to this approach with making known it by science World. All definitions made for “Anthropocene” concept generally contain the truth of domination the world by human being and cause of significant climatic changes due to rise of this dominance.

The purpose of this study is to primarily evaluate the verification of the “Anthropocene” definition with regard to Turkey and get some substantial inferences in that point. In the light of the



information, inferences about the process of Anthropocene in Turkey will be compared with proofs of Anthropocene Era in other countries of the world. Thereby, it will be understood which common and different factors are effective to occur in Anthropocene Era. After recent and potential problems associated with Anthropocene Era is determined, sufficiency of solutions against for anthropogenic factors will be put emphasis on.

**Keywords:** Anthropocene Era, anthropogenic factors, global environment, Turkey



## Pertek (Tunceli) Jeotermal Alanının Antropojenik Kirliliğinin Değerlendirmesi

*Anthropogenic Pollution Assessment of Pertek (Tunceli) Geothermal Field*

**Tuğbanur Özen Balaban<sup>1</sup>, Özlem Öztekin Okan<sup>2</sup>, Taylan Sançar<sup>3</sup>,  
Ayten Öztüfekçi Önal<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>*İzmir Katip Çelebi Üniversitesi, Merkezi Araştırma Laboratuvarları Uyg. ve Araş. Merkezi, İzmir*

<sup>2</sup>*Fırat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Elazığ*

<sup>3</sup>*Munzur Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Tunceli  
(tugbanur.ozen.balaban@ikc.edu.tr)*

**Öz:** Çalışma alanı, Doğu Anadolu'daki Tunceli ilinin Pertek ilçesinde bulunmaktadır. İnceleme alanının jeolojisi, Doğu Torosların jeodinamik evrimi içinde çok önemli bir rol oynamaktadır. Çalışma alanındaki jeolojik formasyonlar yaşlıdan gence doğru, Paleozoik Keban Metamorfittleri, Üst Kretase Harami Formasyonu, Orta-Üst Eosen Kırkgeçit Formasyonu, Üst Miyosen Karabakır Formasyonu, Kuvaterner yaşlı alüvyondur. Çalışma alanında yüzlek veren birimler, litolojik, yapısal ve hidrojeolojik özelliklerine göre üç ana başlık altında ele alınmıştır. Çalışma alanının temelini oluşturan Keban Metamorfittleri içinde yer alan kireçtaşı, mermer, dolomitik mermer seviyeleri oldukça kırılmalı ve karstlaşmış olmaları nedeniyle termal suların rezervuar kayaçlarıdır. Kırkgeçit ve Karabakır formasyonları geçirimsiz özellikleri ile jeotermal alanın örtü kayaları olarak ortaya çıkmaktadır. Keban metamorfittleri içerisindeki kireçtaşı birimlerinin bazı seviyeleri tatlı suların akiferidirler. Alüvyon, soğuk yeraltı suyu üretimi için en önemli ve uygun birimdir. Çalışma alanında güneybatıdan kuzey doğuya doğru dereler ve akarsular Keban Baraj Gölü'ne doğru akmaktadır. Göl, hidroelektrik enerji üretimi, taşkın kontrolü ve sulama açısından bölgede oldukça önemlidir.

Termal ve maden suları genellikle yüksek mineral içeriğine sahip olmaları nedeniyle, yüzey ve yeraltı suları ile boşaldıkları alanlardaki tortullarda kirlenmeye neden olabilmektedirler. Bölgenin su kaynaklarının içme ve sulama amaçlı kullanılması nedeniyle, bu çalışmanın özünde suların kalitesi değerlendirmiştir. Bu sebeple, kirlenmenin ölçümünü göstermek için su ve sediment numuneleri bor, arsenik ve diğer kirlenme maddeleri (Pb, Fe, Sb, Sn ve Hg) için analiz edilmiştir. Su örneklerinin analizinden elde edilen sonuçlar, bazı örneklerde B, As ve Pb konsantrasyonlarının TSE içme suyu standartları sınır değerlerini aştığını göstermektedir (>100 ppb). Fe konsantrasyonu 2,16 ppm, Hg ve Sb konsantrasyonları ise 0,05 ppm'dir. Ayrıca Singeç deresinde bulunan kaplıcalara toplanan tortul örneklerinden bazıları, B, As, Sb, Hg ve Pb gibi jeotermal akışkanlardan kaynaklanan diğer kirlenme maddeleriyle kirlenmiştir. Bu çalışmada, Pertek jeotermal sahasında ve etrafındaki alanda bulunan sediment ve sulara, jeotermal faaliyetlerden kaynaklanan B, As ve diğer kirlenme maddelerinin (Pb, Fe, Sb, Sn ve Hg) mevcudiyetinin jeokimyasal değerlendirmeleri tartışılarak, bölgedeki antropojenik kirlilik değerlendirilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Pertek, jeotermal, jeokimya, antropojenik kirlilik

**Abstract:** The study area is located in Pertek town of Tunceli city in Eastern Anatolia. The geology of the study area is very important for the geodynamic evolution of the Eastern Taurus. Geological formations in the study area are Palaeozoic Keban metamorphites, Upper Cretaceous Harami formation, Middle-Upper Eocene Kırkgeçit formation, Upper Miocene Karabakır formation, Quaternary alluvium, from the oldest to the youngest, respectively. Hydrogeological units were divided into the three units in accordance with lithological, structural and hydrogeological properties. The basement of the study area, sandstone, marbles and dolomitic marbles within the Keban metamorphic rocks are highly fractured and karstified as main reservoir in particular thermal waters on the location. Kırkgeçit and Karabakır formations occur as the barrier rocks of the geothermal area with their impermeable properties. Some levels of limestone units within Keban metamorphics are aquifers of freshwater. Alluvium is the most important and suitable unit for cold groundwater production. In the study area, streams and rivers flow from southwest to north east towards Keban Dam Lake. The lake is very important in the region from the point of hydroelectric power production, flood control and irrigation.

The thermal and mineral waters generally have high mineral contents. When they are discharged onto the ground surface, they can cause contamination in surface water, in ground water, and in soil. Because of the fact that the water resources of the region are used for drinking and irrigational purposes, the quality of waters is evaluated in the substance of this study. For this reason, the water and sediment samples were analyzed for their boron, arsenic and other contaminant (Pb, Fe, Sb, Sn and Hg) substances to depict the measurement of the contamination. The results acquired from the analysis of the water samples suggest that concentrations of B, As and Pb in some of the samples exceed the limits of TSE drinking-water standards (>100 ppb). Fe concentration is 2.16 ppm, Hg and Sb concentrations are also 0.05 ppm. Moreover, some of the sediment samples collected to thermal springs in Singeç creek is contaminated with B, As, Sb, Hg and Pb and other sourced with geothermal fluids. In this study, the geochemical evaluations of the availability of B, As, and other contaminants (Pb, Fe, Sb, Sn) derived from the geothermal activities within sediment and water in the Pertek geothermal field and surrounded area were discussed.

**Keywords:** Pertek, geothermal, geochemistry, anthropogenic pollution.



## İzmir Körfezi Deniz Kirliliği ve Temizlenme Sorunları

### *Marine Pollution and Cleaning Problems of Izmir Bay*

**Doğan Yaşar, Sezgi Adaloğlu**

*Dokuz Eylül Üniversitesi, Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Enstitüsü*

*dogan.yasar@deu.edu.tr*

**Öz:** İzmir Körfezi’nde deniz kirliliğinin boyutları yüzey sedimanlarında inorganik ve organik jeokimyasal verilerle değerlendirilmiştir. Toplamda 84 örnek üzerinde ve 42 element üzerinde yapılan çalışmalar, İzmir İç Körfezi yüzey sedimanlarının toplam organik karbon ve sülfür ile bağlantılı olarak gelişen Ag, As, Cd, Cr, Cu, Hg, Mo, P, Pb, Sb, Sn, V, ve Zn gibi metaloid/ yarı metal ve ağır metallerce belirgin bir zenginleşme göstermiştir. Bu veriler de İzmir İç Körfezi’nin ağır derecede kirli olduğunu ve denizel çevrede yaşayan canlılara büyük ölçüde risk oluşturduğunu belirtmektedir.

Birkaç küçük bölge dışında İzmir Orta ve Dış Körfezi düşük oranlarda ağır metal zenginleşmesi göstermektedir. Hekim ve Çiçek Adalar’ının doğu kesimlerinde görülen ve Ag, Cd, Hg, Mo, Sb ve Sn yoğunluklarında gözlenen zenginleşmelerin 1976’dan 1990’lı yıllara kadar süren, İzmir İç Körfezi’nin en kirli sedimanlarının tarama ve döküm işlemleri sonucunda oluştuğu düşünülmektedir. Gediz Nehri’nin güncel ağzında görülen ve Cd, Cr, Cu, Hg, Pb ve Zn gibi ağır metallerle belirlenen zenginleşme ise Gediz Nehri’nin drenaj alanındaki büyük sanayileşmeyi yansıtmakta ve bu nehirin Orta Körfez’in önemli antropojenik kaynaklarından biri olduğunu belirtmektedir.

Körfezin temizliği için yapılan ve 2002’li yıllarda devreye giren arıtma tesislerine karşın, yanlış saptamalar nedeni ile kirlilik halen devam etmektedir. Bu sunumda İzmir Körfezi kirliliğinin giderilmesi ile ilgili bilgiler de verilecektir.

**Anahtar Kelimeler:** Deniz kirliliği, Ege Denizi, İzmir Körfezi,

**Abstract:** The extent of marine pollution in Izmir Bay is studied using inorganic and organic geochemical data in surface sediments. The concentrations of 42 elements in 84 samples established that surface sediments in Inner Izmir Bay display significant enrichments in Ag, As, Cd, Cr, Cu, Hg, Mo, P, Pb, Sb, Sn, V, and Zn (metalloids and heavy metals), associated with notably high concentrations of total organic carbon and sulphur. Combined inorganic and organic geochemical data indicated that Inner Izmir Bay surface sediments are extremely polluted and probably pose high risk to the resident marine biological community.

Except for a few small regions, the Outer and Central Izmir Bays show low levels of heavy metal enrichments. Moderate enrichments in Ag, Cd, Hg, Mo, Sb and Sn are observed in surface sediments east of Hekim and Çiçek Islands, probably reflecting the continuous dumping of sediments excavated from the most polluted innermost Izmir Bay between 1976 and 1990. The zone of moderate enrichments in Cd, Cr, Cu, Hg, Pb and Zn south of the present-day mouth

of Gediz River suggests that discharge from this river is one of the major sources of anthropogenic input into the Outer Izmir Bay and probably reflects the large quantities of industrial discharge into Gediz River along its course.

Despite the cleaning facilities that were activated for the cleaning of the Gulf and started in the 2002s, pollution still continues due to incorrect determinations. This presentation will also provide information on the removal of Izmir Bay pollution.

**Keywords:** Sea pollution, Aegean sea, İzmir Bay



## Kuzey Ege Denizi Yüzey Sedimentlerinde PAH Düzeylerinin Belirlenmesi ve Kaynaklarının İrdelenmesi: Gökçeada Örneği

*Determination of PAH Levels and Their Sources in North Aegean Sea Surface Sediments: Gökçeada Case*

**Esra Billur Balcıoğlu**

*İstanbul Üniversitesi, Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsü, Kimyasal Oşinografi  
Anabilim Dalı, Vefa, İstanbul 34134, Türkiye  
(ebillur@istanbul.edu.tr)*

**Öz:** Çalışmanın örnekleme bölgesi olan Gökçeada Kuzey Ege’ de bulunan ve Türkiye’ ye ait olan en büyük adadır. Bu ada gerek konumu itibariyle gerekse iklim koşulları nedeniyle turistik anlamda keşfedilmeye başlanmış ve buna bağlı olarak da burada kirliliğin arttığı yadsınamaz bir gerçek haline gelmiştir. Bölgede daha önce biyolojik verimlilik ve bakteriyolojik kirlilik çalışmalarının yapılmış olmasına rağmen petrol hidrokarbonları dahilinde bulunan polisiklik aromatik hidrokarbonların (PAHs) belirlenmesine yönelik herhangi bir veri bulunmamaktadır. PAH’ lar orman yangınları, fosil yakıtların tam yanmaması (pirolitik) veya tamamen petrol faaliyetleri ve deniz trafiği gibi etkenlerle (petrojenik) denizel ortamda kirlilik oluşturabilmektedir.

PAH düzeylerinin belirlenebilmesi için araştırma materyali olarak kıyısız alandaki yüzey sedimentleri kullanılmıştır. Örnekler Su Bilimleri Fakültesi Gökçeada Deniz Araştırmaları Birimi’ ne ait tekne ile Van Veen Grab Sampler kullanılarak Gökçeada çevresinde 15 ayrı istasyondan 2017 yılında kış, ilkbahar, yaz ve sonbahar olmak üzere 4 mevsimde toplanmıştır. Analize kadar alüminyum folyoda -20°C’ de muhafaza edilen örnekler liyofilizatörde kurutulduktan sonra ekstraksiyona tabi tutulmuş, ardından döner buharlaştırıcıda konsantre hale getirildikten sonra ekstrakte temizleme düzeneğinden (clean-up) geçirilerek Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi’ nde (HPLC) analize alınmıştır.

Tüm örnekleme dönemi boyunca toplam PAH ( $\Sigma_{16}$  PAH) değerleri 26 – 5408,7 ng/g dw aralığında değişmiştir. En yüksek değerlerin adanın kuzeydoğusundaki istasyonlarda bulunması, bu bölgenin adaya feribotla ulaşımın bulunduğu yerlere yakın olmasıyla ilişkilendirilebilir. Ayrıca yüksek değerlerin kış mevsiminde tespit edilmesinin nedeninin, deniz trafiğine ilave olarak ısınma nedeniyle havaya ardından denize karışan emisyonlar olabileceği düşünülmektedir. Çalışmada ayrıca belli PAH oranları kullanılarak kirliliğin köken tayini de yapılmıştır. Buna göre çoğu istasyonda fenantren/antrasen (PHE/AN) oranına göre kirliliğin kaynağı pirolitik bulunurken, benzo(a)antrasen/kriзен (BaA/CHR) oranına göre petrojenik bulunduğundan, bu bölgelerin hem pirolitik hem de petrojenik bir kirliliğin etkisi altında olduğu söylenebilmektedir. PAH kirliliğinin karakterizasyonunda ise içerdiği konsantrasyonlara (ng/g) göre sedimentler düşük (0-100), orta (100-1000), yüksek (1000-5000) ve çok yüksek (>5000) olarak sınıflandırılabilir. Bu bağlamda istasyonların çoğundaki kirlilik “orta” ve “yüksek” sınıfına girerken, kış örneklemeinde bir istasyonun kirlilik sınıfı “çok yüksek” olarak bulunmuştur. Elde edilen tüm değerler bu bölgenin, yoğun deniz trafiğine sahip olan Türk Boğazlar

Sistemi (TBS)' nin çıkışına yakın olması nedeniyle uzun süreli izlenmesi gerektiğini ortaya koymaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Polisiklik aromatic hidrokarbonlar (PAHs), Gökçeada, sediment, kirlilik

**Abstract:** Gökçeada being a sampling area of this study is the largest island of Turkey and located in the Northern Aegean Sea. Due to its location and climatic conditions, this island has started to be explored in terms of tourism and accordingly it has become an undeniable fact that pollution has increased. Although there have been previous studies on biological efficiency and bacteriological pollution in the region, there is no data for the determination of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs). PAHs can be contaminated into the marine environment by forest fires, incomplete combustion of fossil fuels (pyrolytic) or by petroleum activities and marine traffic (petrogenic).

Coastal surface sediments were used as research material In order to determine PAH levels. The samples were collected from 15 different stations around Gökçeada in 4 seasons as winter, spring, summer and autumn in 2017 by using the boat belonging to Istanbul University Gökçeada Marine Research Unit. Samples were subjected to extraction after drying in the lyophilizer, then concentrated on the route evaporator and analyzed by HPLC after the clean-up.

The total PAH ( $\Sigma_{16}$ PAH) values during the entire sampling period ranged from 26 to 5408.7 ng / g dw.

The presence of the highest values at the stations in the Northern East of the island may be related to close location of the area to the island by ferry. In addition, the reason of the high values found in winter season is thought that the emissions due to residential heating in the island. In this study, the origin of the pollution was also determined by using some PAH ratios. In most stations while the origin of pollution is pyrolytic according to the phenanthrene / anthracene (PHE / AN) ratio, petrogenic origins are also found according to benzo (a) anthracene / chrysene (BaA / CHR). This case could be interpreted these regions are under the influence of both pyrolytic and petrogenic pollution. In characterization of PAH pollution, sediments can be classified as low (0-100), medium (100-1000), high (1000-5000) and very high (> 5000) according to the contained concentrations (ng/g). In this context, while the pollution in most of the stations was in the "medium" and "high" class, the pollution class of only one station was found to be "very high" in winter sampling. All values obtained indicate that this region should be monitored for a long time due to its close location to the exit of the Turkish Straits System (TBS) having busy marine traffic.

**Keywords:** Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs), Gökçeada, sediment, pollution





## Baltık Denizi'nde Antropojenik Ağır Metal Kirliliğinin Karot Sedimentlerinde Araştırılması

### *Investigation of Anthropogenic Heavy Metal Pollution in Core Sediments of the Baltic Sea*

**Mustafa Ergin**

*Ankara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Gölbaşı, Ankara 06830, Türkiye*

*(mergin@ankara.edu.tr)*

**Öz:** Baltık Denizi'ni çevreleyen ülkelerden kaynaklanan ağır metal kirliliğinin Almanya'nın Eckernförder (EB) ve Geltinger (GB) Körfezlerinde araştırılması için Almanya'nın R/V SENCKENBERG araştırma gemisi ile takriben 20 m su derinliklerinde ve 2 ve 2,5 metre uzunluklarında iki sediment karotu alınmıştır. Karotlar güvertede 2 cm'lik dilimlere ayrılmış ve Heidelberg Üniversitesi'nde tane boyu, mineralojik (x-ışınları tükme kayaç ve kil mineralojisi), jeokimyasal (toplam organik karbon ve karbonat, Al, Si ve ağır metaller) ve kısmen de Pb-210 tarihlendirme analizlerine tabi tutulmuştur. Analizlerin doğruluğu ve güvenilirliği uluslararası referans örnekler ve yöntemler ile kontrol edilmiştir.

Eckernförder Bucht (EB) sedimentleri killi silt, Geltinger Bucht (GB) sedimentleri ise kil-kumlu silt ağırlıklı balçık çamuru olarak sınıflandırılabilir. Baskın denizel biyogenik kökenli toplam karbonat miktarları her iki karotda da %10'dan azdır. Yüksek organik üretim ve sediment birikim hızı ve suboksik-anoksik ortamsal koşullar nedenleri ile toplam organik karbon değerleri karotlarda oldukça yüksektir (ort. % 5). Sedimentlerin mineralojik bileşimleri (kuvars, feldispar, kalsit, aragonit, illit, smektit, klorit, kaolinit, mika gibi) karotlar boyunca önemli değişimler göstermemektedir. Ana elementler (Si, Al, Fe, Ca, Mg, Ti, K) karotlarda alttan üste doğru oldukça değişmeyen derişim profilleri sergilemektedir ve bu karot boyunca homojen mineral dağılımları ile desteklenmektedir (litojenik/jeojenik faktör). Bazı elementlerin (EB karotunda Mn ve Co gibi) miktarları yukarı doğru azalma eğilimi göstermektedir ki, bu ortamda hakim diyajenetik-jeojenik faktör koşulları ile izah edilebilir. Diğer taraftan; Cu, Pb, Zn, Cd ve Hg miktarları EB karotunda 35 cm ve GB karotunda 25 cm derinliklerden üste doğru sürekli artış sergilemekte ve yüzeyde en yüksek değerlere ulaşmaktadır. Pb-210 tarihlendirme yöntemine göre bu sediment derinliklerinin 1880 A.D. yılına denk geldiği tesbit edilmiştir. Bu 1880 yılı öncesi oluşan sediment derinliklerinin altında ve tabana doğru metal miktarları düşük ve nisbeten salınımsızdır (doğal/jeojenik değerler; natural background). Üstteki 1880 yılı sanayileşme sonrası (antropojenik) ve alttaki 1880 yılı sanayileşme öncesi biriken metal miktarları karşılaştırıldığında; üstte Cu, Pb, Zn, Cd ve Hg seviyelerinin 1,4-15 arasında değişen faktörlerde zenginleştiği görülmektedir. Mikroskopik incelemeler özellikle 0-20 cm sediment derinliklerinde bolca tesbit edilen fosil yakacak (kömür) ve metalik cüruv atıklarının antropojenik etkilerini ortaya koymaktadır. Sonuçta bölgesel ve zamansal değişebilen litojenik-jeojenik, antropojenik ve diyajenetik süreçler Baltık Denizi körfezlerinde ağır metal zenginleşmesine/kirliliğine neden olabilmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Ağır metal, antropojenik, Baltık Denizi, kirlilik, sediment

**Abstract:** Heavy metal pollution derived from the surrounding countries of the Baltic Sea was investigated in the German Bays Eckernförder Bucht (EB) and Geltinger Bucht (GB) and two sediment vibrocores (with 2 and 2,5 meters sediment thicknesses) were obtained onboard the German Research Vessel SENCKENBERG at water depths of about 20 meters. Cores were sliced at 2 cm intervals onboard and analyzed in the Heidelberg University for grain size, mineralogy (x-ray bulk and clay minerals), geochemistry (total organic carbon and carbonate, Al, Si, and heavy metals) and partly for Pb-210 dating. Precision and accuracy of the analytical results were controlled with international reference materials and methods.

Eckernförder Bucht (EB) sediments are dominantly clayey silt whereas Geltinger Bucht (GB) sediments are clayey-sandy silt and both can be classified as schlick mud. The total carbonate contents in both core sediments (less than 10% wt) are mainly derived from marine biogenic remains. High organic production and sedimentation rates as well as suboxic to anoxic depositional conditions are resulted in high total organic carbon contents in sediments (avg. 5%). Mineralogical composition of sediments were made of quartz, feldspars, clay minerals (illite, smectite, kaolinite, chlorite), micas, calcite and aragonite with no significant changes downcore. Major elements (Si, Al, Fe, Ca, Mg, Ti, K) displayed concentration profiles with no significant changes from bottom to top in the cores and this supports homogeneous mineral distributions along the cores (lithogenic/geogenic factor). The concentrations of some elements such as Mn and Co in core EB tend to decrease upcore which can be explained by the prevailing diagenetic-geogenic factor conditions in this bay. On the other hand, the concentrations of Cu, Pb, Zn, Cd and Hg showed continuous increases upward from depths of 35 cm in core EB and 25 cm in core GB and reach their highest values at/near the surface. According to the Pb-dating, sediments from these depths were 1880 AD years old. The pre-1880 AD sediment layers towards the bottom are characterized by their relatively lower and uniform metal concentrations which can simply be referred to as geochemical background (natural, geogenic values). Compared the metal concentrations of above, post-1880 sediment layers deposited beginning with industrialization (anthropogenic) to those below, pre-1880 sediment layers, it seems that the levels of Cu, Pb, Zn, Cd and Hg contents are enriched at or/near surface by factors of between 1,4 and 15. In particularly, microscopic studies of coarser sediment fractions from between 0-20 cm core depths revealed the presence of large amounts of anthropogenic coal and slag particles. As a conclusion; regional and temporal changing lithogenic-geogenic, anthropogenic and diagenetic processes together are considered to be responsible for relatively higher and increasing concentration of some metals in the region.

**Keywords:** Anthropogenic, Baltic Sea, heavy metal, pollution, sediment



## Antroposen Kavramının Tarihsel Gelişimine Yerbilimsel Bir Bakış

### *A Geological Overview on Historical Development of the Anthropocene Concept*

Akın Alak<sup>1</sup>, Ökmen Sümer<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü

(akin.alak@yandex.com)

**Öz:** Jeoloji, kayaçlar üzerinden yalnızca yerkürenin geçmişini araştıran değil aynı zamanda bilimsel veriler ışığında yerküredeki değişimleri gözlemleyen ve çıkarımlarda bulunan temel bir doğa bilimidir. Yerküreyi büyük ölçüde etkilemiş olan neredeyse tüm olaylar aynı zamanda kayaçlar üzerinde de birtakım izler bırakmışlardır. Her geçen gün artan nüfus beraberinde insan faaliyetlerini de yoğunlaştırmaktadır. Bu faaliyetler temel olarak insanların yaşam olanaklarını kolaylaştırma amacı güdüyor olsa bile, çoğu zaman doğa koşulları olumsuz yönde etkilenmektedir. Bu etkiler, insanı doğada yaşayan sıradan bir türün ötesine taşıyarak, küresel çapta, doğanın kendi işleyişi dışında belirleyici gücü olan, katalizör görevinde biyolojik, kimyasal ve jeolojik bir aktör haline getirmiştir.

İnsanın doğa üzerindeki etkisi üzerine yapılan ilk kapsamlı çalışma 1864 yılında George Perkins Marsh'a aittir. Sonrasında ise 1873 yılında İtalyan jeolog Antonio Stoppani insanların dünya ekolojisi üzerinde giderek artan etkisine değinerek, "Antropozoic Era" (İnsan Çağı) terimini ortaya atmıştır. Diğer yandan insanın doğa üzerinde kirlilik bazında yarattığı bu etkiler, 1922 yılında Sovyet jeolog ve paleontolog Alexei Petrovich Pavlov tarafından "Antropojenik etkiler" olarak tanımlanmıştır. 1926'da diğer bir Sovyet jeokimyager Vladimir Ivanovich Vernadsky, Yunanca "nous" (düşünce) ile "sphaira" (katman) kelimelerinden oluşan "noosphere" (noosfer) kavramını ortaya koymuştur. Vladimir Vernadsky, Édouard Le Roy ve Teilhard de Chardin, bu kavramı, insanın beyin gücüyle kendi geleceğini ve çevresini şekillendirmedeki büyüyen rolünü ifade eden bir düşünce dünyası olarak tanımlamıştır. "Antroposen" terimi ise ilk defa 1980'lerde bir biyoloji profesörü olan Eugene F. Stoermer (1934-2012) tarafından kullanılmıştır. Günümüzdeki anlamıyla içinde bulunduğumuz jeolojik seri olan Holosen'in zamansal olarak ayrılması ve yeni bir jeolojik seri olarak Antroposen'e girilmesi gerektiğini ise Nobel ödüllü kimyacı Paul Crutzen ortaya atarak günümüzde bu bilimsel fenomenin gelişmesine katkı sağlamıştır. Bu zamansal ayrımın önerilmesinin ardından, Antroposen'in varlığı ve başlangıcı ile ilgili çalışmalar oldukça yoğunlaşmış ve birçok araştırmacı tarafından tartışılan multidisipliner kapsamda irdelenen bir konu haline gelmiştir.

"Antroposen" teriminin etimolojik kökeni, eski Yunanca'da insan anlamına gelen "άνθρωπος" (antropos) ile yeni anlamına gelen "καινός" (kainos) kelimelerinin birleşiminden oluşmaktadır. Bu tebliğde, özellikle son yıllarda uluslararası stratigrafi komisyonunda da büyük tartışmalara neden olmuş Antroposen kavramının varlığı ve ayrılmasına neden ihtiyaç duyulduğu bilimsel veriler ışığında tartışılacaktır.

**Anahtar Kelimeler:** Antroposen, antropojenik kirlilik, jeolojik zaman

**Abstract:** Geology is a fundamental natural science that investigates not only the history of the rocks and earth but also observes the changes in the earth in the light of scientific data. Almost all events that have greatly influenced the earth have also marked some traces on the rocks. Increasing population with each passing day become intense human activities. Even though these activities are mainly intended to facilitate human living opportunities, nature conditions can often be adversely affected. These effects moves people beyond an ordinary species living in nature and turns biological, chemical and geological actor in the role of catalyst, on a global scale, with a decisive power other than nature functioning.

The first comprehensive study on the impact of human on nature belongs to George Perkins Marsh in 1864. Then in 1873, the Italian geologist Antonio Stoppani introduced the term “Anthropozoic Era” because of the impact of humans on ecology. In addition, the pollution created by human on nature had been described by the Soviet geologist and paleontologist Alexei Petrovich Pavlov as “anthropogenic effect” in 1922. Another Soviet geochemist Vladimir Ivanovich Vernadsky put forward the concept of “noosphere” by using combination with ancient Greek words “nous” (opinion) and “sphaira” (layer), in 1926. Vladimir Vernadsky, Édouard Le Roy and Teilhard de Chardin described this concept as a world of thought, which expresses the growing role of human in brainpower by shaping their future and environment. The term “Anthropocene” was first introduced by Eugene F. Stoermer (1937-2012), a professor of biology, in the 1980’s. In the most general sense, Nobel Prize-winning chemist Paul Crutzen claimed that the Holocene should be separated from Anthropocene with time-boundary as a new geological series and by this way, he contributed development of this scientific phenomenon. After the suggestion of this time-boundary separation, the scientific studies on the existence and beginning of Anthropocene have considerably increased, and it has become a multidisciplinary issue discussed by many researchers.

The etymological origin of the Anthropocene term comes from Greek word meaning human “ανθρωπός” (anthropos) and “καινός” meaning recent/new (kainos). In this presentation, the existence of the Anthropocene concept and why need for its separation, which has also caused great debates in the international stratigraphy commission especially in recent years, will be discussed in the light of scientific fundamental.

**Keywords:** Anthropocene, anthropogenic pollution, geological time



## Antropojenik Kaynaklı Metal Kirliliğinin Gideriminde Klinoptilolit ve Uçucu Kül Adsorbanlarının Karşılaştırılması

### *Comparison of Clinoptilolite and Fly Ash Adsorbents for Removal of Anthropogenic-Sourced Metal Pollution*

Deniz Şanlıyüksel Yücel<sup>1</sup>, Burcu İleri<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü

<sup>2</sup>Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü

(denizsyuksel@comu.edu.tr)

**Öz:** Antropojenik etki ile oluşan asit maden drenajı düşük pH, yüksek konsantrasyonda metal, sülfat, çözünmüş ve askıda katı madde içermektedir. Çanakkale ili sınırları içinde yer alan Çan kömür havzası 1980’li yıllardan beri asit maden drenajı problemi ile karşı karşıya olmakla beraber kömür ocaklarının çevresinde geniş alana yayılmış maden atıkları bulunmaktadır. Tane boyu ince yüksek sülfür içerikli maden atıklarının yüzey alanının artması ile asit maden drenajı oluşum süreçleri hızlanmaktadır. Maden atıklarındaki Al, Fe, Mn ve Pb metalleri Dünya yüzey kayalık ortalama değerinden daha yüksektir. Düşük pH’da (pH < 4) maden atıklarının bünyesindeki metaller yağış vb. meteorolojik koşullar ile yüzey ve yeraltı suyuna karışarak çevresindeki su kaynaklarının ve tarım arazilerinin kirlenmesine sebep olmaktadır. Maden ocaklarının yerleşim yerlerine yakın olması çevresel riskin boyutunu daha da arttırmaktadır. Asit maden drenajı, maden sahası ve çevresinin fiziksel, kimyasal, ekolojik ve biyolojik özelliklerinde tahrip yaratmakta ve meydana gelen çevresel kirliliğin rehabilite edilmesi için uzun süreli ve maliyeti yüksek olan iyileştirme stratejilerinin uygulanması gerekmektedir.

Bu çalışmada, uçucu kül ve klinoptilolit adsorbanlarının Çan kömür havzasında antropojenik etki ile oluşan asit maden drenajının nötralizasyonu ve metal giderimindeki etkisi laboratuvar ölçeğinde karşılaştırılmıştır. Akışkan yataklı termik santral atığı olan uçucu külün CaO içeriği % 13,75, pH değeri 12,22, nötralizasyon potansiyeli 144,45 kgCaCO<sub>3</sub>/t olarak tespit edilmiştir. Uçucu külün mineralojik bileşimi kuvars, anhidrit, kalsit, hematit, plajiyoklas ve aragonitten oluşmaktadır. Düzensiz şekilli, kısmen gözenekli ve nadiren küresel morfolojiye sahip uçucu küllerin tane boyu 1,28 ile 163 µm arasında değişmekte olup, spesifik yüzey alanı 4,05 m<sup>2</sup>/g’dır. Klinoptilolitinin mineralojik bileşimi % 90-95 oranında klinoptilolit ve % 1-5 oranında ise feldspat, montmorillonit ve kristobalit minerallerinden oluşmaktadır. Klinoptilolitinin nötralizasyon potansiyeli 1,87 kgCaCO<sub>3</sub>/t olarak saptanmıştır. Tane boyu 0,52 ile 186 µm arasında değişen klinoptilolitinin pH değeri 8,21, spesifik yüzey alanı 37,28 m<sup>2</sup>/g’dır. Maden atığı-uçucu kül ve maden atığı-klinoptilolitinin optimum karışım oranı kimyasal analiz sonuçları, çamur pH’ı testi ve modifiye asit-baz hesaplama testine göre belirlenmiştir. Belirlenen optimum karışım oranına göre hazırlanan liç testleri ile çözeltinin pH, elektriksel iletkenlik, metal (Al, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn) ve sülfat konsantrasyonundaki değişimler beş günlük periyotlar ile bir ay boyunca oda sıcaklığında izlenmiştir. Her iki adsorban kullanımında zamana bağlı olarak çözeltinin pH değerinde artma, elektriksel iletkenlik, metal ve sülfat konsantrasyonunda ise azalma tespit edilmiştir. Fakat yüksek nötralizasyon potansiyeline sahip olan uçucu külün klinoptilolite göre düşük karışım dozunda asit maden drenajının nötralizasyonu ve metal giderimi

minde daha etkili bir adsorban olarak kullanılabileceği ortaya konmuştur.

Bu çalışma FBA-2018-2649 no'lu proje kapsamında Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından desteklenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Antropojenik kirlilik, asit maden drenajı, klinoptilolit, metal giderimi, uçucu kül

**Abstract:** Acid mine drainage forming with anthropogenic effects has low pH and contains high concentrations of metals, sulfate, dissolved and suspended solid material. The Çan coal basin located within the Çanakkale province has been facing acid mine drainage problem since the 1980s and mine wastes are found spread in broad areas around coal mines. Mine wastes with high sulfur content and reduced grain size have increased surface area and enhancing the speed of acid mine drainage formation processes. The concentrations of Al, Fe, Mn and Pb in mine wastes have higher than average global surface rocks. At low pH (pH<4), metals in mine wastes mix with surface and ground waters with meteorological processes like rain and cause pollution of water sources and agricultural land. The coal mines are located very close to settlements and this increases the size of the environmental risk. Acid mine drainage causes destruction of physical, chemical, ecologic and biologic features in the mine site and surroundings and environmental pollution requires application of long-term and high-cost mitigation strategies.

In this study, the effects of fly ash and clinoptilolite adsorbents on neutralization and metal removal of acid mine drainage formed with anthropogenic effects in Çan Coal Basin was compared at laboratory scale. Fly ash, by-product from a fluidized-bed combustion thermal power plant, was identified to have CaO content of 13.75%, pH value 12.22 and neutralization potential of 144.45 kg CaCO<sub>3</sub>/t. Fly ash is composed of quartz, anhydrite, calcite, hematite, plagioclase and aragonite. Generally, fly ash particles have an irregular, porous and rarely spherical microscopic structure. The grain size of fly ash varying from 1.28 to 163 µm with specific surface area of 4.05 m<sup>2</sup>/g. The mineralogical composition of clinoptilolite is 90-95% clinoptilolite and 1-5% feldspar, montmorillonite and cristobalite minerals. The neutralization potential of clinoptilolite was identified as 1.87 kg CaCO<sub>3</sub>/t. With grain size varying from 0.52 to 186 µm, clinoptilolite has pH value of 8.21 and specific surface area of 37.28 m<sup>2</sup>/g. The optimum mixing rates for mine waste-fly ash and mine waste-clinoptilolite were determined according to chemical analysis results, paste pH test and modified acid-base accounting test. Leach tests prepared at the optimum mixing ratios had variations in solution pH, electrical conductivity, metal (Al, Fe, Mn, Ni, Pb and Zn) and sulfate concentrations monitored at five-day periods during one month. The use of both adsorbents was identified to increase pH values of the solution and reduce electrical conductivity, metal and sulfate concentrations linked to time. However, even at lower mixing doses the fly ash with higher neutralization potential compared to clinoptilolite was revealed to be a more effective adsorbent for neutralization and metal removal for acid mine drainage.

This research was financially supported by the Scientific Research Projects Coordination Unit of Canakkale Onsekiz Mart University under FBA-2018-2649 numbered project.

**Keywords:** Anthropogenic pollution, acid mine drainage, clinoptilolite, metal removal, fly ash



## Drastic Modeli Kullanarak İki Ağırlık Metodun Karşılaştırılması Yoluyla Alüvyon Akiferlerde Gerçek Hassas Kirlilik Tespiti; Batı İran'da Kangavar Akiferi Örneği

*Alluvial Aquifer Intrinsic Vulnerability Assessment To Contaminaton Using  
Drastic Model By Comparison Between Two Different Weighing Methods; A  
Case Study Of Kangavar Aquifer In The West Of Iran*

**Atefeh Yeganeh Moghadam<sup>1</sup>, Kamal Taheri<sup>2</sup>, Milad Taheri<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Meshed University . Earth Sci. Department. Meshed, Iran

<sup>2</sup>Regional Water Company, Applied research group, Kermanshah, Iran

<sup>3</sup>Regional Water Company, Groundwater expert, Kermanshah, Iran

(at.yeganehmoghadam@mail.uc.ac.ir)

**Öz:** Aller vd. (1987) tarafından bulunan DRASTIC metodunun US Çevre Koruma Ajansı tarafından yayınlanmasından sonra, birçok araştırmacı alüvyon akiferlerin kirlenme hassasiyetini araştırmada bu metodu kullanmıştır. DRASTIC metod, potansiyel akifer kirlenmesinin jeolojik ve hidrojeolojik unsurlara bağlı olarak tespitinde kullanılan bir yöntemdir. Kirlilik potansiyel haritaları (aquifer vulnerability map- AVM) hazırlanmasında DRASTIC katmanları oluşturmak gerekir. Katmanlar; su derinliği, net beslenme, akifer malzeme ortamı, toprak ortamı, vadoz zonun etkileri ve hidrolik iletkenlik gibi parametreler kullanılarak elde edilmelidir. AVM yüksek kirlenme potansiyeline sahip alanları tanımlayacağından, kirlenme yönetimi ve izlenmesinde bu alanlara öncelik verilmelidir.

Bu modelin basit ve kolay gerçekleştirilmesi, GIS bilgi ve uygulamalarının gelişmesi ile birlikte dünyanın birçok bölgesinde olduğu gibi İran'da yaygın olarak kullanılmasını sağlamıştır. Metod alüvyal akiferlere çok uygun olmasına rağmen, bazı araştırmacılar bu yöntemi modifiye ederek içerisinde karstik alanlar da dahil diğer tür akiferler için de kullanmışlardır. Taban haritaların elde edilmesinde önerilen birçok kriterler arasında, iki önemli grup var ki bunlar (akifer ortamı ve doymun-olmamış ortam) olarak sedimanter doku ve yapı özellikleriyle, diğer bileşenler olan beslenme alanı, yeraltı suyu derinliği ve hidrolik iletkenlik üzerinde büyük etkileri olmaktadır.

Bu makalede klasik (Aller vd.1987) metod kullanılarak üretilmiş 7 katmanı, uzman görüşlerini ve GIS ortamında doğal dağılımı saptanmıştır. Her iki halde de, bir potansiyel kirlilik haritası Kangavar akiferi için hazırlanmıştır. Bölgede küresel standartların altında düşük seviyede nitrat kirliliği gözlenmesi göz önüne alındığında, her iki model arasında kuvvetli bir korelasyon olmaması normaldir. Bununla birlikte, sonuçlar her iki metotta da ağırlığın kullanılması sediment kalınlığının bir fonksiyonudur. Akifer kalınlığı ile kirlenme potansiyeli arasında ters orantı vardır. Uzman görüşleriyle hazırlanmış haritalarda yüksek riskli alanlar, klasik metod haritalarındaki alanlardan daha küçüktür. Sonuçlar göstermiştir ki her iki yaklaşımı da kullanarak hazırlanan haritalara ihtiyaç vardır, ancak daha iyi Drastic ağırlık katmanları yerel koşulları gözeterik elde edilmelidir.



**Anahtar Kelimeler:** Akifer kirlilik potansiyeli, DRASTIC, GIS, İran, sedimentoloji

**Abstract:** After the publication of the DRASTIC Method by Aller et al. (1987), published by the US Environmental Protection Agency, many researchers have used this method to investigate the vulnerability of alluvial aquifers. DRASTIC is a method for assessing the potential of aquifer pollution based on its geological and hydrogeological features. DRASTIC layers were created when preparing vulnerability map, using parameters such as depth to water, net recharge, aquifer media, soil media, impact of vadose zone and hydraulic conductivity. Aquifer vulnerability mapping identifies areas with high pollution potential that can be areas for priority management and monitoring.

Simplicity and facility of validation of the model, along with the development of GIS knowledge, has led to this method being used in many parts of the world, including Iran. Although this method is most appropriate for alluvial aquifers, some researchers have modified it for other aquifers, including the karstic areas. Among the many ways presented to prepare basic maps, there are two parts of the aquifer environment and the impact of the non-saturated environment have a sedimentary nature that can affect other components such as pure nutrition, groundwater depth and even hydraulic conductivity.

In this paper provides the seven layers using the classical method (Aller et al. 1987) and then uses the expert opinions and natural breaks in GIS environment, in both cases a final map of vulnerability was prepared in Kangavar aquifer. Considering the low level of nitrate pollution in the area (below the global standard), the strong correlation between the two models was not observed. However, the results showed that the use of weight with both methods is a function of sediment thickness and in vulnerable areas where the aquifer thickness is lower, the vulnerability is higher. However, high risk areas in the method of expert opinion are less than the classical method. The results showed that we are needed all of both classical method and expert opinion according to local conditions for better results for Drastic weights.

**Keywords:** Aquifer pollution vulnerability, DRASTIC, GIS, Iran, sedimentology

**BÖLGESEL JEOLJİ/REGIONAL GEOLOGY**

Aral OKAY - Erman ÖZSAYIN - Bora ROJAY-Derek THORKEKELSON - Mehmet KESKİN

---

**Sözlü Sunumlar/*Oral Presentations***

---

**ÖZ/ABSTRACT**





## Akdağ – Tekman Metamorfitlelerinin (Erzurum) Jeolojisi ve Doğu Anadolu'nun Geç Kretase Evrimindeki Bölgesel Önemi

### *Geology Of The Akdağ – Tekman Metamorphics (Erzurum) And Its Implications For Late Cretaceous Evolution Of Eastern Anatolia*

**Osman Candan<sup>1</sup>, Gültekin Topuz<sup>2</sup>, Ali Yılmaz<sup>3</sup>, Thomas Zack<sup>4</sup>, Sarah Sherlock<sup>5</sup>**

<sup>1</sup>Dokuz Eylül Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 35160 İzmir

<sup>2</sup>İstanbul Teknik Üniversitesi, Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü, 34469 İstanbul

<sup>3</sup>Cumhuriyet Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, 58140 Sivas

<sup>4</sup>Department of Earth Sciences, University of Gothenburg, Gothenburg, Sweden

<sup>5</sup>Faculty of Science, The Open University, Walton Hall, Milton Keynes MK7 6AA, UK

(osman.candan@deu.edu.tr)

**Öz:** Doğu Anadolu Platosu, büyük oranda Miyosen-Güncel volkanik ve tortul kayalarla kaplıdır. Bu genç örtü altında, temel kayalarına ait en geniş yüzlekler Erzurum güneyinde, Akdağ ve Tekman yöresinde gözlenmektedir. Burada temel kayaları, metamorfitleler, metamorfik olmayan magmatik sokulum kayaları ve bunlarla tektonik dokanaklı ofiyolitik kayalardan oluşmaktadır. Bütün bu kayalar uyumsuz olarak Maastrichtiyen yaşlı resifal kireçtaşları ile örtülmektedir. Metamorfitleler, birbirilerinden kabuksal ölçekli bir tektonik dokanakla ayrılan, alt-orta kabuk koşullarını tanımlayan üst amfibolit-granulit fasiyesi koşullarında (800 °C/ 7 kbar) başkalaşım uğramış Akdağ Metamorfitleleri ve üst kabuğu işaret eden, yeşilşist fasiyesi (400-500 °C) koşullarındaki Tekman Metamorfitleleri olmak üzere iki tektonik üniteden oluşmaktadır. Her iki ünite ilksel kaya birlikteliği bakımından denestirilebilen, olasılıkla Triyas–Kretase yaşlı, tabanda bazik volkanizma arakatlı kırıntılılarla başlayan ve üste doğru kalın platform türü karbonatlara geçen ortak stratigrafi sunarlar. U/Pb zirkon-rutil ve Ar-Ar biyotit-hornblend yaşlarına dayalı olarak bu tektonik ünitelerin metamorfizması Geç Kretase (Akdağ Metamorfitleleri; 83 ± 2 My, Tekman Metamorfitleleri; 92 ± 6 My) olarak belirlenmiştir. Bu veriler, düşük ve yüksek dereceli metamorfitlelerin aynı metamorfik süreçten etkilenmiş, kıtasal kabuğun farklı derinliklerindeki kesimlerini tanımladığını göstermektedir. Akdağ Metamorfitleleri, 80-87 My (Geç Kretase) yaşlı, gabro, kuvars diyorit, kuvars siyenit, kuvars monzonit, tonalit ve granit bileşimli ve yitimle ilişkili yaygın magmatikler tarafından kesilmektedir. Metamorfizma ile magmatizma arasındaki yaş uyumu, bu sokulumların metamorfizma sırasında kıtasal kabuk içerisine önemli miktarda ısı aktarmış olduğunu göstermektedir.

Akdağ - Tekman Metamorfitleleri, daha batı-güneybatıda Kemaliye, Tunceli ve Keban yörelerindeki metamorfitleler ve onlara eşlik eden yitim bağlantılı Geç Kretase sokulumlarıyla (Baskılı yayı) denestirilebilir. Bu metamorfik kayalar ve onlara eşlik eden sokulum kayaları, Bitlis Kenedi boyunca Neo-Tetis okyanusunun güney kolunun kuzeye doğru Anatolid-Torid bloğunun altına yitimi ile ilişkilendirilebilir.

\*Bu çalışma TÜBİTAK tarafından 114Y226 nolu proje kapsamında desteklenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Doğu Anadolu Platosu, Akdağ metamorfileri, magmatik yay, U-Pb zircon, Ar-Ar biyotit, Ar-Ar hornblend yaş tayinleri

**Abstract:** The East Anatolian plateau is extensively covered by Neogene to Quaternary volcanic-sedimentary rocks. Beneath this extensive young cover, the largest exposures of the basement occur in the Akdağ and Tekman areas to the south of the town Erzurum. The basement units comprise metamorphic rocks, nonmetamorphic intrusions and allochthonous ophiolitic rocks. All these rocks are unconformably covered by Maastrichtian reefal limestone. The metamorphic rocks consist of two distinct tectonic units separated from each other by a crustal-scale fault zone: (i) Upper amphibolite- to granulite facies metamorphic unit (800 °C / 7 kbar), representing middle to lower crustal levels (the Akdağ metamorphics), and (ii) A greenschist-facies unit (400-500 °C) probably representing the upper to middle crustal levels (the Tekman metamorphics). Lithologically, both units resemble each other: Both are made up of sedimentary rocks of Triassic to Cretaceous age, starting with clastic rocks with local basic volcanics grading upward into platform-type thick carbonate rocks. U/Pb zircon and rutile, and Ar-Ar biotite and hornblende dates point to a Late Cretaceous metamorphism (the Akdağ metamorphics:  $83 \pm 2$  Ma; the Tekman metamorphics:  $92 \pm 6$  Ma). This suggests that both metamorphic units were subjected to same metamorphic event, thus representing different sections of a continental crust. The Akdağ metamorphic rocks are frequently crosscut by the subduction-related gabbro, quartz diorite, tonalite, quartz monzonite and granite intrusions with U-Pb zircon ages of 80-87 Ma. The coeval nature of high-grade metamorphism and intrusions points to considerable heat input from the intrusions into the continental crust.

The metamorphic rocks in the Akdağ - Tekman region can be correlated with the Late Cretaceous metamorphic rocks occurring in the Kemaliye, Tunceli and Keban regions to the west, as well as subduction-related igneous rocks (Baskil arc) to the southwest. Both the metamorphism and voluminous magmatism in the Akdağ – Tekman area can be attributed to northward subduction of the southern branch of the Neotethys under the southern margin of the Anatolide-Tauride block.

\*This study was supported by TUBITAK (project number:114Y226)

**Keywords:** East Anatolian Plateau, the Akdağ metamorphics, magmatic arc, U-Pb zircon, Ar-Ar biotite and hornblende



## Doğu Anadolu Platosunda Erken Miyosen'de Yüksek K'lu Kalk-Alkalen Granit Oluşumu (Taşlıçay Sokulumu)

*High-K Calc-Alkaline Granite Genesis In The East Anatolian Plateau During Early Miocene Time (The Taşlıçay Intrusion)*

**Gültekin Topuz<sup>1</sup>, Osman Candan<sup>2</sup>, Thomas Zack<sup>3</sup>, Fukun Chen<sup>4</sup>, Qiu-Li Li<sup>5</sup>**

<sup>1</sup>*İstanbul Teknik Üniversitesi, Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü, TR34469 Maslak, İstanbul*

<sup>2</sup>*Dokuz Eylül Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Tınaztepe Yerleşkesi, Buca, İzmir*

<sup>3</sup>*Department of Earth Sciences, University of Gothenburg, Gothenburg, İsveç*

<sup>4</sup>*Key Laboratory of CrustMantle Materials and Environments, School of Earth Sciences, University of Science and Technology of China, Hefei 230026, Çin*

<sup>5</sup>*State Key Laboratory of Lithospheric Evolution, Institute of Geology and Geophysics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029, Çin*

(topuzg@itu.edu.tr)

**Öz:** Doğu Anadolu Bölgesi geniş ölçüde yaşları Neojen'den Kuvaterner'e ulaşan volkanik kayalarla kaplıdır. Bu magmatizmanın en erken ürünleri Erken Miyosen yaşlı yüksek K'lu I-tipi granitler ile temsil edilmektedir. Taşlıçay sokulumu bu granitlerin en büyük kütlelerini oluşturmaktadır. Bu sokulum başlıca lökograditten ve az oranda gabroyik diyorit ve riyolit porfirlerden yapıldır. Gabroyik diyorit sokulumunun kuzeydoğu ucunda çok küçük bir alanda (~1.5 km<sup>2</sup>) yüzeylenmektedir. Riyolit porfirler üç farklı yerde dayk kümeleri şeklinde gözlenmektedir. Sokulumun ana kütlesi ise lökograditten oluşmaktadır. U-Pb zirkon yaş tayinleri her üç kaya türünün de eş yaşlı (~19 My, Erken Miyosen) olduğunu göstermektedir. Birbirinden hafif farklı izotopik bileşimler sunan gabroyik diyorit, lökogradit ve riyolit porfir örnekleri değişik diyagramlarında farklı alanlarda kümelenmektedir. Dolayısıyla, bu kayaç türlerinin kimyasal nitelikleri, kesirli kristallenme ile açıklanamaz. Gabroyik diyoritler, ağırlık olarak % 50 - 55 SiO<sub>2</sub> içeriğine, göreceli olarak yüksek Mg numaralarına (54 - 58) sahip olup, yüksek uyumsuz element içerikleri ve hafifçe farklılaşmış nadir toprak element (NTE) desenleri ile karakterize olurlar. Çoklu element değişim diyagramlarında negatif Nb-Ta, Pb ve Ti anomalileri sunarlar. Bu veriler söz konusu kayaların olasılıkla hafifçe zenginleşmiş litosferik mantodan türemiş ergiyiklerin katılmasından oluştuğunu göstermektedir. Lökograditler % 68-77 arasında değişen SiO<sub>2</sub> içeriklerine sahiptir. Bu kayalar orta derecede kesirleşmiş, önemli negatif Eu anomalili, hafifçe yukarıya doğru konkavlık sunan NTE desenlerine sahiptir. Harker diyagramlarında iyi tanımlanmış gidişatlar sunan bu kayalar çoklu element diyagramlarında, pozitif Th ve negatif Nb-Ta, Sr ve Ti anomalileri göstermektedir. Bu jeokimyasal trendler, hornblend, plajiyoklas, biyotit, zirkon ve apatit kesirleşmesi ile açıklanabilir. Dar alanda değişen bileşimler sunan (SiO<sub>2</sub> = % 74-76) riyolit porfirlerin NTE desenleri ve çoklu element değişim diyagramları lökograditlerine benzerlik göstermektedir. Lökogradit ve riyolit porfirlerin kimyasal bileşimleri metabazitler üzerinde yapılan deneysel çalışmalarda üretilen ergiyiklere benzerlik sunmaktadır. Genel itibarı ile gabroyik diyorit, lökogradit ve riyolit porfirin ilksel izotopik oranlarındaki değişim oldukça sınırlıdır. Riyolit porfir, lökogradite göre hafifçe yüksek ilksel <sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr ve hafifçe alçak <sup>143</sup>Nd/ <sup>144</sup>Nd oranları sunmaktadır. Benzer şekilde, zirkon

$d^{18}\text{O}$  ve ilksel  $\varepsilon\text{Hf}$  oranları, lökograditten riyolit porfire doğru artan derecede kıtasal kabuk bileşenine işaret etmektedir. Lökogradit ve riyolit porfir muhtemelen gabroyik diyoritlere benzer, orta yüksek K-lu metabazit bir kaynağın bölümsel ergimesinden oluşan ergiyiklerin daha eski yüksek silisli kabuksal kayalardan türevlenen ergiyiklerle karışması sonucu oluşmuştur. Dolayısıyla, Erken Miyosen Doğu Anadolu'da, manto kaynaklı kabuk oluşumu ve kabuksal farklılaşma zamanını temsil etmektedir.

\* Bu çalışma TÜBİTAK tarafından 114Y226 nolu proje kapsamında desteklenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Yüksek-K'lu granit, Sr-Nd izotopisi, zirkon O ve Hf izotopisi, Doğu Anadolu Platosu, Türkiye

**Abstract:** The geology of the East Anatolian region is dominated by Neogene to Quaternary volcanic rocks. The earliest products of this magmatism are represented by Early Miocene high-K calc-alkaline I-type intrusions. We present field, geochronological and geochemical data on the plutonic rocks from the largest intrusion, the Taşlıçay intrusion. The Taşlıçay intrusion consists mainly of leucogranite, and subordinately gabbroic diorite and dikes of rhyolite porphyry. The gabbroic diorite occurs as a small intrusion,  $\sim 1.5 \text{ km}^2$ , in the northeastern part of the intrusion. The rhyolite porphyry forms dike swarms at three localities, while the leucogranite forms the main mass. U-Pb dating on zircons from the leucogranite, gabbroic diorite and rhyolite porphyry yielded identical crystallization ages of  $\sim 19 \text{ Ma}$  (Early Miocene). Samples of the gabbroic diorite, leucogranite and rhyolite porphyry form distinct groupings on variation diagrams, and display slightly different isotopic compositions, thus ruling out a relationship by simple fractional crystallization among the different rock types. Gabbroic diorites have  $\text{SiO}_2$  abundances of 50 - 55 wt. %, relatively high Mg numbers of 54 - 58, and are characterized by high abundances of incompatible elements, slightly fractionated chondrite-normalized rare earth element (REE) patterns with feeble to absent negative Eu anomalies, and negative anomalies of Nb-Ta, Pb and Ti on multielement variation diagrams. Thus, the gabbroic diorites were probably derived from partial melts from the slightly enriched lithospheric mantle. On the other hand, the leucogranite has  $\text{SiO}_2$  abundances of 68 - 77 wt. %, and relatively fractionated REE patterns with concave-upward shapes and significant negative Eu anomalies, whereby middle REEs are hardly fractionated with respect to heavy REEs, and positive Th, and negative anomalies of Nb-Ta, Sr and Ti. The leucogranite shows well-defined variation trends on the Harker diagrams. The geochemical trends can be explained by fractionation of hornblende, plagioclase, biotite, apatite and zircon. The rhyolite porphyry displays very narrow compositions with  $\text{SiO}_2$  abundances of 74-76 wt.%, and REE and multielement variation patterns similar to those of the leucogranite. Bulk compositions of both the leucogranite and rhyolite porphyry resemble those of the partial melts from the metabasic rocks obtained in the experimental studies. Variations in the initial isotopic compositions of the gabbroic diorite, leucogranite and rhyolite porphyry are limited: The leucogranite and rhyolite porphyry exhibit slightly higher initial  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  and lower  $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$  ratios. Similarly, zircon  $d^{18}\text{O}$  and initial  $\varepsilon\text{Hf}$  ratios display increasing amount of crustal component from leucogranite to rhyolite porphyry. The isotopic features can be accounted for by assimilation of increasing amount of ancient, high-silica continental crust, or mixing and homogenization with increasing amount



of partial melts of an ancient, high-silica continental crust. Thus, the leucogranite and rhyolite porphyry were probably derived by the partial melts from a source consisting of middle- to high-K metabasic rocks, broadly similar to the gabbroic diorites, which have mixed with different amounts of melts from ancient high-silica crustal material. The Early Miocene time represent a time of juvenile crustal growth in the East Anatolian plateau together with concurrent crustal differentiation.

\*This study was supported by TUBITAK (project number:114Y226)

**Keywords:** High-K granite, Sr-Nd-Pb isotopy, zircon O and Hf isotopy, East Anatolian plateau, Turkey



## Anadolu'nun Yükselmesi: Biyostratigrafik ve Termokronolojik Veriler

### *The Uplift Of Anatolia: Biostratigraphic And Thermochronological Data*

Aral I. Okay<sup>1,3</sup>, Massimiliano Zattin<sup>2</sup>, Ercan Özcan<sup>3</sup>, Gürsel Sunal<sup>3</sup>

<sup>1</sup>İTÜ Avrasya Yerbilimleri Enstitüsü Ayazağa Kampüsü, Maslak, Sarıyer, İstanbul

<sup>2</sup>Dipartimento di Geoscienze, Università d,i Padova, Via G. Gradenigo 6, 35131 Padova, Italy

<sup>3</sup>İTÜ Maden Fakültesi Jeoloji Müh. Bölümü, Ayazağa Kampüsü, Maslak, Sarıyer, İstanbul  
(okay@itu.edu.tr)

**Öz:** Dünyanın önemli platolarından olan Anadolu'nun yükselmesi, termokronolojik veriler ve en genç Senozoyik denizel tabakaların dağılımı ışığında incelenmiştir. İç Anadolu ve Pontidler'de en genç denizel tabakalar Orta Eosen yaşındadır, bu durum bu bölgelerin yaklaşık 41 milyon senedir deniz seviyesi üzerinde bulunduğunu gösterir. Orta Eosen denizel serilerin geniş bölgelerde korunmuş olması, Orta Eosen sonrası erozyonun, bazı istisnalar dışında, önemli olmadığını (< 1 km) ve son 41 milyon senedir Orta Anadolu ve Pontidler'de yer yüzünün ortalama yükselme hızının 0,05 km/Myıl mertebesinde olduğunu göstermektedir. Yeni apatit-fizyon iz ve apatit U-Th/He verileri, Orta Anadolu'da Mihaliçcik kuzeydoğusunda Üst Kretase (74 Ma) Beypazarı Graniti içine oyulmuş 500 m derinlikte Sakarya Nehri kanyonundan gelir. Bölgede Beypazarı Graniti uyumsuzlukla Orta Eosen (48-44 Ma) denizel kumtaşları ile örtülür. Bu bölgeden elde edilen yeni apatit-fizyon iz ve apatit U-Th/He verileri, Geç Eosen'den günümüze kadar geçen sürede bölgenin duraylı olduğunu, az miktarda yükselme ve/veya çökme (<0,7 km/Myıl) gerçekleştiğini göstermiştir. Orta Anadolu'dan elde edilen diğer literatür termokronolojik veriler de benzer bir sonuca işaret etmektedir.

Biostratigrafi ve termokronoloji Orta Anadolu'nun son 41 milyon senede deniz seviyesi üzerinde, duraylı bir konumda olduğuna işaret etmektedir. Buna karşın Toroslar son sekiz milyon senedir çok hızlı bir yükselme (yaklaşık 0,3 km/Myıl) içindedir. Bu gözlem Torosların yükselmesinin, Anadolu'nun yükselmesinden farklı bir mekanizmaya bağlı olduğuna işaret eder. Anadolu'nun son 41 milyon senedir duraylı konumu, kuzeye Anadolu altına dalan Doğu Akdeniz okyanusal litosferinin muhtemelen yatay bir konumda olmasından kaynaklanmıştır; Torosların son sekiz milyon senedir yükselmesi ise dalan bu litosferin yırtılması sonucu ortaya çıkmış olabilir.

Bu çalışma TÜBİTAK 116Y127 nolu proje ile desteklenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Anadolu, biyostratigrafi, termokronoloji, yükselme, Toroslar

**Abstract:** The uplift history of the Central Anatolian Plateau, one of the Earth's major plateaus, is investigated using thermochronology and the distribution of the last Cenozoic marine strata, which provide a base level for uplift. In the central and northern Anatolia the youngest

marine sediments are of Middle Eocene age and indicate that the region has been above the sea level since ca. 41 Ma. The preservation of marine Eocene sequences over large regions points to minor erosion (< 1 km) and indicate average maximum surface uplift rates of 0.05 km/Myr since 41 Ma. The apatite fission track (AFT) and U-Th/He data come from a 500-m deep gorge in an Upper Cretaceous (74 Ma) granite in central Anatolia. The granite is unconformably overlain by Middle Eocene (48-44 Ma) marine sandstones. The thermochronological ages and their modelling indicate a long period of stability from the Late Eocene to present during which minor exhumation or subsidence (<0.7 km/Myr) took place.

Biostratigraphy and thermochronology indicate that the Central Anatolian Plateau has been above sea level and fairly stable since 41 Ma, which contrasts with the much faster (ca. 0.3 km/Myr) and recent (<8 Ma) uplift of its southern margin, the Taurides, indicating different mechanisms of uplift. Flat subduction of the Eastern Mediterranean Ocean under the Anatolia during the Late Eocene and Oligocene most likely maintained the region above the sea level. Slab rupture of the subducting lithosphere starting in the Late Miocene led to the rapid uplift of the Taurides.

**Keywords:** Anatolia, Biostratigraphy, Thermochronology, exhumation, Taurides



## İstanbul Zonunun Kuzeydoğusuna Ait Çok Fazlı Deformasyon Kayıtları: Düşük Sıcaklık Termokronoloji Verileri

*Records of Multiple Deformation Phases Preserved in the Northeastern Part  
of the Istanbul Zone: Revealed by Low-Temperature Thermochronology*

**Remziye Akdoğan<sup>1,2,3</sup>, Aral I. Okay<sup>2,4</sup>, István Dunkl<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>State Key Laboratory of Mineral Deposits Research, School of Earth Sciences and  
Engineering, Nanjing University, Nanjing 210023, China

<sup>2</sup>Istanbul Technical University, Faculty of Mines, Department of Geological Engineering,  
34469, Maslak, Istanbul, Turkey

<sup>3</sup>Geoscience Centre, Sedimentology and Environmental Geology, University of Göttingen,  
Goldschmidtstrasse 3, D-37077 Göttingen, Germany

<sup>4</sup>Istanbul Technical University, Eurasia Institute of Earth Sciences, 34469, Maslak, Istanbul,  
Turkey

(remziyeak@gmail.com)

**Öz:** Pontidler, Geç Karbonifer'den Geç Kretase'ye kadar yarı-devamlı sayılabilecek yitim ve buna bağlı gelişen deformasyonların etkisinde kalmış olup, İstanbul, Sakarya ve Istanca zonları olarak bilinen mikro kıtaların bir araya gelmesiyle oluşmuş bir dağ kuşağıdır. Bu mikro kıtaların ne zaman bir araya geldikleri konusu hala tartışmalıdır.

Pontidler'de yapılan düşük sıcaklık termokronoloji çalışmalarında 66 Ma'dan daha genç yaşlar elde edilmiştir. Bu yaşlar genellikle 1) Geç Paleosen-erken Eosen'de Pontidler'in İzmir-Ankara-Erzincan suture boyunca Anatolid-Torid Platformu ile çarpışması; 2) Miyosen'de Arabistan-Avrasya levhalarının çarpışması; 3) Geç Miyosen'deki sağ yanal Kuzey Anadolu fayı ile sol yanal Doğu Anadolu fayının hareketlerine bağlı deformasyonlar ile ilişkilendirilmiştir. Karbonifer ve Kimmerid orojenezleri ile Albiyen'de gelişmiş daha yaşlı deformasyon olaylarına ait izler yukarıda bahsedilen genç yükselim ve deformasyon olayları tarafından termokronolojik açıdan genel olarak resetlenmiştir. Buna karşın, şu ana kadar yapılan çalışmalar incelendiğinde, sadece İstanbul zonunun kuzeydoğusundan derlenen Karbonifer yaşlı bir kumtaşı örneğinden diğer yaşlardan farklı olarak Albiyen yükselim yaşı elde edilmiştir.

İstanbul zonunun termal evrimini ayrıntılı ve tutarlı bir biçimde ortaya çıkarmak üzere, Zonguldak ile Cide arasında kalan alanda yüzeyleme veren ve sedimentasyon yaşları Karbonifer'den Eosen'e kadar değişen kayalardan örnekler derlenmiştir. 14 örnek üzerinde apatit fizyon iz ve bu örneklerin 11 tanesi üzerinde ise apatit (U-Th)/He yöntemleri kullanılarak düşük sıcaklık termokronoloji yaş analizleri yapılmıştır. Bu örneklerden 220 Ma ile 46 Ma arasında değişen apatit fizyon iz yaşları elde edilmiş ve bölgenin Geç Triyas-Erken Jura, Albiyen ve Paleosen-Orta Eosen zamanlarında kademeli olarak yükselmiş olduğu ortaya konulmuştur. Bu durum, bu bölgede hala Kimmerid orojenez ve Albiyen'deki yitim olayları ile ilişkili olan yükselim yaşlarının korunduğunu göstermiştir. Kısa mesafelerde farklı zamanlara ait yükselim olaylarına işaret eden apatit fizyon iz yaşları, bu alanın horst graben yapıları ile şekillenmiş

olabileceğine işaret etmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Apatit fizyon iz yaşlandırması, düşük-sıcaklık termokronolojisi, İstanbul zonu, Kimmerid orojenezi, yükselim, (U-Th)/He yaşlandırması.

**Abstract:** Semi-continuous subduction-accretion processes and associated deformation events from Late Carboniferous to Late Cretaceous times are documented in the Pontide mountain belt, which consists of three continental fragments, Istanbul, Sakarya and Strandja Zones. The timing of the juxtaposition of these three terranes is still debated.

Low-temperature thermochronological studies throughout the Pontides mostly yielded ages younger than 66 Ma corresponding to: 1) The late Palaeocene-early Eocene collision of the Pontides and Tauride-Anatolide Platform along the Izmir-Ankara-Erzincan suture zone, which represents the southern border of the Pontides; 2) Alpine Orogeny that resulted by Arabian and Eurasia collision in the Miocene; 3) The activation of the right lateral North Anatolian fault and left lateral East-Anatolian faults in the late Miocene. The records of the older deformation events such as Carboniferous and Cimmeride orogeny as well as Albian deformation event have been removed by the younger uplift and deformation phases. In contrast, an Albian uplift age from a Carboniferous sandstone sample was documented from the northeastern part of the Istanbul zone.

To reveal consistent thermal evolutionary history of the Istanbul zone, the area with sedimentation ages between Carboniferous to Eocene (between Zonguldak and Cide) were sampled. We performed apatite fission track analysis on 14 samples. Eleven samples were also dated using (U-Th)/He dating method. Apatite fission track analysis of 14 samples yielded ages ranging between 220 Ma to 46 Ma and indicate that this region was uplifted episodically during the Late Triassic-Early Jurassic, Albian and Paleocene-Middle Eocene times. This shows that this region still preserves thermochronological evidence of older orogenies, including the Cimmeride orogeny and Albian subduction events. Big differences of apatite fission track ages in short distance points out that horst-graben structure shaped the region.

**Keywords:** Apatite fission track dating, exhumation, Istanbul Zone, low-temperature thermochronology, (U-Th)/He dating, Cimmeride orogeny.



## Miyosen Öncesi Sivas Havzası'nın Kuzey Kenarı: İşhanı Formasyonu

*The Pre-Miocene Northern Margin of the Sivas Basin: The İşhanı Formation*

**André Poisson<sup>1</sup>, Aynur Hakyemez<sup>2</sup>, Kaan Şevki Kavak<sup>3</sup>, Charlotte Ribes<sup>4</sup>,  
Nazire Özgen-Erdem<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>*Sciences de la Terre, Université Paris-XI (Paris-Sud), Orsay Cedex, France*

<sup>2</sup>*M.T.A. Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etüdüleri Dairesi, 06800 Ankara*

<sup>3</sup>*Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 58140 Sivas*

<sup>4</sup>*Strasbourg University, Dept. of Earth Sciences. Strasbourg/France  
(kaank@cumhuriyet.edu.tr)*

**Öz:** Sivas Havzası, Avrasya plakasının güney sınırındaki Pontidler ve Geç Triyas'ta Güney Neotetis Okyanusu'nun açılması sırasında Gondwana plakasının kuzey kenarından riftleşerek ayrılmış bağımsız bir bloktan oluşan Anadolu Bloğu arasındaki çarpışma zonunda yer alır. Anadolu Bloğu ise, Orta Anadolu Kristalin Karmaşığı (Kırşehir Masifi) ve Toros Kuşağı'ndan oluşmaktadır. Bu çarpışma zonu, Geç Kretase-Erken Paleosen'de bölgesel plakalar ve kıtasal blokların K-G yönlü çarpışmasıyla sonuçlanan kuzey Neotetis'in kuzey kenet bölgesine (İzmir-Ankara-Erzincan Zonu) karşılık gelir. Dolayısıyla Kuzey Neotetis'in ofiyolitik okyanusal kabuğu, Pontidler üzerine kuzeye, Kırşehir Masifi'ne ve güneyde Toros Kuşağı'na doğru ilerlemiştir. Havza'nın altında yer alan bu ofiyolitler, Kuzey Neotetis ofiyolitleri ya da Kırşehir Masifi ile Toros Kuşağı arasında yer alan küçük okyanusal bir havzadan uzaklaştırılan ofiyolitler olarak yorumlanır. Sivas Havzası, Paleosen-Erken Eosen sırasında gerçekleşen açılmalı bir tektonik bir zaman diliminde, Pontid ve Torid platformları arasında yaklaşık olarak D-B yönlü olarak uzanan bir çanak olarak oluşmaya başlamıştır. Bu bildiride, havzanın Sivas güneyindeki merkezinin ilk açılmasını izleyen Eosen devri belgelenmektedir. Tüm Sivas Havzası ölçeğinde İşhanı yöresinde gözlenen dizilimin özgün bir litostratigrafik özellik sunduğu görülmektedir. Başlıca özellikleri; Miyosen altında gözlenen daha az kalınlık; planktonik foraminiferli denizel Eosen marn ve kumtaşları, az kalınlığa sahip jipsler ve üzerinde kaba ofiyolitik konglomeralardan oluşmalarıdır. Buna karşın transgresif Alt Miyosen, Sivas Havzası'nın başka yerlerinde de bulunmaktadır. 100 ila 150 m kalınlık sunan Alt Miyosen altındaki yer alan dizilimin İşhanı bölümü, birkaç km kalınlığında olan ve tümü Toros Kuşağı gibi güneyde yer alan alanların hızlı aşınımıyla ilgili tamamen farklı çeşitli sedimentolojik ortamlarda depolanan Bozbel, Selimiye ve Karayün Formasyonlarının kronolojik yanal eşdeğerini temsil eder. Bozbel Formasyonu, 700 m kalınlığındaki derin denizel türbiditlerinden oluşur. Karayün formasyonu ise halokinetik özellikler gösteren 2500 m'lik playa göl, gölsel ve örgülü nehir çökellerinden, Selimiye formasyonu ise 2000 (?) m kalınlıktaki nehir ara katkılı playa göl çökellerinden oluşmaktadır. İşhanı Formasyonu için bölgesel denetimler Kırşehir Masifi kuzeyinde ve onun Kuzey Neotetis ofiyolitik karışığındaki allokton örtüsünde daha kolay bulunmaktadır. Bu bölgelerde Tokuş (150m) ve Bahçecik (50-500m) Formasyonları Eosen'de çökelmiş olup, plankton içeren marn ve Nummulitik kireçtaşları ile ara katkılı ofiyolit kırıntılılarından oluşmaktadır. Kömür seviyeleri bu dizilimlerde yer yer ara katkılı olarak bulunur.

İşhanı formasyonunun ofiyolitik kırıntılıları olasılıkla kuzeydeki ofiyolitik karışıktan da türemiştir. Bununla birlikte Tokuş ve Bahçecik formasyonları sığ denizel bir platformda çökelirken, İşhanı Formasyonu daha derin bir ortamda ve olasılıkla Kırşehir platformunu kesen normal fayların tabanında çökelmiştir. Sivas Havzası Eosen sırasında, güneyde çöken bir oluk (Bozbel) ve kuzeyde daha az aktif bir platform sınır tipine komşu diri normal faylarla sınırlanmış bir çöküntü havzası olarak görülür.

**Anahtar kelimeler:** Halokinetik, İşhanı formasyonu, Sivas Havzası, stratigrafi, Miyosen, tuz tektoniği, Türkiye

**Abstract:** Sivas Basin is located in the collision zone between the Pontides (southern border of the Eurasian plate), and the Anatolian Block which consists in an independent block, rifted away from the northern margin of the Gondwana plate during the opening of the Southern Neotethyan ocean in Late Triassic time. The Anatolian Block is composed of the Central Anatolian Crystalline Complex (Kırşehir Massif), and the Taurus Belt. The collision zone corresponds to the Northern Neotethyan suture zone (Izmir-Ankara-Erzincan Suture) which resulted in late Cretaceous-Early Paleocene times from the N-S convergence of the regional plates and continental blocks. Consequently, the ophiolitic oceanic crust of the Northern Neotethys was obducted northward onto the Pontides, and southward onto the Kırşehir Massif and onto the Taurus Belt. The ophiolites which lie below the Sivas Basin are interpreted either as the Northern Neotethyan ophiolites or as ophiolites expelled from a small oceanic basin located between the Kırşehir Massif and the Taurus Belt. Sivas Basin initiated as an elongated approximately E-W trough between the Pontic Tauric platforms, during an extensional tectonic episode which took place during Paleocene-early Eocene times. We document here the Eocene period which follow the initial opening of the basin along its central area south and SE of Sivas. At the scale of the whole Sivas Basin such sequence appears to be an original lithostratigraphic unit which have to be distinguished from the other major units. Its main characteristics are: reduced thickness below the Miocene; marine Eocene marls and sandstones with planktic foraminifera; reduced thickness of the gypsum layer; coarse ophiolitic conglomerates above the gypsum. By contrast the transgressive lower Miocene is the same well known elsewhere in the Sivas Basin. The part of the İşhanı sequence which is below the Lower Miocene (100 to 150m thick) represents the chronological lateral equivalent of the Bozbel, Selimiye and Karayün Formations which are several Km thick and which were deposited in completely different various sedimentological contexts all related with the rapid erosion of areas located to the south. i.e. the Taurus belt. Deep marine turbidites for Bozbel Formation (700m thick). Playa lake, lacustrine and braided fluvialite for Karayün in a context of halokinesis (2500m); Playa lake with fluvialite intercalations for Selimiye (2000m ?). Regional correlations for the İşhanı Formation would be more easily found towards the north in the direction of the Kırşehir Massif and of its allochthonous cover of the Northern Neotethys ophiolitic melange (Late Cretaceous and Paleocene). In these areas the Tokus (150m) and Bahçecik(50-500m), Formations were deposited in Eocene times and are composed of ophiolitic detritals interbedded with planktic bearing marls and nummulitic limestones. Coal seams are locally intercalated in these sequences. The ophiolitic detrital of the İşhanı Formation probably derived also from the northern ophiolitic melange. However, the Tokuş and Bahçecik Formations were deposited on a shallow-marine platform while the



İşhanı Formation was deeper and was probably deposited at the foot of normal faults cutting through the Kırşehir platform. The Sivas Basin appears during Eocene times as a faulted basin bordered by active normal faults with a southern subsiding gutter (Bozbel) and a northern part adjacent to a less active platform margin type.

**Keywords:** Halokinesis, İşhanı Formation, salt tectonics, Sivas Basin, stratigraphy, Miocene, Turkey



## Tuz Tektoniğine Ait Yeni Bulgularla Sivas Havzası'nın Orta Kesiminin Jeolojisi

*Geology of the Central Sivas Basin with New Findings from Salt Tectonics*

**Etienne Legeay<sup>1,2</sup>, Alexandre Pichat<sup>1,2</sup>, Charlie Kergaravat<sup>1,2</sup>,  
Charlotte Ribes<sup>1,2</sup>, Jean-Paul Callot<sup>1</sup>, Jean-Claude Ringenbach<sup>2</sup>,  
Cédric Bonnel<sup>1</sup>, Guilhem Hoareau<sup>1</sup>, André Poisson<sup>3</sup>, Geoffroy Mohn<sup>4</sup>,  
Phillipe Crumeyrolle<sup>2</sup>, Kaan Şevki Kavak<sup>5</sup>, Haluk Temiz<sup>5</sup>**

<sup>1</sup>*Laboratoire des Fluides Complexes et leurs Réservoirs, Université de Pau et des Pays de l'Adour, Pau, France*

<sup>2</sup>*Total SA, CSTJF, Pau, France*

<sup>3</sup>*Sciences de la Terre, Université Paris-XI (Paris-Sud), Orsay Cedex, France*

<sup>4</sup>*Géosciences Environnement Cergy, Université de Cergy-Pontoise, Cergy-Pontoise, France*

<sup>5</sup>*Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Sivas  
(kaank@cumhuriyet.edu.tr)*

**Öz:** Bu çalışmada, Meksika Körfezi'ndeki evaporitik birimlerle benzerliklerin ortaya konulması amacıyla Sivas Havzası'nın 1/50.000 ölçekli jeoloji haritasının revize edilmiş bir stratigrafisi ve kesitleri yer almaktadır. Çalışma alanı yaklaşık 10.000 km<sup>2</sup>'lik bir alana yayılmış olup bölgesel jeodinamik göz önünde bulundurularak güneyden kuzeye doğru üç farklı yapısal alana ayrılabilir: (i) kıvrım ve bindirme kuşağı, (ii) tuz ve bindirme kuşağı, ve (iii) Kızılırmak önülke havzası. Özellikle havzanın çekirdeğinde olması nedeniyle inceleme alanı Üst Eosen-Miyosen aralığında, dünyadaki en iyi tuz kontrollü tektonik örneklerden birisine karşı gelmektedir. Bu da bölgede minihavza evrimi ile yerçekimine bağlı olarak bölümlere sürekli dik kanatlı duvarlar ve diyapirler ile ayrılan Oligo-Miyosen minihavzalarından oluşmuş tipik bir duvar ve havza (WAB) yapısını oluşturur. Bölgede tuz yaygıları, tuz duvarları ve devasa kanatlara (megaflap) sahip yapılarla birlikte; kanca (hook), kama (wedge) ve birleşim noktaları (weld) gibi tuz-çökel etkileşimlerinin klasik özellikleri yaygın olarak gözlenmektedir. Mini havzaların dokanakları ve sınırlarının bölgesel ve ayrıntılı haritalanması ve iki boyutlu bölgesel sismik kesitlerin yorumu, sonradan oluşan duvar ve havza yapısına (WAB) sahip iki farklı kökündeki minihavza gelişimini ayıran Eosen ana tuzundan kaynaklanan bir üst Oligosen tuz gelişimini işaret etmektedir. Bölgedeki bu jeolojik ilişkiler, uzaktan algılanmış görüntülerde de açıkça görülmektedir. Elde edilen jeolojik harita ve enine kesitler, güneydeki kıvrım ve bindirme kuşağı ve tuz öncesindeki stratigrafinin anlaşılmasına katkıda bulunan yeni stratigrafik korelasyonları içermektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Halokinetik, tuz tektoniği, minihavza, önülke havzası, Sivas Havzası

**Abstract:** This study includes a revised stratigraphy and cross-sections of the 1/50.000 scale geological map of the Sivas Basin with the aim of revealing analogies with the evaporitic

units in the Gulf of Mexico. The study area is spread over an area of approximately 10,000 km<sup>2</sup> and can be divided into three different structural areas from south to north by considering the regional geodynamic domains: (i) the fold-and-thrust belt, (ii) the salt-and-thrust belt, and (iii) the Kızılırmak foreland basin. The region shows one of the best examples in the world of salt-controlled tectonics in the Upper Eocene-Miocene interval, especially in the basin core. It forms a typical wall and basin (WAB) structure, composed of Oligo-Miocene minibasins separated by continuous steep flanked walls and diapirs, which rise due to gravity compartmentalize the minibasin evolution. In the region, the salt canopies, salt walls and the megaflaps are widely observed, on association with classic feature of salt sediment interactions such as hooks, wedges and welds. Regional and detailed mapping of the contacts and boundaries of the mini-basins and the interpretation of two-dimensional regional seismic sections illustrate the development of an upper Oligocene salt canopy originating from the Eocene mother salt, which separates the development of two generations of mini-basins the latest forming the wall and basin structure. These geological relations in the region have been clearly seen in remotely sensed images. The resulting geological map and cross sections contain new stratigraphic correlations that contribute to the understanding of the southern fold and thrust belt and the pre-salt stratigraphy.

**Keywords:** Foreland basin, halokinesis, salt tectonics, minibasin, Sivas Basin



## Eskişehir Güneyinin Sondaj Verileri Üzerinden Stratigrafik Yorumu

### *Interpretation of Stratigraphy of Southern Eskişehir According to Drill-Hole Data*

Coşkun Güneş<sup>1</sup>, Emrah Pekkan<sup>1</sup>, Muammer Tün<sup>1</sup>,

<sup>1</sup>Eskişehir Teknik Üniversitesi, Yer ve Uzay Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir

([coskungunes@eskisehir.edu.tr](mailto:coskungunes@eskisehir.edu.tr))

**Öz:** Eskişehir Havzası içerisinde yer alan çalışma alanı, kuzeybatıda Akarbaşı ve Göztepe mahalleleri, güneydoğuda Yenikent ve Çankaya mahalleleriyle sınırlanır. Yaklaşık 10 km<sup>2</sup> lik bir alandan oluşan çalışma alanında; jeoloji, litoloji ve sondaj verileri kullanılarak çalışma alanı stratigrafisine yeni bulgular sunmak hedeflenmiştir. Bölgedeki temel kayalar Kretase ofiyolitleri ve Paleozoyik metamorfite oluşur. Bu birimlerin üzerine Paleojen ve Neojen kayalar uyumsuz olarak çökelmişlerdir. Bölgede Paleojen; Eosen yaşlı çakıltaşı, kumtaşı ve kilitaşıyla temsil edilmektedir. Neojen; 3 seri halinde çökeltim gerçekleştirmiş Miyosen (m1, m2, m3 serileri) ve kilitaşı-kireçtaşıdan oluşan Pliyosen ile bölgede yayılım göstermektedir. Havzanın tamamına yakını Kuvaterner alüvyon ile örtülmüştür. KB-GD doğrultulu Eskişehir Fay Zonu (EFZ) bölgedeki en önemli tektonik yapı olup çalışma alanının güneyinde uzanım sunmaktadır. Normal bileşenli sağ yanal doğrultu atımlı bir zon olan EFZ ile ilişkili tektonik dokanıklar kısmi olarak yüzeyde veya gömülü olarak gözlenmektedir. Eskişehir ilinin farklı bölgelerinde, Devlet Su İşleri (DSİ) tarafından açılmış olan 44 adet su sondajı ve Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA) tarafından açılmış olan 3 adet sıcak su sondajına ait koordinatlar, CBS yazılımları kullanılarak haritalanmıştır. Bu noktalar kullanılarak oluşturulan hatlar üzerine, sondaj loglarında yer alan litolojiler işlenerek oluşturulan enine jeolojik kesitler, bölgenin stratigrafik istifinin oluşumu üzerine önemli bilgiler içermektedir. DSİ sondaj verilerinde gözlenen en yaşlı birim, Kretase ofiyolitleridir ve bu birimin kalınlığı en az 60 m' dir. Eosen birimler en az 20 m, en fazla 82 m kalınlıkta; Miyosen birimlerin kalınlıkları en az 22 m, en fazla 147 m; Pliyosen birimler, sadece bir sondajda 17 m kalınlıkta gözlenirken alüvyon kalınlığının en az 100 m olduğu görülmektedir. MTA sondaj verilerinde ise Mesozoyik, Eosen, Miyosen, Pliyosen ve Kuvaterner birimlerin kalınlıkları sırasıyla; en az 215 m, 360 m, 493 m, 230 m ve 170 m' dir. MTA sondaj verilerinden elde edilen yapı ve arazide Miyosen konglomera / Miyosen killi-kireçtaşı birimlerini ayıran düzlem, çalışma alanında Miyosen sürecinde etkinlik göstermiş, bir doğrultu atımlı fay mekanizmasının yer aldığını göstermektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Eskişehir havzası, sondaj logları, stratigrafi

**Abstract:** The study area which is inside Eskişehir Basin is bordered Akarbaşı and Göztepe districts on northwest while it is bordered Yenikent and Çankaya districts on southeast. The purpose of this study is to investigate new evidences about the stratigraphy of study area which covers an area about 10 km<sup>2</sup> by using geological, lithological and drill-hole data. Cretaceous ophiolites and Paleozoic marbles are the basement rocks in the study area. Paleogene and

Neogene rocks were deposited on the basement with nonconformity. Paleogene is represented by Eocene gravels, sandstone and claystone. Neogene is represented by both Miocene units which were deposited as 3 stages (m1, m2, m3 stages) and Pliocene units which include claystone-limestones. Quaternary alluvium covers almost all study area. Eskişehir Fault Zone (EFZ) which separates NW-SE trending on southern part of study area is the most important tectonic structure of the region. The rock contacts which are related to right lateral strike-slip fault mechanism with a normal component can be found on the surface or buried under the ground. 44 water wells drilled by Public Waterworks Administration (DSİ) and 3 hot water wells drilled by Mineral Research and Exploration Institute (MTA) were projected on a map using a well-known GIS software and considered that creating cross-sections along drill-holes includes valuable data about stratigraphic evolution of the region. The oldest rock unit which is observed on DSİ drill-hole data is Cretaceous ophiolites and thickness of this unit is at least 60 m. Thickness of Eocene units are at least 20 m and furthest 82 m while thickness of Miocene units are at least 22 m and furthest 147 m. While Pliocene units are observed on only one drill-hole data as 17 m thickness value, thickness of alluvium is observed as at least 100 m. The thickness values which are observed on MTA drill-hole data are at least 215 m, 360 m, 493 m, 230 m and 170 m respectively Mesozoic, Eocene, Miocene, Pliocene and Quaternary units. The structure which is obtained from MTA drill-hole data and the surface which separates Miocene conglomerate / Miocene marly limestone units on the field show that there should be a strike-slip fault mechanism which has been activated during the Miocene epoch on the study area.

**Keywords:** Drill-hole data, Eskişehir basin, stratigraphy



## Pliyo-Kuvaterner Döneminde Gediz-Alaşehir Grabenin KKD-GGB'dan KD-GB'ya Değişen Genişlemeli Tektoniği

*Plio-Quaternary NNE-SSW to NE-SW Directed Extensional Tectonics in  
Gediz-Alaşehir Graben (Aegean region)*

**Bora Rojay, Cengiz Demirci, Vedat Toprak**

*Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Üniversiteler  
Mahallesi, Dumlupınar Bulvarı, No: 1, 06800 Ankara, Türkiye  
(brojay@metu.edu.tr)*

**Öz:** Ege kıtasal parçasının altına dalan Afrika levhasının kuzey dalımı ile kuzeyde gelişen Kuzey Anadolu sağ yanal atımlı fayının birlikte dinamik etkileri Ege'nin genişlemeli kıtasal deformasyonuna ve volkanizmasına sebep olur. Gediz-Alaşehir Grabeni (GAG) bu çerçevede yer alır.

Genişlemeli tektonik içinde gelişen GAG, Bozdağ yükseliminin (K Menderes) kuzeyinde yer alır. Miyosen sonrası gelişmiş (Pliyo-Kuvaterner) KB-GD gidişli faylardan –Akhisar, Çaldağ, Manisa ve GAG'ın güney kenarı fayları- toplanan fay düzlemi kayma verilerinin analizleri KKD-GGB ile KD-GB yönelimli genişlemeli rejim verir. Bu faylar, sağ yanal atımlı faylar üzerinde bindirmeli gelişmiştir. Artı alt Miyosen sonrası Pliyosen öncesi sıkışmalı fay verileri de toplanmıştır. Bu kısa dönem alansal sıkışmalı rejimin varlığı veyahut fay blokları kenar zonlarında gelişmiş rotasyona bağlı sıkışma alanlarının ürünleri olabilir.

Faylar boyunca gözlenen bu sağ yanal atım –kuzeyde Eskişehir fayından güneybatıda Efes fayına kadar- bölgesel olarak saatin tersi istikametinde rotasyon verir.

**Anahtar kelimeler:** Genişleme, saatin tersi istikametinde rotasyon, Gediz, Ege genişleme bölgesi.

**Abstract:** Interplay between the dynamic effects of the northward subduction of the African plate beneath the Aegean continental fragment and the North Anatolian dextral strike slip fault to the north is causing large-scale extensional crustal deformation and volcanism in the evolving Aegean extensional province. The Gediz-Alaşehir Graben (GAG) is situated within that frame.

GAG, being in that large scale extensional crustal region, is a NW-SE trending extensional basin developed to the north of Bozdağ horst (K Menderes). The slip data collected from NW-SE trending faults –Akhisar, Çaldağ, Manisa and southern margin faults- analyzed. The results manifest a NNE-SSW to NE-SW extension. However, the data overprints onto dextral strike slip data in various locations. Plus, contractional slip data also collected for the period of post-early Miocene-pre-Pliocene. This may support the existence of a region wide short term lived contraction or contractional data exist along the block boundaries of rotated faults.

The dextral strike slip data from the faults –from Eskişehir fault to Efes fault in SW- point out a region wide counterclockwise rotation in Aegean extensional province.

**Keywords:** Extension, counterclockwise rotation, Gediz, Aegean extensional province.





**BÖLGESEL JEOLJİ/REGIONAL GEOLOGY**

Aral OKAY - Erman ÖZSAYIN - Bora ROJAY-Derek THORKEKELSON - Mehmet KESKİN

---

**Poster/Posters**

---

**ÖZ/ABSTRACT**





## Bornova Karmaşığı Kavacık Granitinin Yapısal ve Dokusal Özellikleri (Batı Türkiye)

### *Structural And Petrographic Features Of The Kavacık Granite In The Bornova Mélange (West Turkey)*

Reyhan Peştemalcı Üregel<sup>1</sup>, Talip Güngör<sup>2</sup>, Altuğ Hasözбек<sup>3</sup>, Cüneyt Akal<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Buca, İzmir

<sup>2</sup>Dokuz Eylül Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Buca, İzmir

<sup>3</sup>Dokuz Eylül Üniversitesi Torbalı Meslek Yüksekokulu, Torbalı, İzmir

(reyhan.geo@gmail.com)

**Öz:** İzmir-Seferihisar arasında yer alan Kavacık Köyü çevresinde geniş bir alanda yayılım sunan Kavacık Graniti'nin petrografi, jeokimya ve yapısal özellikleri tanımlanmıştır. Kavacık Graniti'nin Üst Kretase-Paleosen yaşlı Bornova karmaşığı içindeki konumu, dokanak ilişkileri ve yayılımı jeoloji haritası yapılarak ortaya konmuştur. Kavacık Graniti'nde petrografik, jeokimya ve jeokronoloji analizleri yapılmıştır. Bu analizlerden elde edilen bilgilerle Kavacık Graniti'nin Bornova karmaşığı içindeki konumu ve yakın çevresinde bulunan Efemçukuru altın yatağı ve Balçova jeotermal sahasıyla ilişkisi gözden geçirilmiştir.

Bornova karmaşığında yer alan Kavacık Graniti'nin jeokimya ve jeokronolojik özellikleri bu çalışmada ilk kez tanımlanmıştır. Kavacık Graniti İzmir-Ankara Kenet Kuşağı'nın batı bölümünü oluşturan Bornova karmaşığında bir tektonik dilim olarak bulunmaktadır. Kavacık Graniti'nden alınan zirkon kristallerinden 224 My konkordan (U-Pb lazer ablasyon) yaşı elde edilmiştir. Erken Triyas yaşları Karaburun Yarımadası'nda (Karaburun Graniti) ve Menderes Masifi'nde (Ödemiş-Kiraz alt masifi) saptanmıştır.

KD-GB yönünde uzanım gösteren bir tektonik dilim olan Kavacık Graniti holokristalen doku gösterir ve bileşimi granit ile gabroyik-diyorit arasında dağılım sunmaktadır. Jeokimyasal olarak Kavacık Graniti I-tipi ve subalkalin karakterlidir ve bir volkanik yay ortamında oluşmuştur. Erken Permiyen-Erken Triyas zaman aralığında varlığını sürdürmüş bu volkanik yayın Geç Kretase-Geç Paleosen aralığında İzmir-Ankara Kenet Kuşağı'na dahil olduğunu belirtmektedir.

Efemçukuru altın yatağı Kavacık Graniti'nin yapısal olarak altında bulunan tektonik dilimlerde yer alır ve bu altın yatağı KB-GD doğrultulu bir açılma kırığına yerleşmiştir. Efemçukuru altın cevherleşmesi ile Kavacık Graniti'nin ilişkisini ortaya koymak için cevherleşmenin meydana geldiği kontak zonun radyometrik yaşının saptanması gereklidir.

Kavacık Graniti'nin yapısal konumu (tektonik dilim) ve yaşı (224 My) sebebiyle Balçova jeotermal sistemi için bir ısıtıcı kaynak olamayacağı sonucuna varılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Bornova karmaşığı, Erken Triyas, I-tipi granit, U-Pb zirkon yaşlandırması, Batı Türkiye, İzmir-Ankara Kenet Kuşağı

**Abstract:** Petrographic, geochemical and structural features of the Kavacık granite that form extensive outcrops around Kavacık Village in the area between İzmir and Seferihisar were described. Tectonic position, boundary relations and distribution of the Kavacık granite in the Bornova m $\acute{e}$ lange were revealed by geological mapping. In addition to geological mapping, petrographic, geochemical and geochronological analyses were also carried out. In the light of these analyses, tectonic position of the Kavacık granite and its relations between Efem $\acute{c}$ ukuru Au deposit and Bal $\acute{c}$ ova geothermal system were reviewed.

Geochemical characteristics and geochronology of the Kavacık granite were described in this study for the first time. The Kavacık granite is found as a tectonic slice in the Bornova m $\acute{e}$ lange which forms the westernmost part of the İzmir-Ankara Zone. Zircons from the Kavacık granite yield a concordia age of 224 Ma (U-Pb laser ablation). Early Triassic zircon ages were also reported from the Karaburun Peninsula (Karaburun Granite) and Menderes Massif (Ödemis-Kiraz Submassif).

The Kavacık granite that forms NE-SW trending tectonic slice shows holocrystalline texture, and its composition ranges from gabbroic-diorite to granite. Geochemical analysis of the Kavacık granite indicate I-type genesis, subalkaline character and an volcanic arc tectonic setting. A part of this volcanic arc existed from Early Permian to Early Triassic was accreted in the İzmir-Ankara Suture during Late Cretaceous-Late Paleocene.

Efem $\acute{c}$ ukuru Au deposit occupies a tension crack (Mode I) that strikes NW-SE, and is found in a tectonic slice that underly the Kavacık tectonic slice. We need some geochronologic data from in and contact zone of the Efem $\acute{c}$ ukuru Au deposit to deduce temporal and spatial relations between Kavacık granite.

It has been concluded that due to the structural location (tectonic slice) and age (224 Ma) of Kavacık Granite, it cannot be a heating source of the Bal $\acute{c}$ ova geothermal system.

**Keywords:** Bornova m $\acute{e}$ lange, Early Triassic, I-type granite, U-Pb zircon dating, West Turkey, İzmir-Ankara Zone

**ÇEVRE JEOLJİSİ / ENVIRONMENTAL GEOLOGY**

Alper BABA - İrfan YOLCUBAL - Fatma GÜLTEKİN Prosun BHATTACHARYA - Dilek TURER

---

**Sözlü Sunumlar/*Oral Presentations***

**ÖZ/*ABSTRACT***





## Artvin İli Polimetallik Maden Sahalarında (Murgul ve Kuvarshan) Asit Maden Drenajı Oluşumunu ve Çevresel Etkilerini Kontrol Eden Jeokimyasal Süreçler

*Geochemical Processes Controlling Acid Mine Drainage Formation and  
Environmental Impacts in Polymetallic Mine Sites of Artvin (Murgul and  
Kuvarshan)*

**İrfan Yolcubal<sup>1</sup>, Ayda Doğrul-Demiray<sup>1</sup>, Emin Çiftçi<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Kocaeli Üniversitesi Jeoloji Müh. Böl. Umuttepe, Kocaeli, Türkiye

<sup>2</sup>İstanbul Teknik Üniversitesi Maden Fakültesi Jeoloji Müh. Böl., Maslak, İstanbul  
(yolcubal@kocaeli.edu.tr)

**Öz:** Doğu Pontid Metalojenik kuşağı birçok aktif ve terkedilmiş Volkanojenik Masif Sülfid (VMS) yatağına ev sahipliği yapmaktadır. Çalışma kapsamında, zengin metalik maden yataklarına sahip Artvin ili özelinde, pilot olarak seçilen VMS tipi aktif Murgul ve terkedilmiş Kuvarshan bakır maden sahalarında, cevherleşmeyle ilişkili dasitik seri kayaların ve maden atıklarının asit kaya drenajı oluşturma potansiyelleri, oluşan liçin kimyası ve metal salınım kinetikleri belirlenmiş, AMD oluşumunu kontrol eden jeokimyasal süreçler ve olası çevresel etkileri saha, laboratuvar ve jeokimyasal modelleme çalışmalarını kapsayan bütünsel bir yaklaşımla ortaya konmuştur.

Saha çalışmaları sırasında sahaları temsil eden cevher ve pasa oluşturan yan kayalar, AMD oluşumları ve çökellerinden örnekleme yapılmıştır. Laboratuvar çalışmaları kapsamında alınan sıvı örneklerin fiziksel özellikleri ve majör ve iz element kimyaları belirlenmiş, katı örnekler ise XRD, XRF ve cevher mikroskopisi çalışmalarıyla mineralojik ve jeokimyasal açıdan karakterize edilmiştir. Sahaları temsilen seçilen on dokuz adet örnek üzerinde Asit Baz Muhasabesi (ABM) testleri gerçekleştirilmiş, test sonuçlarına göre belirlenen dokuz örnek üzerinde ise AMD oluşum ve metal salınım kinetiğini ve liç kimyasını belirlemek amacıyla bir yıl süren nem hücresi testleri yürütülmüştür. Nem hücresi testlerinde drenaj su kalitesini belirleyen jeokimyasal süreçler jeokimyasal modelleme çalışmalarıyla teyit edilmiştir.

İncelenen her iki sahada da AMD oluşum izleri gözlenmesine karşın, bu oluşumların yüzey su drenaj sistemleriyle bağlantılarının olmaması yada meydana gelen maden drenajların debilerinin nispeten küçük olması, çevresel açıdan olumsuz etkilerini önemli ölçüde sınırlamıştır. ABM test sonuçları yan kayalardan cevherli dasitlerin asit üretme potansiyellerin yüksek olduğunu, mor ve yeşil dasitlerin ise “net nötralle edici” karakterli olduğunu göstermiştir. Cevherli dasitlerde farklı hızlarda gerçekleşen AMD oluşumlarında ve metal salınımlarında malzemenin alterasyon derecesi, örneğin jeokimyası ve sülfid mineralojisi ve pirit minerallerin boyutu etkili olmuştur. İncelenen tüm örnekler arasından en yüksek miktarlarda metal (Fe, Al, Cu, Mn, Zn, As, Pb) salınımı ve konsantrasyonları Kuvarshan sahasından alınan maden atıklarında gözlenmiştir. Kuvashan ve Murgul maden sahalarında AMD oluşumuna ağırlıklı olarak piritin oksidasyonunun neden olduğu, farklı AMD ürünlerin (ikincil sülfat mineralleri, de-



mir hidroksit vb) çözünmesi ve çökeliminin metal salınımını ve liçin asitlik derecesini kontrol ettiği gözlemlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Asit maden drenajı, asit baz muhasebesi, kinetik test, Murgul, volkanojenik masif sülfür yatakları

**Abstract:** Eastern Pontide Metallogenic Belt hosts many active and abandoned Volcanogenic Massive Sulfide (VMS) deposits. VMS type active Murgul and abandoned Kuvurshan copper mines, located in Artvin Province that is rich in metallic ore deposits, were selected as pilot study areas. Within the scope of this study, Acid Rock Drainage (ARD) potential of dacitic host and wall rocks associated with mineralization, mine wastes and tailings, drainage chemistry, kinetics of metal release and prevailing geochemical processes and their potential environmental impacts were assessed with a holistic approach encompassing field, lab and geochemical modeling studies.

During the field studies, representative ore, host-rock, tailing and overburden samples as well as AMD leachates and precipitates were sampled from each mine site. Through the following laboratory studies, physical properties, major and trace element chemistry of aqueous samples were determined. Solid samples were also characterized mineralogically and geochemically employing X-ray diffraction (XRD), X-ray fluorescence (XRF), and optical microscopy studies. Acid-Base Accounting (ABA) tests were carried out on nineteen representative samples. Nine samples selected based on ABA test results were undergone humidity cell tests for one year duration to determine their AMD generation and metal release kinetics and leach chemistry. In the humidity cell tests, geochemical processes governing drainage water quality were confirmed through the geochemical modeling studies.

Studies revealed that although AMD formations were observed in both sites investigated, their isolation from the surface water drainage networks or low discharge rates of AMD drainages substantially limited their environmental effects. The ABA test results revealed that among the host-rocks, the pyritized dacites had high acid producing capacity; however, purple and green dacites had “apparent acid neutralizer” character. Different rates of AMD formation and metal release occurring in the pyritized dacites were due to variation in the degree of alteration, geochemistry and sulfide mineralogy of the samples and grain size of pyrite minerals. Highest metal (Fe, Al, Cu, Mn, Zn, As, Pb) release rates and concentrations in leachate samples were observed in the waste rocks of Kuvurshan mine site. The AMD formation at Kuvurshan and Murgul mine sites was essentially due to oxidation of pyrite. Dissolution and precipitation of various AMD products (secondary sulphate minerals, ironoxyhydroxides, etc.) also controlled the metal release rate and acidity of the mine leachates.

**Keywords:** Acid mine drainage, acid base accounting, kinetic test, Murgul, volcanogenic massive sulphide ore deposits



## Elazığ'daki Maden Sahalarının Sulara Etkileri

### *The Effects of Mine Fields on Water in Elazığ*

**Nida Köktan<sup>1</sup>, H. Alim Baran<sup>2</sup>, M. Tahir Nalbantçılar<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Batman Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Batman, Türkiye

<sup>2</sup>Batman Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Batman, Türkiye.

<sup>3</sup>Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bil. Fak., Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye.

(hacialim.baran@batman.edu.tr)

**Öz:** Açık ve kapalı madencilik faaliyetleri, terkedilmiş maden sahaları ile jeolojik oluşumlar, formasyonları oluşturan kayacın yapı, doku ve bileşimine bağlı olarak gözlenen çevre sorunlarının başlıca nedenleri arasında yer almaktadır.

Elazığ ilinin yaklaşık 30 km güneydoğusundaki Maden ilçesi ile 50 km doğusundaki Alacakaya ilçesi Türkiye'nin bilinen en eski maden sahalarındandır. İnceleme alanında Jura'dan Orta Eosen'e kadar farklı yaşlarda magmatik, sedimanter ve volkanosedimanter birimler yüzeylenmekte olup, genellikle Üst Jura-Alt Kretase yaşlı Guleman ofiyolitine ait kayaçlar gözlenmektedir.

Jeolojik yapı veya madencilik faaliyetlerinin olası çevresel etkilerinin belirlenmesi amacıyla 2016 kurak dönem ve 2017 yağışlı dönemine ait, 17'si dere, 6'sı galeri ve 2'si kaynak olmak üzere 25 adet su örneği alınmıştır. Alınan örneklerin analizleri sonucunda; 2016 kurak döneme ait su örneklerinde Fe (0 – 13,433 mg/l), Cr (0,007 – 0,2347 mg/l), Al (0,001-6,411 mg/l), Ni (0,0004-0,4948 mg/l) ve Pb (0-0,361 mg/l) değerleri arasında iken, 2017 yağışlı dönem örneklerinde Fe (0 – 9,033 mg/l), Cr (0 – 0,2004 mg/l), Al (0-1,698 mg/l), Ni (0,0002-0,3732 mg/l) ve Pb (0-0,0118 mg/l) olmak üzere kısmen düşüktür. Fe ve Cr elementlerine ait analiz sonuçları Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği ile karşılaştırılmış ve inceleme alanındaki suların bu yönetmeliğe göre izin verilen değerlerin üzerinde element içerdikleri, dolayısıyla yöredeki suların kullanımının uygun olmadığı belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Elazığ, su kirliliği, maden yatağı

**Abstract:** Open and closed mining activities are among the main causes of environmental problems observed due to abandoned mining sites, geological formations, formation of rock, structure and texture and composition of formations.

Mining district of Elazığ province, about 30 km to the southeast 50 km east of the town of Alacakaya Turkey's one of the oldest known mine fields. In the study area, magmatic, sedimentary and volcanosedimentary units are exposed at different ages from Jurassic to Middle

Eocene and generally the rocks of the Upper Jurassic-Lower Cretaceous Guleman ophiolite are observed.

Water samples were taken in 2016 dry period and 2017 wet period in order to determine possible environmental effects of geological structure or mining activities.

As a result of the analysis of the samples, while Fe (0 – 13,433 mg/l), Cr (0,007 – 0,2347 mg/l), Al (0.001-6.411 mg/l), Ni (0.0004-0.4948 mg/l) and Pb(0-0.361 mg/l) are observed in the samples obtained from the study area belonging to the 2016 dry period, these values for 2017 wet period samples are partially low and varied between Fe (0 – 9,033 mg/l), Cr (0 – 0,2004 mg/l), Al(0-1.698 mg/l), Ni (0.0002-0.3732 mg/l), Pb (0-0.0118 mg/l). As a result of the comparison of the results of Fe and Cr elements with Water Pollution Control Regulation the results show that concentration of these elements exceed spring water limit of Water Pollution Control Regulation, therefore is not suitable for use of the waters for any consumption in the region.

**Keywords:** Elazığ, mineral deposit, water pollution.



## Eğribayat-Tatlıcak (Konya) Çevresindeki Toprak-Bitkilerin Jeokimyasal Özellikleri ve Ağır Metal Kirliliği

### *The Geochemical Characteristics of Plants-Soil Around Eğribayat-Tatlıcak (Konya) and Heavy Metal Pollution*

**Ömer Kağan Arıcı, Alican Öztürk**

*Konya Teknik Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi Jeoloji Mühendisliği  
Bölümü Selçuklu/Konya*

*(alicanozturktr@gmail.com)*

**Öz:** Bu çalışmada Eğribayat-Tatlıcak (Selçuklu-Konya) çevresindeki toprak ve bitkilerin jeokimyasal özellikleri ve ağır metal kirliliğinin incelenmesi, bitkiler ile toprakların kalınlık ve zonlanma özelliklerine göre sınıflandırılmasının yapılması, jeokimyasal özelliklerine göre bitki ve topraktaki jeojenik, madencilik ve antropojenik ağır metal kirliliklerinin ortaya çıkarılması ve kirlilik haritaları ile kaynak kayaç ilişkisinin araştırılması amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda dere içlerinde ve çukurluklarda toplanmış topraklardan 10 adet ve üzerindeki bitkilerden (buğday) 9 adet numune alınmıştır. Numunelerin jeokimyasal analizleri (Mo, Cu, Pb, Zn, Ag, Ni, Co, Mn, Fe, As, U, Au, Th, Sr, Cd, Sb, Bi, V, Ca, P, La, Cr, Mg, Ba, Ti, B, Al, Na, K, W, Sc, Tl, S, Hg, Se, Te, Ga, Cs, Ge, Hf, Nb, Rb, Sn, Ta, Zr, Y, Ce, In, Re, Be, Li, Pd, Pt) gerçekleştirilmiş ve elde edilen veriler üzerinde istatistiksel yöntemlerle değerlendirme yapılmıştır. Bunun yanında toprak numuneleri üzerinde muhtemel metal kirlilik boyutlarının analizinde ortalama şeyl metal konsantrasyon değerleri temel (background) değerler olarak kabul edilmiş ve metallerin kirlilik değerlendirmesinin yapılabilmesi için sırasıyla zenginleşme faktörü (EF), jeobirikim indeksi (Igeo), kirlilik faktörü (Cf) ve kirlilik yük indeksleri (PLI) hesaplanmıştır. Bitkilerde yapılan jeokimyasal analiz sonuçlarının element ortalama değerlerine göre Fe (% 0.23), Cr (3,95 ppm), Cd (0,08 ppm) ve B (19 ppm) değerleri kritik konsantrasyon değerleri üzerinde, Mn (51,38 ppm), Cu (10,71 ppm), Zn (62,63 ppm), Ni (1,59 ppm), Pb (51,38 ppm) ve Co (0,26 ppm) değerleri ise kritik konsantrasyon değerleri içerisinde. Ayrıca V9 (Mn, Zn, Ni, Co ve B), V1 (Zn), V8 (Pb) numunelerinde kritik konsantrasyon değerlerinin üzerinde sonuçlar elde edilmiştir. Toprak numunelerinde yapılan jeokimyasal analiz sonuçları göz önünde bulundurulduğunda Pb elementi dışındaki metallerin ortalama konsantrasyon değerleri dünya ortalama şeyl değerlerinin altında As ve Hg elementlerinin ise ortalamaya yakın olduğu tespit edilmiştir. Analizi yapılan elementler için ayrı ayrı değerlendirme yapıldığında Cf sonuçlarına göre N1 ve N2 numunelerin alındığı yerlerde “kirlilik” diğer yerler de “kirlenmemiş” olduğu ve ortalama EF sonuçlarına göre ise Pb (N1, N2, N4, N5, N6, N8, N10) ve As (N1, N6, N9, N10) elementlerin “Orta-Önemli ölçüde zenginleşme”, Hg (N1) elementin ise “Önemli ölçüde zenginleşme” sunduğu belirlenmiştir. Ayrıca Igeo sonuçlarına göre de toprakların Cu, Pb, Zn, Ni, Mn, Fe, As, Cd, Cr, Al, Hg Pb elementlerine göre genelde “kirlilik” olmadığı belirlenmiştir. Ancak toprakların Pb (N1) bakımından “kirlenmiş” As (N1) ve Hg (N1) bakımından “Orta derecede kirlili” ve As (N10) bakımından “Az kirlili” sınıfında olduğu tespit edilmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Ağır metal, buğday, Eğribayat-Tatlıcak, kirlilik, zenginleşme

**Abstract:** Around Eğribayat-Tatlıcak (Selcuklu-Konya-Türkiye) area, for the aim of investigating geochemical characteristics and heavy metal pollution of soils and plants, classifying soil and plants according to the thickness and zoning properties, and determining geogenic, mining related and anthropogenic heavy metal pollution in plants and soils depending on their geochemical properties and investigating the relationship between source rocks and pollution maps, 10 soil samples were collected from creeks and pits and 9 samples were collected from the plants (wheat). Geochemical analysis was performed on the samples (Mo, Cu, Pb, Zn, Ag, Ni, Co, Mn, Fe, As, U, Au, Th, Sr, Cd, Sb, Bi, V, Ca, P, La, Cr, Mg, Ba, Ti, B, Al, Na, K, W, Sc, T, S, Hg, Se, Te, Ga, Cs, Ge, Hf, Nb, Rb, Sn, Ta, Zr, Y, Ce, In, Re, Be, Li, Pd, Pt) and the data were evaluated with statistical methods. In addition, the average shale metal concentration values were accepted as background values and the enrichment factor (EF), geoaccumulation index (Igeo), pollution factor (Cf) and pollution load index (PLI) were calculated respectively in order to evaluate metal pollution. According to the element average values of the geochemical analysis results of the plants, Fe (0.23 %), Cr (3.95 ppm), Cd (0.08 ppm) and B (19 ppm) were above the critical concentration values; Mn (51.38 ppm), Cu (10.71 ppm), Zn (62.63 ppm), Ni (1.59 ppm), Pb (51.38 ppm) and Co (0.26 ppm) were in the critical concentration values. In addition, V9 (Mn, Zn, Ni, Co and B), V1 (Zn), V8 (Pb) samples showed values above the critical concentrations. When the geochemical analysis results of soil samples were taken into consideration, the average concentrations of metals other than Pb were below world average shale values; As and Hg elements were found to be close to the average. When separately evaluated for the analyzed elements, according to the results of pollution factor (Cf), places where N1 and N2 samples taken, were “polluted” and other places were “unpolluted” and according to the results of average enrichment factor (EF), Pb (N1, N2, N4, N5, N6, N8, N10) and As (N1, N6, N9, N10) elements show “moderate- significant enrichment”, Hg (N1) shows “significant enrichment”. In addition, according to the results of the geoaccumulation (Igeo) index of the soil in general, Cu, Pb, Zn, Ni, Mn, Fe, As, Cd, Cr, Al, Hg Pb concentrations were generally in the "unpolluted" class. However, Pb (N1) was detected to be “polluted”, As (N1) and Hg (N1) were detected as “moderately polluted” and As (N10) was detected as “unpolluted to moderately polluted”.

**Keywords:** Heavy metal, wheat, Eğribayat-Tatlıcak, pollution, enrichment,



## Tarımdan Kaynaklanan Toprak Kirliliğinin Kütahya Altıntaş Ovasında Toy Kuşu Popülasyonu Üzerine Olumsuz Etkileri

*Negative Effects of Soil Pollution Caused by Agriculture on Population of  
Great Bustard in Kütahya Altıntaş Plain*

**Metin Aksaz**

*İbrahim Aksaz Yaban Hayatını Koruma Derneği, Kütahya, Türkiye  
(metinaksaz@hotmail.com)*

**Öz:** Toy Kuşu (Great Bustard) Avrupa’da ve Türkiye’de soyu tükenmekte olan türlerden olarak bilinmektedir. Anadolu’nun çeşitli kesimlerinde vahşi doğada hala toplamda 800-3000 bireyin yaşadığı tahmin edilmektedir. 1950 Paris ve 1979 Bern sözleşmesine göre bu kuşlar koruma altındadır.

Altıntaş ovasında 2010 ve 2011 yılları arasında UNDP’nin desteklediği 18 aylık proje kapsamında Toy Kuşu popülasyonlarının havza içerisinde azalma sebepleri araştırılmıştır. Araştırmada havza içerisinde öncelikle Toy Kuşunun tercih ettiği ve insan eli ile dışarıdan etkinin olabileceği alanlar (Tarım Arazileri) belirlenmiştir. Sulu tarım arazilerinde tahıl ve şekerpancarı ekildiği ve Toy Kuşlarının kuluçka dönemi olan Nisan ve Mayıs ayı başında çok yüksek miktarda ot ilaçları kullanıldığı gözlenmiştir. Tarla içerisinde yuva yapan bir kuş olan Toy Kuşları da direk olarak bu tarım ilaçlarından etkilenmekte ve yılda 3 yumurta yapan kuş yavrularının tamamını kaybetmektedir. Bu da yoğun ilaçlı tarım yapılan arazilerde türün yok olmasına neden olmaktadır.

Alanda önceki yıllarda yapılan çalışmalarda tarım arazilerinde gübre ve pestisit girdisinin yüksek değerlerde olduğu belirtilmiştir. Araziye uygulanan pestisit ve gübreler toprağa ve bitki yüzeyine bulaşmakta ve kuluçka evresini bu tarım arazilerinde geçiren Toy Kuşlarını da etkilemektedir. Proje döneminde bu alanlarda çok nadir Toy Kuşu gözlenmiştir. 1997 yılı gözlem kayıtlarında 58 adet Toy Kuşu görülürken bu sayı 2010-2011 yılında 6 ya düşmüştür. Bu durum havzadaki ilaçlı tarım uygulamalarının Toy Kuşlarının yaşam kalitesini düşürdüğü ve sürüye yeni birey girişini engellediği için bu sayının giderek azalmış olabileceğini düşündürmektedir.

Havzada nüfusun ve tarımsal kirliliğin az olduğu tarım arazileri de araştırılmıştır. Bu alanlarda üreme dönemini içine alan Nisan ve Mayıs aylarında yapılan tarımsal faaliyetlerde pestisit ve kimyevi gübrelerin kullanılmadığı görülmüştür. Tarlaların besin ihtiyacını çiftlik hayvanlarının gübreleri ile karşıladıkları ve ürün türlerini bir sene kavun, kabak, fasulye diğer sene ise arpa ve buğday şeklinde nöbetleşe ettikleri tespit edilmiştir. Havzanın bu bölümüne ait gözlem kayıtlarında 5 adet yeni yavru birey kaydı girilmiştir. Bu kayıt sahada en az 2 ya da 3 yetişkin dişinin kuluçka yaptığını göstermektedir. Aynı alanda 2016 yılı gözlem kayıtlarında 17 bireyin görülmesi tarımsal ilaç ve gübrelerin Toy Kuşlarının üremesini olumsuz etkilediğini göstermektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Ekim nöbeti, gübre, pestisit, Toy Kuşu

**Abstract:** The Great Bustard (Toy Kuşu) is known as among species that are extinct in Europe and Turkey. It is estimated that 800-3000 individuals still live in the wild in various parts of Anatolia. According to the 1950 Paris and 1979 Bern Convention these birds are under protections. The reasons for the reduction of the population of Great Bustard within the basin were investigated with the 18-month project supported by UNDP between 2010 and 2011 in Altıntaş plain. In the basin, first of all, the areas which the Great Bustard preferred and where the human could have an influence to the nature (Farmland) were determined. It was observed that cereal and sugar beet was sown in the irrigated agricultural land and very high amount of pesticide were used in the incubation period of the Great Bustard in April and May. The Great Bustard, a bird nesting in the field, are also directly affected by these pesticides and lose all of their offspring for a bird that makes 3 eggs per year. This causes extinction of the species in the areas where intensive pesticide are used.

In the studies carried out in the previous years, it was stated that the inputs of fertilizer and pesticide are high in the farm lands in the area. Pesticides and fertilizers applied to the land contaminate the soil and the plant surface and affect the incubation period of the Great Bustard. During the project period, very rare Great Bustard was observed in these areas. In 1997, there were 58 Great Bustard in the observation records and this number decreased to 6 in 2010-2011. This fact suggests that the number of chemical agriculture practices in the basin may have decreased gradually as it decreases the quality of life of Great Bustard and prevents the entry of new individuals into the herd.

Agricultural areas with low population and agricultural pollution were also investigated in the basin. It was observed that pesticides and chemical fertilizers were not used in the agricultural activities in April and May, which included the reproduction period in these areas. It was determined that the food needs of the fields were supplied by the fertilizers of the farm animals and the crops were cultivated in the form of melons, squash, beans and barley and wheat in the other year. In the observation records of this section of the basin, 5 new juvenile individuals were entered. This record shows that at least 2 or 3 adult females are incubated in the field. In the same field, the observation of 17 individuals in 2016 observation records shows that agricultural pesticides and fertilizers negatively affect the growth of Great Bustard.

**Keywords:** Crop rotations, fertilizer, Great Bustard, pesticide



## Atıksularda Bulunan Zn(II) Ağırmetalinin Doğal Malzeme ile Giderimi: Genleştirilmiş Perlit

*Removal of Zn (II) Heavy Metal in Wastewater by Natural Material:  
Expanded Perlite*

**Sinan Mehmet Turp, Ümit Korkutata**

*Bitlis Eren Üniversitesi Bitlis Türkiye  
(umitkorkutata@gmail.com.)*

**Öz:** Günümüzde büyük sorunlardan biri olan atık suların arıtılması güç ve maliyetli olabilmektedir. Atık sularda kirlenmeyi oluşturan ve buna bağlı olarak çevre kirliliğine neden olan etmenler: radyoaktif atıklar, ağır metal bileşikleri, siyanür, organik ve çözücüler, aromatik ve alifatik hidrokarbonlar, hızlı sanayileşme, aşırı nüfus artışı ile birlikte artan nüfusun yaşam standartlarının yükselmesi ve kentleşme olgusu gibi nedenlerle şehir merkezlerinde, sanayi tesislerinde ve tarımsal faaliyetler sonucunda önemli miktarlarda atık su oluşmaktadır. Atık sular; yeraltı suları, akarsu, göl ve denizlerde oluşan çevre kirliliğinin en önemli kaynağıdır. Bu atıksularda kanserojen kimyasallar ve toksik maddeler içerdiği yapılan çalışmalarla tespit edilmiştir ve içerisindeki ağırmetallerin uzaklaştırılması için genleştirilmiş perlit kullanılarak çinko ağırmetalinin giderimi sağlanmıştır. Çinko, yer kabuğunda en çok bulunan metaller arasında yer alır ve endüstride en çok kullanılan metallere dendir. Çinko, çelik işleri, rayon ipliği ve elyaf üretimi, öğütülmüş odun hamuru üretimi, katodik işlem yapan sistemlerde soğutma suyunun sirkülasyonu sularında bulunur. Kaplama ve metal işleme endüstrileri atıksularında da çinko bulunur. Gerçekleştirilen giderim verimi araştırmasında adsorban olarak ülkemizde rezervinin oldukça fazla olduğu ve dünya rezervinin %70'ini bulunduran perlit madenin işlenmesiyle üretilen genleştirilmiş perlit (GP) kullanılmıştır. Ülkemize ait Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliğinde yer alan kıta içi su kaynaklarının sınıflarına göre kalite kriterlerinde çinko seviyeleri için; 1. Sınıf kalite 0,2 mg/L'den küçük, 2. Sınıf kalite için 0,2-0,5 mg/L, 3. Sınıf kalite için 0,5-2 mg/L ve en son olarak 4. Sınıf kalite için 2 mg/L'den düşük olması koşuluyla nitelendirilmiştir. Deneyler laboratuvar ortamında çinko ağırmetal tuzundan hazırlanan sentetik atıksulardan Zn<sup>+2</sup> gideriminden elde edilen numunelerin analiz sonuçları yüzde olarak ifade edilmiştir. Çalışmada Zn<sup>+2</sup> ağırmetalini 1-100 mg/L arasında değişen farklı başlangıç konsantrasyonlarında yapılan deneylerde, 5 dak.-20 dakika arası farklı zaman aralıklarında giderim verimleri; 1 mg Zn<sup>+2</sup>/L'de ortalama %98, 5 mg Zn<sup>+2</sup>/L'de %92, 10 mg Zn<sup>+2</sup>/L'de %79, 25 mg Zn<sup>+2</sup>/L'de %65, 50 mg Zn<sup>+2</sup>/L'de %51, 100 mg Zn<sup>+2</sup>/L'de %22 olarak giderim sağlanmıştır. Genleştirilmiş perlitin adsorban maddesi olarak çinko ağırmetalinde giderim verimi olarak iyi sonuç verdiği görülmüştür. Yüksek konsantrasyonlarda giderim verimindeki düşüş adsorban miktarının yetersizliğinden kaynaklandığı belirlenmiştir. Genel olarak genleştirilmiş perlitin ağırmetal gideriminin de iyi sonuç vermesi, ülkemizde yüksek rezerve sahip bu malzemenin değer kazanmasına öncülük ederek atıksulardan kaynaklanan ağırmetal kirlilik probleminin giderilmesine de farklı bir bakış açısı getirmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Adsorpsiyon, ağırmetal giderimi, genleştirilmiş perlit, çinko giderimi, doğal adsorban



**Abstract:** Today, one of the major problems of wastewater treatment can be difficult and costly. Contamination of wastewater and consequently environmental pollution factors: radioactive wastes, heavy metal compounds, cyanide, organic and solvents, aromatic and aliphatic hydrocarbons, rapid industrialization, increased population growth as well as increasing living standards of the population and the phenomenon of urbanization significant amounts of wastewater are generated in city centers, industrial facilities, and agricultural activities. Wastewater; It is the most important source of environmental pollution in groundwater's, rivers, lakes, and seas. Carcinogenic chemicals and toxic substances in this wastewater were determined by studies.

In order to remove heavy metals from wastewater, expanded perlite was used for removal of Zinc(II). Zinc is among the most common metals in the earth's crust and is one of the most widely used metals in the industry. Zinc, steel sector, rayon yarn, and fiber production, ground wood pulp production is found in the circulation water cooling systems in cathode processing systems. Zinc is also found in the wastewaters of the coating and metal processing industries. In the study of removal efficiency, expanded perlite (GP) was used as the adsorbent in our country and the perlite mine was produced by processing 70% of the world reserve. For the zinc levels in the quality criteria according to the classes of inland water resources in the Water Pollution Control Regulation of our country; 1. Grade quality is less than 0.2 mg / L, 0.2-0.5 mg / L for Grade 2, 0.5-2 mg / L for Grade 3 and more levels from 2 mg / L for Grade 4. Experiments are expressed as percentages of samples obtained from Zn<sup>+2</sup> removal from synthetic wastewater prepared from zinc heavy metal powder in the laboratory environment. In the study, Zn<sup>+2</sup> heavy metal in different initial concentrations ranging from 1 to 100 mg/L in the experiments performed, 5 min-20 minutes at different time intervals removal efficiencies; 98% on 1 mg Zn<sup>+2</sup>/L, 92% on 5 mg Zn<sup>+2</sup>/L, 79% on 10 mg Zn<sup>+2</sup>/L, 65% on 25 mg Zn<sup>+2</sup>/L, 51% on 50 mg Zn<sup>+2</sup>/L and 22% on 100 mg Zn<sup>+2</sup>/L. It has been observed that the expanded perlite yields good results for zinc heavy metals. It was determined that the decrease in removal efficiency at high concentrations was due to the insufficiency of the adsorbent amount. In general, it has good results in heavy metal removal of expanded perlite. Leading the appreciation of this material with high reserve in our country, it has brought a different perspective in eliminating the heavy metal problem caused by wastewater.

**Keywords:** Adsorption, removal of heavymetals, expanded perlite, removal of zinc, natural adsorbent



JEOLOJİ MÜHENDİSLERİ ODASI  
CHAMBER OF GEOLOGICAL ENGINEERS OF TURKEY

Uluslararası Katılımlı 72. Türkiye Jeoloji Kurultayı  
28 Ocak-01 Şubat 2019, Ankara, Türkiye  
72<sup>nd</sup> Geological Congress of Turkey with international participation  
28 January-01 February 2019, Ankara, Turkey

Uluslararası Katılımlı  
72. Türkiye  
Jeoloji  
Kurultayı

## Kentsel Faaliyetlerin Kıyı Akiferlerine Etkileri: Doğu Karadeniz Havzası Örneği

*Effects of Urban Activities on Coastal Aquifers: The Case of the Eastern Black Sea Basin*

**Fatma Gültekin, Esra Hatipoğlu-Temizel, Arzu Fırat-Ersoy**

*Karadeniz Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 61080, Trabzon  
(fatma@ktu.edu.tr)*

**Öz:** Ülkemiz hidrolojik olarak 26 akarsu havzasına ayrılmıştır. Hidrolojik su havzalarının her birinde yıllık yağış miktarı aynı olmadığından su potansiyelleri de farklıdır. Ortalama yağış yüksekliği 1300 mm olan Doğu Karadeniz Havzası ülkemizin en fazla yağış alan bölgesidir. Ancak bu bölge, topografyasının aşırı derecede eğimli, havzada yüzeylenen kayaların geçirimsiz-az geçirimli olmasına bağlı olarak kaynak ve yeraltısu potansiyeli açısından ülkemizin en fakir bölgeleri arasında yer alır.

Doğu Karadeniz kıyı şeridi boyunca kuzeyden güneye doğru derin vadiler oluşturularak akan akarsuların taşıdığı alüvyonlar denize yakın kısımlarda yeraltısu bakımından önem taşımaktadır. Kalınlıkları ve genişlikleri kuzeyden güneye gidildikçe azalan alüvyonların uzunlukları 1 km ile 16 km arasında, genişlikleri 50-1500 m arasındadır. Kalınlıkları en fazla 40 m olan bu alüvyonlarda açılmış bulunan kuyulardan su sağlanmaktadır. DSİ (2015) verilerine göre statik su seviyesi 0,3-1 m arasında olan Doğu Karadeniz Havzası mansap akiferlerinde depolanan su hacmi 238 hm<sup>3</sup>tür.

Bu akiferlerin bir kısmı geçmişte bir kısmı ise halen içme-kullanma suyu kaynağı olarak kullanılmaktadır. Ancak dar vadiler arasındaki kısmen düz alanları oluşturan bu akiferler üzerinde son yıllarda sanayi siteleri, kum- mıcır gibi taş ocakları ürünleri, kömür depolama ve paketleme tesisleri, depolar ve bazı kamu kurum ve kuruluşlarının binaları gibi yapılaşmalar artmaktadır. Bu yapılaşmalar alüvyonlarda depolanan sığ yeraltısu miktarını ve kalitesini olumsuz etkilemektedir.

Havzadaki akiferler havzanın en önemli yeraltısu kaynaklarıdır ve halen 4 şehrin içme-kullanma suyunu karşılamak amacıyla kullanılmaktadır. Daha uzun yıllar kullanılabilmesi için mansap akiferlerinin kalite ve beslenme açısından korunması kaçınılmazdır.

**Anahtar Kelimeler:** Kıyı akiferleri, Doğu Karadeniz Havzası, kentsel faaliyetler

**Abstract:** Our country was divided into 26 river basins hydrologically. Since the annual precipitation is not the same in each of the hydrological watersheds, the water potentials are different. The Eastern Black Sea Basin with an average rainfall of 1300 mm is the most rainfall area of our country. However, this region is one of the poorest regions in terms of spring and

groundwater potential due to its topography being extremely sloped, impermeable-less permeable of the rocks exposed in the basin.

Alluvials, which is carried by streams flowing from north to south along the Eastern Black Sea coastline, are important in terms of groundwater. Alluviums, of which thickness and width decrease from north to south have a length of 1-16 km and a width of 50-1500 m. Water is provided from the wells that are drilled in alluviums with a thickness of up to 40 m. According to DSI (2015) data, the volume of water stored in the coastal aquifers of the Eastern Black Sea Basin with a static water level of 0.3-1 m is 238 hm<sup>3</sup>.

Some of these aquifers are still used and some in the past as a drinking water source. However, in the recent years, buildings such as industrial sites, quarries, coal storage and packaging facilities, warehouses and buildings of some public institutions and organizations have been increasing on these aquifers, which form partially flat areas between narrow valleys. These constructions adversely affect the amount and quality of shallow groundwater stored in alluviums.

The aquifers in the basin are the most important groundwater sources of the basin and are still used to supply the drinking and potable water of 4 cities. In order to be used for many years, protection of coastal aquifers in terms of quality and recharge is inevitable.

**Keywords:** Coastal aquifers, Eastern Black Sea Basin, Urban activities



## EÜAŞ Afşin-Elbistan Havzası Linyit İşletmesinde Bulunan Organik Materyallerden Tarımsal Amaçlı Ürün Geliştirilmesi

*Development of Agricultural Products from Organic Materials Located at the EÜAŞ Afşin - Elbistan Basin Lignite Establishment*

**Ayten Namlı, Muhittin Onur Akça, Hanife Akça**

*Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Ankara, Türkiye*

*(namli@ankara.edu.tr)*

**Öz:** Bu çalışma kapsamında, Afşin Elbistan Linyit İşletme Sahasında mevcut organik materyallerden elde edilen 51 adet organik materyalde; toz ve pelet şeklinde katı organik toprak düzenleyici, hümitik asit, organomineral gübre (NPK, iz element ve hümitik asit içeren) ve kireç gibi tarımda kullanılabilir özelliklere sahip materyallerin üretilmesi amacıyla ürün geliştirme çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre; organik materyallerin %60 ve üzeri organik madde, %8'den az kireç içeren örnekler organik toprak düzenleyicisi (toz ve pelet ile sıvı ve katı hümitik asit); %40-60 arası organik madde içeren ve kireç içeriği %8'den fazla olan örneklerde de organomineral gübre elde edilme çalışmaları yürütülmüştür. Ayrıca kireç içeriği %90'dan fazla olan gıda örnekleri de tarım kireci amaçlı değerlendirmeye alınmıştır. Toz şeklinde organik toprak düzenleyicisi elde etmede herhangi bir sorun yaşanmamış, benzer şekilde sıvı hümitik asit elde edilmesinde ise hümitik asit içeriğinin en az %12 olduğu belirlenmiştir. Linyit örneklerinden sadece sıvı hümitik asit elde edilmesi, katı K-humat üretilmemesi gerekliliği ortaya konmuştur. Organomineral gübre elde etme çalışmaları kapsamında, 15.15.15 kompoze ve DAP gübreleriyle organik materyallerin farklı karışım oranları denenmiş ve 5.5.5 ve 10.10.10 NPK'lı organomineral gübre formülasyonlarıyla, 5.16.0 NP'li organomineral gübre formülasyonunda olumlu sonuçlar alınmıştır. Makro elementlerle elde edilen organomineral gübrelerin yanı sıra mikro elementlerle zenginleştirme çalışmaları da yapılmış ancak organik materyal ilave edilen mikro elementlerin iz miktarlarda olması nedeniyle elde edilen gübre karışımlarının tekrarlamalı analizlerinde verilen “%” miktarlar belirlenememiştir. Kireç içerikleri %90'dan fazla olan gıda örneklerinin tarım kireci olarak değerlendirilmesi amacıyla bir dizi işlem gerçekleştirilmiştir, ayrıca humatca zenginleştirilme çalışmaları yapılmıştır. Sonuç olarak; Afşin Elbistan Linyit İşletme Sahasından alınan 51 örnekten 29 tanesinin toprak düzenleyicisi veya sıvı hümitik asit olarak değerlendirilebilecek nitelikte olduğu ortaya konulmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Hümitik asit, kireç, organik madde, organomineral gübre, toprak düzenleyici, zenginleştirme.

**Abstract:** Within the scope of this study, product development studies were carried out for the purpose of producing materials having characteristics to be used in agriculture such as organic soil conditioner, humic acid, organo-mineral fertilizer (NPK, including trace element and hu-

mic acid) and agricultural lime in the powder and pellet form from 51 organic materials obtained from the organic materials located at the Afşin Elbistan Lignite Establishment. According to the obtained results, the studies for obtaining organic soil conditioner (powder and pellets alongside with liquid and solid humic acid) in the samples including 60% and more organic matter and above and 8% and less lime, and organo-mineral fertilizer in the samples including organic matter between 40% and 60% and lime content more than 8%. Additionally, the gygja samples whose lime content is more than 90% were taken into consideration for agricultural lime purposes. No problems were encountered in obtaining organic soil conditioner in the powder form, and similarly it was determined that the humic acid content was at least 12% in obtaining organic soil conditioner. It was executed that only the humic acid needed to be obtained from the lignite samples and no K-humate needed to be produced. Within the scope of obtaining organo-mineral fertilizers, different mixture ratios of the 15.15.15. composed and DAP fertilizers and the organic materials were tried and positive results were obtained in the 5.5.5. and 10.10.10 organo-mineral fertilizer formulations with NPK and the 5.16.0 organo-mineral fertilizer formulation with NP. Alongside with the organo-mineral fertilizers obtained from macro elements, improvement studies were made with micro elements however the percentage amounts given in the repetitive analyses of the obtained fertilizer mixtures were unable to be determined because of the fact that the micro elements, to which organic materials are added, were in trace amounts. A series of procedures were carried out for the purpose of evaluating the gygja samples whose lime content was more than 90% as agricultural lime; additionally improvement studies in terms of humate were carried out. Consequently, it was determined that 29 samples out of 51, obtained from the Afşin Elbistan Lignite Establishment Field had the characteristics which might be evaluated as a soil conditioner or liquid humic acid.

**Keywords:** Humic acid, lime, organic matter, organomineral fertilizer, soil conditioner, enrichment.

**ÇEVRE JEOLJİSİ / ENVIRONMENTAL GEOLOGY**

Alper BABA - İrfan YOLCUBAL - Fatma GÜLTEKİN Prosun BHATTACHARYA - Dilek TURER

---

**Poster/Posters**

---

**ÖZ/ABSTRACT**





## **Bodrum Yarımadasında (Muğla), Tektonizma Kontrollü Radon Gaz Çıktılarının Önemi**

### *The Importance Of Tectonically Controlled Radon Gas Exhalations In Bodrum Peninsula (Muğla)*

**Mutlu Zeybek, Semih Gürsu**

*<sup>1</sup>Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü  
(mutlu505@googlemail.com)*

**Öz:** Muğla ili ve çevresi, Türkiye Atom Enerjisi Kurumu tarafından radon gazı açısından sınırlı bölgeler arasında gösterilmektedir. Bu çalışmanın amacı, Muğla bölgesinin tatil bölgesi olan Bodrum Yarımadasında, tektonizma kontrollü radon gaz çıkışlarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışma kapsamında, radon konsantrasyon ölçümleri, RADON EYE (Radon FT Lab) cihazıyla, aktif yöntemle yerinde ölçülmüştür. Her ölçüm noktasında, analiz süresi ortalama 60 dakika olarak sınırlandırılmış ve her 10 dakikada bir ölçülen altı değerin aritmetik ortalaması, ölçüm noktasının radon gaz konsantrasyon değeri olarak kaydedilmiştir. Radon ölçümlerinde, hata payını minimize etmek amacıyla ölçümler için hava ile teması sınırlı olan ve genellikle kullanılmayan cami minareleri tercih edilmiştir. Çalışma bölgesinde, radon ölçümleri, Eylül-Ekim 2018 döneminde kurak dönemde gerçekleştirilmiştir. Çalışma kapsamında, Bodrum yarımadasının, ortalama iki aylık dönem boyunca radon gazı konsantrasyonu değerleri, dağılımları ve tektonizma kontrollü gelişimleri ortaya konmuştur. Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından insan sağlığı açısından üst değer olarak belirlenen 100 Bq/m<sup>3</sup>, eşik referans değeri olarak dikkate alınmıştır. Bodrum Yarımadasında radon konsantrasyonları 14 Bq/m<sup>3</sup> ile 1180 Bq/m<sup>3</sup> arasında değişmektedir. Bölgede özellikle Gümüşlük, Yalıçiftlik, Kızılağaç, Akçalan, Gürece, Çamlık, Bodrum merkez, Torba ve Ören'i içine alan alanlarda, genellikle KB-GD yönlü doğrultu atımlı faylara bağlı olarak yüzeye çıkan ve kapalı alanlarda yoğunlaşarak yöre insanların sağlığını tehdit eden yüksek radon gaz çıkışları belirlenmiştir (> 200 Bq/m<sup>3</sup>). Bodrum Yarımadasındaki, kapalı alanlarda gelişen radon konsantrasyonları, insan sağlığı açısından eşik değer kabul edilen 100 Bq/m<sup>3</sup>'ün oldukça üstünde yer almaktadır. Bodrum Yarımadasının ülke ekonomisi açısından önemli bir tatil beldesi olması nedeniyle yüksek konsantrasyonlardaki radon gaz çıkışlarının, insan sağlığı açısından izlenmesi ve gerekli önlemlerin alınması gerekmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Aktif yöntem, Bodrum, insan sağlığı, radon gazı





## Karasu (Sakarya) Kıyı Akiferinde Deniz Suyu Girişim Etkisinin Hidrojeokimyasal Değerlendirilmesi

*Hydrogeochemical Assessment of Influence of Seawater Intrusion in Coastal  
Aquifer (Karasu, Sakarya)*

**Merve Yarımbaş, Özge Can Ataş Gündüz, Ahmet Şener, İrfan Yolcubal**

*Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 41380, Kocaeli,  
Türkiye*

*(merveyarimbasm@gmail.com)*

**Öz:** Bu çalışma kapsamında, Sakarya iline bağlı olan Karasu kıyı ovası alüvyon akiferinin hidrojeokimyasal özelliklerinin ortaya konması, deniz suyu girişiminin ve diğer antropojenik kaynakların yeraltısuyu kalitesi üzerindeki olası etkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır. İnceleme alanı Karasu ve Kocaeli ilçe sınırlarını içine alan yaklaşık 30 km doğu-batı uzanımlı, 2 km genişliğindeki Karadeniz kıyı şeridini kapsamaktadır. Bölgenin önemli turizm noktalarından biri olması ve çok sayıda yazlık site içermesi özellikle yaz aylarında nüfus artışına bağlı olarak su ihtiyacına olan talebin artmasına neden olmaktadır. Bu durum Karadeniz kıyısı boyunca uzanan alüvyon akiferin, yeraltısuyu kalitesi üzerinde tuzlanma baskısı oluşturmaktadır. Yeraltısuyu tablası oldukça sığ olup, bölgesel olarak yer yüzeyinden 0,5 ile 4,8 m derinlikte (ortalama 2,9 m) yer almaktadır. Yeraltısuyu kalitesini ve deniz suyu girişiminin olası etkisini belirlemek amacıyla alınan yeraltısuyu örneklerinin fiziko-kimyasal özellikleri (pH, Elektriksel İletkenlik, Sıcaklık, Çözünmüş Oksijen), majör iyon ve iz element kimyaları ortaya konmuştur. Çalışma kapsamında lokal yağmur ve deniz suyu kimyasını belirlemek amacıyla da ayrıca su örnekleri alınmıştır. Alüvyon akiferi yeraltısuları, nötr-zayıf alkali bir pH ( $7,27\pm 0,37$ ) değeri sergilemektedir. Elektriksel İletkenlik (EC) değerleri ise 232-3920  $\mu\text{S}/\text{cm}$  gibi geniş bir aralıkta seyretmektedir. Su örneklerinin klorür (Cl) içerikleri ise 9 ile 1267 mg/L arasında değişmektedir. Yüksek EC ve Cl değerleri sergileyen bazı kuyularda ise kanalizasyon karışımını işaret eden belirgin bir koku tespit edilmiştir. Yeraltı sularında ölçülen nitrat seviyeleri ise  $<0,5$  ile 49 mg/L ( $14,4\pm 12,64$  mg/L) arasında yer almakta olup yerleşim alanlarından kaynaklı kirlenmenin etkisini işaret etmektedir. İksel analiz sonuçları farklı kirlenme kaynaklarının kıyı akiferi su kalitesi üzerinde bir baskı unsuru oluşturduğunu ve kıyı alüvyon akiferinde tuzluluğun kaynağını ayırt etmek için de ayrıntılı hidrojeokimyasal karakterizasyonun gerekli olduğunu göstermiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Deniz suyu girişimi, kıyı akifer, tuzluluk, yeraltısuyu kalitesi

**Abstract:** Within the scope of this study, it was aimed to determine hydrogeochemical characteristics of coastal alluvial aquifer (Karasu, Sakarya) and the effect of seawater intrusion and anthropogenic sources on groundwater quality. Study area covers a Black sea coastline in the borders of Karasu and Kocaeli towns which is 30 km long in the east-west direction and approximately 2 km wide. Due to being popular tourism destination and the summer

houses in the region causes an increase in water demand in summer as a result of population density. This creates salinity pressure on coastal groundwater quality. Depth of water table in coastal aquifer is shallow and ranges from 0.5 to 4.8 m (avg. 2.9 m) from ground surface. Groundwater sampling was conducted to determine physicochemical properties (pH, Electrical Conductivity, Temperature, Dissolved Oxygen), major ion and trace element contents of the coastal groundwater. In addition, local rainwater and seawater were sampled for assessing water chemistry. Coastal groundwater exhibited neutral to weak alkaline pH values ( $7.27\pm 0.37$ ). Electrical conductivity (EC) values of the coastal groundwater varied in a wide range from 232-3920  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Chloride (Cl) contents of the groundwater samples also ranged between 9 and 1267 mg/L. Some well samples exhibiting high EC and Cl values were distinct with its smell, suggesting sewage contamination. Nitrate levels measured coastal groundwater were found between  $<0.5$  and 49 mg/L ( $14.4\pm 12.64$  mg/L), suggesting residential areas for potential source of contamination. Preliminary results showed that variety of contamination sources existed in the study area poses pressure on water quality of coastal aquifer. Therefore, detail hydrogeochemical characterization is essential for differentiating potential salinization sources of the coastal alluvial aquifer.

**Keywords:** Coastal aquifer, groundwater quality, salinity, seawater intrusion



**DEĞERLİ-YARI DEĞERLİ TAŞLAR / *PRECIOUS-SEMI PRECIOUS STONES***

Sabah YILMAZ ŞAHİN - Haluk SELİM - Meltem GÜRBÜZ

Murat HATİPOĞLU - Ayten ÇALIK

---

***Sözlü Sunumlar/Oral Presentations***

***ÖZ/ABSTRACT***





## Süstaşlarında Gözlenen Fenomenler

### *The Phenomenon Of Precious Stones*

**Meltem Gürbüz, Sedef Taşkın**

*Mersin ÜniversitesiTaki Teknolojisi ve Tasarımı YüksekokuluÇiftlikköy Kampüsü Yenişehir/  
Mersin*

*(mgurbuz@mersin.edu.tr)*

**Öz:** Değerli taşların bazılarında gözlenen optik etkiler gemologlar tarafından ‘fenomen’ olarak adlandırılır. Birçok kişi için, süstaşlarında gözlenen optik fenomenler sadece nasıl ve neden olduğuyla değil, aynı zamanda bugün bu optik etkileri tanımlamak için kullandığımız terminoloji de karmaşık gelir. İyi bilindiği üzere, gemoloji de süs taşı terminolojisinin de hala problemler vardır.

Bir süs taşında; ışığın, iç yapı ile yada süstaşı içerisindeki inklüzyonlar ile etkileşimi sonucu oluşan girişimin, ışık saçılımının, yansımanın, kırılmanın ve emilimin ortaya çıkardığı optik efektler fenomeni oluşturur. Fenomenler; çatoyans (chatoyancy), yıldız (Asterism), yanar dönerlik (iridescence) efekti ve renk değişimi başlıkları altında incelenmektedir. Çatoyans; kedi gözü, kaplan gözü, şahin gözü şeklinde farklı ipiliksi-lifsi inklüzyonlarla oluşmuş fenomenlerdir. Yanar dönerlik (iridescence) başlığı altında ise; labradoresans (labradorescence), aduleresans (adularescence), adventuresans (adventurescence) ve opelesans (opalescence) yer alır. Yıldız ( asterism) ise çatoyansı gibi, inklüzyonların yansıması, taşın yüzeyinde birkaç ışık çizgisine neden olan farklı yönlerde düzenlenmiştir. Genel olarak, yıldızlara neden olan inklüzyonlar, kristal yüzlerine paralel olarak yönlendirilir. 4, 6, 12 ve daha fazla ışınlı yıldızlar olabilir. Yıldız efektler için epiasterizm ve diasterizm şeklinde tanımlamalar mevcuttur. Tabiki fenomenlerin ortaya çıkması için iyi bir kesim gereklidir.

Renk değişimi, taş optik fenomenlerin içerisinde diğerlerinden daha nadir ve daha ilgi çekici bir fenomendir. Farklı renk değişimlerinden biri olan paleokroizm, farklı açılardan bakıldığında değerli taşların farklı renkler veya renk derinliği göstermesi olayıdır. Bu fenomen, iki kat refraktif kristallerde ışık ışınlarının farklı emiliminden kaynaklanmaktadır. Paleokroizmden farklı olarak, gün ışığı veya akkor ışığı gibi farklı ışık türlerinde görüntülendiğinde renk değişebilen süstaşları da mevcuttur.

Renk dönüşümünü gerçekleştirebilen bazı minerallerin bir dalga boyunun radyasyonuna tepki olarak kararması ve daha sonra farklı bir dalga boyuna maruz bırakılarak tersine ağırtılması ile oluşan renk değişimi ise tenebresens olarak adlandırılır. Çok az sayıda mineral (güneş ışığına maruz kaldığında renk yoğunluğunu değiştiren güneş gözlüklerine uygulanan) tersinir fotokromizm olarak da bilinen bu fenomeni sergiler. Tenebresens, tüm optik fenomenlerin en nadir görülenidir.

**Anahtar Kelimeler:** Fenomen, süs taşı, optik etki, gemoloji, renk değişimi.

**Abstract:** The optical effects observed in some of the precious stones are called ‘phenomena’ by gemologists. For many people, the optical phenomena observed on their counterparts come not only from how and why, but also from the complexity of terminology that we use today to describe these optical effects. As knows well, there are still problems in gemology and ornamental stone terminology.

On an ornamental stone; the phenomenon of light is the phenomenon of the optical effects of light interference, reflection, refraction and absorption caused by the interaction of light with the internal structure or with fibers inclusions. Phenomena; under the headings of chatoyancy, asterism,, iridescence effect and color change are examined. The chatoyancy; cat eyes, tiger eyes, hawk eyes in the form of phenomeneae formed by different silicate inclusions. Under the title of cence iridescence; labradorescence, adularescence, aventuresans and opalescence. Asterism is arranged in different directions, which, like the marbles, reflect the inclusions on the surface of the stone, causing several light lines. In general, inclusions that cause stars are oriented parallel to the faces of the crystal. There may be 4, 6, 12 or more beam stars. For star effects, epiasterism and diasterism are defined. Of course, a good cut is required for the emergence of the phenomena.

The color change is a rarer and more interesting phenomenon than the others in stone optical phenomena. Paleocroism, which is one of the different color changes, is the phenomenon of the appearance of different colors or color depth of gemstones when viewed from different angles. This phenomenon is due to the different absorption of light rays in two-fold refractive crystals. Unlike pleochroism, color changeable gemstones exist when viewed in different types of light, such as daylight or incandescent light.

Tenebrescence is called color change due to the darkening of some minerals which can perform the color transformation in response to the radiation of a wavelength and then reversed bleaching by exposure to a different wavelength. Very few minerals exhibit this phenomenon, also known as reversible photochromism (applied to sunglasses that change color intensity when exposed to sunlight). Tenebrescence is the rarest of all optical phenomena.

**Keywords:** Phenomenon, ornamental stone, optical effect, gemology, color change.



## Şenkaya/Erzurum Krizoprası (Zümrütü)'nin Gemolojik Özellikleri ve Kuyumculuk Sektöründe Kullanımı

### *Gemological Properties of Şenkaya/Erzurum Chrysoprase (Emerald) and Usage in Jewellery Sector*

H. Haluk Selim<sup>1</sup>, Aykut Güçtekin<sup>2</sup>, Ferhan Şahin<sup>1</sup>, Elanur Güner<sup>3</sup>,  
Emrah Korkutan<sup>4</sup>, Mustafa Kaya<sup>5</sup>, K. Ömer Taş<sup>5</sup>, Beril Tanç<sup>5</sup>,  
Yasemin Kantarçeken<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*İstanbul Ticaret Üniversitesi, Mücevherat Mühendisliği, 34840, Küçükyalı/İstanbul*

<sup>2</sup>*Kocaeli Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği, 41380, Umuttepe/Kocaeli*

<sup>3</sup>*İstanbul Arel Üniversitesi, Kuyumculuk ve Takı Tasarımı, 34295, Sefaköy/İstanbul*

<sup>4</sup>*Atatürk Üniversitesi, El Sanatları-Kuyumculuk ve Takı Tasarımı, 25400, Oltu/Erzurum*

<sup>5</sup>*İstanbul Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği, 34469, Maslak/İstanbul*

(hselim@ticaret.edu.tr)

**Öz:** Şenkaya Krizoprası (Zümrütü), Türkiye'nin Kuzeydoğu Anadolu Bölgesi'nde yükselen Kırdag'daki, Şenkaya (Erzurum) ilçesinin batı-kuzebatısında yer alan Turnalı Köyü civarında bulunmaktadır. Türkiye'de sadece burada rastlanan ve ticari ismi ile tanınan Şenkaya Krizoprası, açık-koyu yeşil renklerde bir mineraloiddir. Şenkaya Krizoprasına bölgede geniş yayılımı olan ve serpantin, gabro, diyabaz, glokofanlı yeşil şist ile mikritik kireçtaşı ve radyolaritlerden oluşan Örükyayla Melanjı içerisinde rastlanır. Gemolojik özelliklerin ortaya çıkarılmasına yönelik arazi ve laboratuvar çalışmalarından örnekler derlenmiştir. Bu örnekler üzerinde ilk önce mineralojik-petrografik inceleme, sonrasında XRF, ICP-MS ve katodoluminesans analizleri yapılmıştır. Mineralojik-petrografik incelemeye göre genellikle makro olarak heterojen renk dağılımına sahip, mineral sertliğinin 4-5 Mohs yani orta sertlikte bir mineral grubuna girdiği, mikro incelemede ise mikro kuvars dolgulu (%10-15) olduğu ve ana bileşenin serpantin ve kısmen de masif opal türü silis oluşumlu olduğu gözlenmiştir. XRF analizi sonucunda birçok örneğin oldukça yüksek SiO<sub>2</sub> değerlerine ulaştığı belirlenmiştir. ICP-MS analizleri sonucunda iz element, nadir toprak elementleri, Au-Pt grubu analizleri incelenmiş, Ni ve Co değerlerinin oldukça dikkat çekici olduğu gözlenmiştir. Katodoluminesans analizlerinde ise CL üretebilen ve bazı iz aktivatör elementler nedeniyle değişik renklerde CL yayabilen az sayıdaki metalik cevher minerallerine rastlanmıştır. Şenkaya Krizoprası aynı zamanda mücevherat sektöründe kullanılan bir mücevher taşıdır. Yöre halkı tarafından çıkarılarak Oltu'daki atölyelerde işlenmekte ve 60'tan fazla esnaf tarafından satışı yapılmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Mineraloid, mücevher taşı, ofiyolitik melanj, Şenkaya Krizoprası

**Abstract:** Şenkaya Chrysoprase (Emerald) can be found near the Turnalı village located in the west-northwest of Şenkaya (Erzurum) county in the uplifted Kırdag of Northeast Anatolia of Turkey. Şenkaya Emerald only seen in Şenkaya county and known with the same name com-



mercially in Turkey, is a light-dark green mineraloid. Şenkaya Chrysoprase is encountered in the Örükyayla Mélange extending in wide areas and containing serpentinite, gabbro, diabase, glaucophanous green schist with micritic limestone and radiolarites in the region. Samples were gathered from the field and laboratory studies for defining gemological properties. First mineralogical-petrographical analysis and then XRF, ICP-MS and cathodoluminescence analyzes were performed on the samples. According to mineralogical and petrographic examination, Şenkaya Chrysoprase has generally heterogeneous color distribution in macro scale and has 4-5 Mohs mineral hardness indicating a medium hardness. Micro quartz filling (10-15%) was seen in the micro-examination and serpentine as main component with partly massive opal type silica was observed. As a result of XRF analysis, it has been determined that many samples have reached high SiO<sub>2</sub> values. As a result of trace elements, rare earth elements, Au-Pt group analyses in ICP-MS, Ni and Co values are quite remarkable. In the cathodoluminescence analysis, few metallic ore minerals which could produce CL and could spread CL in different colors due to some trace activator elements were recognized. Şenkaya Chrysoprase is also a jewelry stone used in the jewelry industry. It is produced by the local people in the workshops at Oltu and sold by more than 60 handicraftsmen.

**Keywords:** Mineraloid, gemstone, ophiolitic mélange, Şenkaya Chrysoprase



## Kaman (Kırşehir) Fluoritlerinin Süstaşı Olarak Kullanılabilirliği

### *The Usability as Gemstone of Fluorites of Kaman (Kırşehir)*

**Doğanay Elif Ketenci<sup>1</sup>, İlkay Kaydu Akbudak<sup>2</sup>, Meltem Gürbüz<sup>3</sup>,  
Zeynel Başbüyük<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İleri Teknolojiler Anabilim Dalı,  
40100, KIRŞEHİR

<sup>2</sup>Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fak. Jeoloji Mühendisliği Bölümü,  
40100, KIRŞEHİR

<sup>3</sup>Mersin Üniversitesi, Takı Teknolojisi Ve Tasarımı Yüksekokulu, Çiftlikköy, 33343, MERSİN  
(kenanelifketenci@gmail.com)

**Öz:** Fluorit, kalsiyum florür (CaF<sub>2</sub>) kimyasal bileşimine sahiptir. Metalurji, kimya, seramik, cam, optik, çimento endüstrisi alanlarında yaygın olarak kullanılan fluorit aynı zamanda süstaşı olarak da kullanılmaktadır. Fluorit saydam veya yarı saydam olarak mor, mavi, yeşil, kırmızı, kahverengi ve sarı renklerde bulunur.

Dünya'nın en büyük fluorit rezervleri Güney Afrika Cumhuriyeti'ndedir. ABD, Meksika, Fransa, İspanya İngiltere, Batı Almanya ve İtalya'daki fluorit rezervleri de önemlidir. Türkiye'nin rezervi 11 milyon ton olup en büyük yataklar Eskişehir-Kızılcaköy'de yer almaktadır. Türkiye'deki diğer fluorit yatakları ise Sivas, Elazığ, Kütahya, Malatya, Yozgat ve Kırşehir illerinde yoğunlaşmıştır.

İnceleme alanındaki fluoritler, Üst Kretase yaşlı, gri - pembe renkli K-feldispat, plajiyoklaz, kuvars, amfibol ve biyotit türü mafik mineralleri içeren Hamit kuvars siyenitlerindeki faylara bağlı altere seviyelerde, birkaç santimetreden iki metreye kadar ulaşan damarlar halinde gözlenmektedir. Yüzeysel ve hidrotermal alterasyondan yer yer yoğun olarak etkilenen Hamit kuvars siyenitleri, fluorit damarları tarafından kesilmektedir. Alterasyondan yoğun olarak etkilenen kayalarda killeşmeler ve karbonatlaşmalar ile birlikte mor renkli fluorit kristalleri sıklıkla izlenmektedir.

İnceleme alanından alınan mor, yeşil, pembe ve beyaz renkli fluorit örneklerinde süstaşı olarak kullanılmak üzere kaboşon kesim uygulamaları yapılmıştır. Renk kompozisyonu, yarısaydam görüntüsü ve kolay işlenebilirliği gibi özellikleri değerlendirildiğinde bölgemiz fluoritlerinin süstaşı olarak kullanılabilmesi düşünülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Fluorit, mineraloji, süstaşı, Kırşehir

**Abstract:** The fluoride has chemical composition of calcium fluoride (CaF<sub>2</sub>). The primary uses of fluorite widely are in the metallurgical, ceramics, optical, cement industry and chemical industries. It is also used as gemstone too. Fluorite is transparent to translucent in purple, blue, green, red, brown and yellow colors.

The world's largest fluoride deposits are in the Republic of South Africa. The other large deposits of fluorite are in the United States, Mexico, France, Spain, England, West Germany and Italy. The Turkey reserves of fluorite is 11 million tonnes and the biggest deposits of Turkey is the Kızılcaören fluorite deposit in Eskişehir. The other fluorite deposits -in Turkey are in Sivas, Turkey, Elazığ, Kütahya, Malatya and in Yozgat and Kırşehir. The fluorites in the study area are observed in the veins from a few centimeters to two meters at altered levels due to faults in Hamit quartz syenite aged Upper Cretaceous containing mafic minerals as gray-pink colored K-feldspar, plagioclase, quartz, amphibole and biotite. Hamit quartz syenites, which are intensively affected by superficial and hydrothermal alteration, are cut by fluorite veins. In the rocks intensively altered, purple colored fluorite crystals are frequently observed with clay minerals and carbonations

Cabochon cutting applications have been applied In the purple, green, pink and white colored fluorite samples taken from the study area for use as gemstone. Considering its properties such as color composition, translucent appearance and easy processability, it was thought that it could be used as gemstone of the fluorites of the region.

**Keywords:** Fluorite, mineralogy, gemstone, Kırşehir



## Trakya Bölgesi'ndeki Miyosen-Pliyosen Yaşlı Silisleşmiş Ağaçlar

### *Miocene-Pliocene Silicified Woods in Thrace Region*

**Burcu Çevik Üner<sup>1</sup>, Sabah Yılmaz-Şahin<sup>2</sup>, Ünal Akkemik<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>*İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Mühendislik Fak., Jeoloji Müzesi, Avcılar-İstanbul*

<sup>2</sup>*İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Avcılar-İstanbul*

<sup>3</sup>*İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Orman Fak., Orman Müh. Bölümü, Bahçeköy-İstanbul*  
(bcevik@istanbul.edu.tr)

**Öz:** Silisleşmiş ağaçlar, sedimanlarla birlikte gömülen gövde, dal gibi odunsu yapıların dokularına, yeraltı suyunda var olan silisin yerleşmesi ile oluşmuş ve orijinal formlarını korumuş olan fosillerdir. Fosilleşmiş, petrifiye olmuş veya taşlaşmış ağaç olarak da adlandırılan silisleşmiş ağaçlar, ortamda bulunan çeşitli elementlerin etkisiyle farklı renkler ve dokular sunarlar. Bu farklı özellikleri nedeniyle de jeolojik ortamların yorumlanmasında ayrı bir önem taşımaktadırlar.

Trakya'da özellikle kum ve çakıl ocakları ile kömür ocaklarında gözlenen silisleşmiş ağaçlar, Miyosen-Pliyosen (Tersiyer) döneminde gelişen volkanizma faaliyetlerinin olduğu alanlarda ve yakınlarında gözlenmektedir. Çalışmada, Trakya'nın güney batısında Keşan-Malkara civarında Danişmen Formasyonu'nun içerisinde yer alan çeşitli kömür ocağı işletmelerinden ve İstanbul-Silivri bölgesi kuzeyinde Ergene Formasyonu içerisindeki kum ocaklarından silisleşmiş ağaç örnekleri toparlanmıştır. Ayrıca İstanbul ili Beylikdüzü ilçesi civarında da İstanbul Formasyonu'nda silisleşmiş ağaç örnekleri bulunmaktadır.

Silisleşmiş ve yer yer kömürleşmiş ağaç örneklerinden, anatomik çalışmalar yapılmak üzere; enine, radyal ve teğet olarak üç yönlü kesitler yaptırılmış, botanik mikroskobunda yapılan tayinler neticesinde toplam yedi farklı fosil ağaç cinsi tespit edilmiştir. İlk bulgulara göre, bu çalışmada bazı yeni cinsler bulunmuştur. İnce kesitler üzerinde, polarizan mikroskop ile gerçekleştirilen petrografik tanımlamalarda ise farklı ağaç dokuları içerisinde, opal, kalsedon ve kuvars olmak üzere silisleşmenin polimorfları tespit edilmiştir.

Yapılan çalışmalarda, elde edilen örnekler paleobotanik olarak değerlendirildiğinde cins ve tür düzeyinde çeşitlilik göstermekte, petrografik olarak dokusal ve mineralojik çeşitlilik sunmaktadır. Ancak, süstaşı olabilme potansiyeli açısından, dünyadaki benzer lokasyonlarla karşılaştırıldığında çok fazla çeşitlilik ve bollukta olmadığı sonucuna varılmıştır. Örneğin, yalnızca Arizona-USA'da veya Avrupa'da Lesvos-Yunanistan'da herhangi bir fosil ormanında bizim ülkemizdeki toplam fosil ağaç ormanından daha fazla süstaşı özelliğine sahip örnekler bulmak mümkündür. Bu nedenle, ülkemizdeki silisleşmiş ağaç ormanları, tekrarlanabilir alanlar olmadığı için doğanın bize sunduğu ender güzellikler olarak korunmalıdır.

**Anahtar Kelimeler:** Trakya, volkanizma, silisleşmiş ağaç, fosilleşme, süstaşı

**Abstract:** Silicified woods are fossils that have been formed by the settlement of silica present in the groundwater of the bodies of woody structures such as trunk, branch, which are buried with sediments. Silicified woods, also called fossilized, petrified or petrified woods, show different colors and textures with the effect of various elements in the environment.

The silicified woods observed especially in sand and gravel quarries and coal quarries in Thrace are observed in and around the areas where volcanism activities are developing in the Miocene-Pliocene (Tertiary) period. In the study, silicified wood samples were collected from the sand quarries within the Ergene Formation in the north-east of Istanbul-Silivri region around the Kesan-Malkara, the Danişmen Formation in the south-west of Thrace. In addition, there are silicified wood samples in the İstanbul Formation of Beylikdüzü and their around district in İstanbul.

Silicified and occasionally carbonized wood samples, anatomical studies to be done, three-way thin-sections were done as transverse, radial and tangent. A total of seven different fossil woods were determined as a result of the determinations made in botanical microscopy. According to the initial findings, some new species were found in this study. Polymorphs of silicification including opal, chalcedony and quartz were found in different tree textures on the thin sections.

In the studies carried out, the samples obtained are paleobotanic in terms of genus and species level, petrographically presents textural and mineralogical diversity. However, it has been concluded that there is not much diversity and abundance compared to similar locations in the world in terms of the potential for gemstones. For example, in Arizona-USA or Lesvos-Greece in Europe, it is possible to find more gemstone specimens than any other fossil forest in our country. Therefore, silicified wood forests in our country should be protected as the rare beauties nature offers us because there are no renewable areas.

**Keywords:** Thrace, volcanism, silicified wood, fossilization, gemstone



## Süstaşlarının Tanımlanmasında Konfokal Mikro-Raman (DCMRS) Spektroskopisi Cihazı; Türkiye’den Bazı Önemli Örneklerin Verileri

*Confocal Micro-Raman (Dcurs) Spectroscopy In Identification Of Gemstones; Some Important Samples From Turkey*

**Murat Hatipoğlu<sup>1,2</sup>, Volkan Çil<sup>3</sup>, H. Baki Buzlu<sup>1</sup>, Hakkı Babalık<sup>4</sup>  
Evrım Çoban<sup>5</sup>, Hilmi Güney<sup>6</sup>, Elanur Güner<sup>7</sup>**

<sup>1</sup>Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir MYO, Kuyumculuk ve Takı Tasarımı Programı, İzmir

<sup>2</sup>Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enst., Doğal Yapı Taşları ve Süstaşları Anabilim Dalı, İzmir

<sup>3</sup>Atatürk Üniversitesi, Oltu MYO., Kuyumculuk ve Takı Tasarımı Programı, Erzurum

<sup>4</sup>Adnan Menderes Üniversitesi, Karacasu MİMYO, Kuyumculuk ve Takı Tasarımı Programı, Aydın

<sup>5</sup>Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Milas SKMYO, Kuyumculuk ve Takı Tasarımı Programı, Muğla

<sup>6</sup>Marmara Üniversitesi, Uygulamalı Bilimler YO, Kuyumculuk ve Mücevherat Tasarımı Böl. İstanbul

<sup>7</sup>Arel Üniversitesi, MYO, Kuyumculuk ve Takı Tasarımı Programı, İstanbul/Türkiye  
(murat.hatipoglu@deu.edu.tr)

**Öz:** Raman reaksiyonu ilk kez, 1928 yılında, Sir Chandrasekhara Venkata Raman tarafından keşfedilmiştir. Bu lazer ışınmasını kullanan cihaz sayesinde, kimyasal ve moleküler yapı analizleriyle mineral ve/veya süstaşı örneklerinin kimliklendirilmesi, diğer materyal örnekleriyle karşılaştırılması ve sınıflandırılması yapılır. Dokuz Eylül Üniversitesi Gemoloji Test Laboratuvarında (DGL) 2010 yılından buyana Horiba XploRa cihazı ile yaptığımız ölçümlerden elde ettiğimiz genel kanı şudur ki, saçınımsal (yeşil lazer) konfokal mikro-Raman (DC $\mu$ RS) cihazında oksit-hidroksit grubu süstaşı minerallerinde (korundum, krizoberil, diaspor vb) tanımlayıcı spektroskopik veriler güvenli olarak alınmamaktadır. Buna karşılık, tanımlayıcı en iyi spektroskopik verileri aldığımız mineral türleri ise başta karbon grubu (elmas vb), silikatlar (kuvars, topaz vb), karbonatlar (rodokrozit, kalsit vb), fosfatlar (turkuvaz vb) ve bor (borak, uleksit vb) türevleridir. Bu çalışmada Türkiye’de çıkartılan Dünya çapında önemli bazı süstaşlarımızın (diaspore, kammererite, purple jade, kuvars türleri vb) mikro-Raman grafikleri ve karakteristikleri verilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Konfokal mikro-Raman, gemoloji, Türkiye’nin süstaşları

**Abstract:** The Raman effect was first discovered in 1928 by Sir Chandrasekhara Venkata Raman. By using this laser radiation, chemical and molecular structure analyzes are used to identify and classify minerals and/or gemstones, and to compare and classify them with ot-

her. In the Gemological Testing Laboratory of Dokuz Eylul University, the general opinion is shown that we obtained from the measurements we made with Horiba XploRa device since 2010 is that the descriptive spectroscopic data in the dispersive (green laser) confocal micro-Raman spectroscopy (DC $\mu$ RS) device cannot be safely obtained in the oxide-hydroxide group gem-minerals (corundum, chrysoberil, diaspore etc.). On the other hand, the mineral species that we get the best descriptive spectroscopic data are carbon (diamond, etc.), silicates (quartz, topaz etc.), carbonates (rodochrosite, calcite etc.), phosphates (turquoise etc.) and boron (borax, ulexite etc.). In this study, some worldwide important gems (Such as gem diaspore, kammererite, purple jade, quartz varieties etc.) extracted in Turkey of micro-Raman graphics and characteristics are given.

**Keywords:** Confocal micro-Raman, Gemology, gems of Turkey

**DEĞERLİ-YARI DEĞERLİ TAŞLAR / *PRECIOUS-SEMI PRECIOUS STONES***

Sabah YILMAZ ŞAHİN - Haluk SELİM - Meltem GÜRBÜZ

Murat HATİPOĞLU - Ayten ÇALIK

---

**Poster/*Posters***

---

**ÖZ/*ABSTRACT***







## Akik İle Diğer Kalsedon Çeşitleri Arasındaki Farklar

### *Differences Between Agate And Other Calsedony Varieties*

**Meltem Gürbüz, Aysun Akın, Muhammet Enes Gümüş, Ayşegül Akkuş**

*Mersin Üniversitesi Taki Teknolojisi ve Tasarımı YO Çiftlikköy Kampüsü Yenişehir/Mersin  
(mgurbuz@mersin.edu.tr)*

**Öz:** Akik, kuvars ailesine aittir . Kuvars grubu, yeryüzünde en bol bulunan mineral olup, hep-si silisyum dioksit kimyasal bileşimini paylaşırlar, ancak farklı kristal sınıfları ve oluşumlarına göre ayırt edilirler ve iki ana bölüme ayrılırlar. Kuvarsın iki ana dalı makrokristal kuvars ve kriptokristal kuvars içerir. Akik, krizopraz, kantaşı, jasper ve carnelian gibi çok çeşitli kalsedon türleri kriptokristalen kuvars çeşididir.

Kriptokristalin kuvars kristal yapıları bir mikroskop yardımıyla bile görülemeyecek kadar küçüktür. Akiğin kristal yapısı diğer kriptokristal türlerin çoğundan biraz daha büyük olduğu için mikrokristal olarak ifade edilir. Mikro ve kriptokristal arasındaki fark açık bir şekilde tanımlanmamıştır. Makrokristalli kuvars ise tipik olarak saydamdır ve kriptokristal kuvarstan daha büyük kristallerle oluşturur. Makrokristalli taşları arasında ametist, sitrin, şahin gözü, dumanlı kuvars, gül kuvars ve kaplan gözü bulunmaktadır.

Kriptokristalin kuvars lifli ve granüler çeşitlere ayrılır; lifli çeşitlere kalsedon kuvars denir. Kalsedon, geniş bir renk ve desen yelpazesinde oluşur. Akik terimi farklı kaynaklarda değişik şekillerde açıklanmaktadır. Çoğu zaman akik basitçe “bantlı kalsedon” olarak tanımlanır. Ancak, akik kavramı aynı zamanda herhangi bir bantlaşma belirtisi olmayan ancak farklı renk ve yapıda gözlenen çeşitleri de kapsamaktadır. Akik ve diğer kalsedon türleri arasında kesin bir ayrım yapmak zordur.

Bir kalsedon farklı renklerin veya katmanların farklı yapılarının neden olduğu her türlü bantlaşma özelliklerden herhangi birini sergiliyorsa veya çok renkli olma ile birlikte nodüller ve renkli inklüzyonlar bağlı olarak yarı saydam özellik sunuyorsa akik olarak adlandırılır. Yani akik, temel olarak yarı saydam olmalı ve bazı renkli örüntüleri ya da bantları göstermesi gerekir.

**Anahtar Kelimeler:** Akik, kriptokristalen kuvars, lifli kalsedon, bantlı yapı

**Abstract:** The agate belongs to the quartz family. The quartz group is the most abundant mineral on the earth and all quartz share the same chemical composition of silicon dioxide, but are distinguished by different crystal classes and formations and are divided into two main parts. The two main branches of quartz include macrocrystalline quartz and cryptocrystalline quartz.

Cryptocrystalline quartz crystal structures are too small to be seen even with a microscope. The crystal structure of the insert is expressed as microcrystalline because it is slightly larger than most other cryptocrystalline species. The difference between micro and cryptocrystals is not clearly defined. Macrocrystalline quartz is typically transparent and forms larger crystals

than cryptocrystalline quartz. The macrocrystalline stones include amethyst, citrine, phallus eye, smoky quartz, rose quartz and tiger eye.

Cryptocrystalline quartz is divided into fibrous and granular varieties; fibrous varieties are called chalcedony quartz. Chalcedony consists of a wide range of colors and patterns. The term agate is described in different ways in different sources. Often the agate is simply described as “banded chalcedony”. However, the concept of agate also includes algae agate for those who are probably mossy, or chalcedony varieties that do not indicate any banding. It is difficult to make a definite distinction between agate and other chalcedony species.

A chalcedony is called agate if it exhibits any of any of the banding properties caused by different structures of different colors or layers, or it presents a translucent property due to multicolour and nodular and colored inclusions. In the lowest conditions, the agate must be translucent and some colored patterns or bands must be displayed.

**Keywords:** Agate, cryptocrystalline quartz, fibrous chalcedony, banded structure



## Yeşil Beril (Zümrüt)'in Renk Tedavilerinin Araştırılması

### *Green Beryl (Emerald) Investigation of Color Treatments*

Sevinç Özel Füzün<sup>1</sup>, Murat Hatipoğlu<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Adres1 D.E.Ü. İzmir Meslek Yüksekokulu Teknik Programlar

<sup>2</sup>Adres2 İzmir Meslek Yüksek Okulu Teknik Programlar  
(sevinc.ozel@deu.edu.tr)

**Öz:** Bu çalışmanın amacı, Dünya’da yükselen trendiyle son zamanlarda mücevher sektöründe talep edilen zümrüt (yeşil beril) taşının profesyonel ticaretini yapanlara, bu taşın kökensele özelliklerini (doğal, yapay, doğal tedavi) bilimsel teknikler vasıtasıyla tespit edilmesini sağlayacak yöntemler belirleyerek hem satıcıların hem de tüketicilerin bilinçlenmesini sağlamaktır.

Bu amaç kapsamında Türkiye mücevher piyasasındaki işlenmiş zümrüt taşlarının bu yapısal özelliklerinin ifşası yönündeki gemolojik incelemesi, ileri düzeyde mikroskoplar (immersiyonoskop ve gemoloji mikroskobu) ve spektroskopi cihazlarıyla (mikro-Raman ve FT-IR) ortaya konulmaya çalışılacaktır. İşlenmiş zümrüt taşı, tahrip etmeksizin doğal, yapay ve doğal ancak renk tedavi olup olmadıklarını tahripsiz ancak bilimsel ve pratik yöntemlerle tespit etmek, sektörel açıdan büyük önem taşımaktadır. Bu amaçla; İzmir’de kurulu ve büyük çaplı mücevher taşı tedarikçisi olan bir firmadan, 10 adet doğal, 10 adet sentetik, 5 adet doğal ancak renk tedavi ve 5 adet de zümrüt taklidi değişik boyut ve formlarda işlenmiş ve cilalanmış taşlar emanet yöntemiyle temin edilmiştir. Temin edilen zümrütlerin Immersiyonoskop görüntüleri alınmış, mikro-Raman ve FT-IR kullanarak doğal tedavi yapay zümrütler karşılaştırmalı olarak incelenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Zümrüt, yeşil beril, renk tedavisi, iyileştirilmiş zümrüt, yapay zümrütler.

**Abstract :** The aim of this study is to determine both traders of the emerald (green beryl) stone, which is demanded in the jewellery sector with the rising trend in the world, and the methods that will determine the original features of this stone (natural, artificial, natural treatment) to raise awareness of consumers by means of scientific techniques. Under this purpose, review of the structural properties of the processed emerald stone in Turkey jewelry market to disclose direction Gemological studying advanced microscopes will be using (immersiyonoskop and gemological microscope) and the spectroscopy device (micro-Raman and FT-IR). Processed emerald stone, natural and artificial whether they are natural or color-treated, it is undamaged to determine by scientific and practical methods, is of great importance in terms of sector. For this purpose; the company a large-scale gemstone supplier that established in Izmir, method 10 pcs natural, 10 pcs synthetic, 5 natural but color-treated and 5 emerald imitations, processed in different sizes and forms and polished stones is provided by escrow method. Immersianoscope images of the emeralds taken from the escrow were taken, compared with the- natural -treated- artificial- emeralds using fd and micro-raman.

**Keywords:** Emerald, green berly, color treatments, treated emeralds, artificial emeralds.



**DOĞA KAYNAKLI AFETLER VE AFET YÖNETİMİ**  
***NATURAL DISASTERS AND DISASTER MANAGEMENT***  
Orhan TATAR - Şükrü ERSOY - Bülent ÖZMEN

---

***Sözlü Sunumlar/Oral Presentations***

---

***ÖZ/ABSTRACT***





## Afete Dirençli Kentler

### *Disaster Resilient Cities*

**Nilgün Okay**

*İTÜ Jeoloji Mühendisliği Bölümü*

*(okayn@itu.edu.tr)*

**Öz:** Afet ve risk insanlık tarihi kadar eski kavramlardır. Ancak toplumsal gelişme ve değişimle riskler değişmektedir. Dünyada son yirmi senedir afet riski altındaki bölgelerde yerel yönetimler tarafından yaygın olarak riskin önlenmesi, risk azaltma, risk iletişim ve riskin transferi yapılmaktadır. Risk yönetimi araçları adı verilen tehlike verisine dayalı bu teknik çalışmalar mühendislik yaklaşımlarıyla uygulanmaktadır. Kentsel sorunlara çözüm getirirken riskleri sürekli izlemek çok disiplinli bilimsel ve yerel teknik bilgiye dayalı katılımcı bütünlük modeller geliştirmek gerekmektedir. Adaptif zarar azaltma planlaması kapsamında, öncelikle kentin bileşenlerinin özellikleri afet risk yönetimi açısından değerlendirilmelidir. Bu değerlendirmeler kapsamında, il ve hatta ilçe ölçeğinde kentin tehlikelerinin mekânsal, boyutsal ve zamansal özellikleri tanımlanarak kentsel çoklu-tehlike ve hassasiyet haritaları düzenlenir. Kentin hassas yapıya sahip ekolojik çevre ve doğal kaynaklarının hassasiyetlerinin belirlenmesi, afetlerin tetiklediği teknolojik tehlikelerden etkilenme olasılığının değerlendirilmesi, yapılaşmış çevre ile ilişkilerinin tanımlanması esas alınmalıdır. Çok disiplinli arazi ve analiz çalışmaları ile bu gerekli bilgi ve verilerin sistematik olarak toplanması, sayısal haritalanması ve sürekli güncelleştirilmesi gerekmektedir. Bu sunuda mevcut yerel yapıya ait kentsel jeolojik tehlike, doğal hassasiyet ve risk değerlendirmelerine dayalı bütünlük kentsel afet risk yönetimi yaklaşımı ele alınmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Dirençlilik, doğal hassasiyet, kentsel jeoloji, tehlike, yerel bilgi, yerleşime uygunluk

**Abstract:** Concepts of disaster and risk are old as human history. Risks are changing with sociologic changes and transformations. Last twenty year governments are commonly encouraging efforts in urban areas under disaster risks, such as risk prevention, risk reduction, risk communication, risk transfer. Those technical activities named risk management tools are implemented with engineering approaches that based on the assessment of local hazards and vulnerabilities. While addressing urban problems, vulnerabilities and risks should be continuously monitored, and participatory integrated models should be improved based on multi-disciplinary scientific and local technical knowledge. Within the scope of adaptive mitigation planning, the characteristics of the natural and non-natural components of the city should be specifically evaluated in terms of disaster risk management. During the process of assessments and evaluations, urban integrated multi-hazard and vulnerability maps are developed by defining the spatial, dimensional and temporal characteristics of the urban multi-hazards in the provincial and even district scale. Vulnerabilities and potential all-type of risks of city's sensitive ecological environments and natural resources, and their relations with the built en-



vironment should be determined. and continuously mapped. As it is known, multidisciplinary field studies and assessments, piloting data and knowledge, and continuous monitoring are required. In this presentation, an integrated urban risk management approach is discussed based on assessments of urban geological hazard, natural vulnerability data in terms of disaster resilience and adaptation.

**Keywords:** Hazard, landuse suitability, local knowledge, natural vulnerability, resilient, urban geology



## Serdivan Deresi (Sakarya) Havzasının Taşkın Risk Alanının CBS İle Belirlenmesi

*Risk Analysis Of Serdivan River Catchment, Sakarya*

**Ali Osman Kamuş, M. Korhan Erturaç**

*Sakarya Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü 54187, Sakarya*

*(ali.kamus@ogr.sakarya.edu.tr)*

**Öz:** Ülkemizde en sık görülen doğa kaynaklı tehlikelerin başında taşkın olayları gelmektedir. Taşkın, ani ve uzun süreli sağanak yağışlar ile birlikte akarsu yatağının yetersiz kalması sonucu suyun yatağından dışarı çıkarak kontrolsüzce çevredeki alçak yerlere yayılması olarak nitelendirilir. Normal bir doğa olayı olan taşkın, eğer insan faaliyetinde bir aksama oluşturuyorsa taşkın afeti olarak adlandırılır. Can ve mal kayıplarına neden olan taşkınlar, gerek dünyada ve gerekse ülkemizde giderek daha da sıklaşmakta ve şiddetini arttırmaktadır. Böylece mevcut sosyal ve ekonomik yapı giderek daha fazla etkilemektedir. Küresel iklim değişikliği ve kentleşmedeki yanlışlıklar gibi başlıca nedenler bu artışın ana tetikleyici unsurlarıdır. İnsanlar ise yoğun bir sanayileşme ve kentleşme faaliyeti ile akarsu havzalarında drenaj sahalarını işgal etmektedir. Bu durum havza içinde hidrolojik dengeyi bozmakta ve neticesinde önemli miktarda can ve mal kaybına yol açan taşkın afetinin oluşmasına neden olmaktadır.

En önemli doğal nedenler arasında ise topografik, Eğim, yağışın miktarını dolaylı olarak etkileyen bakı, yükseklik, akarsu yatağının morfolometri (hidrolik gradyan) gibi faktörler taşkın afetinin şiddetini ve süresini belirleyen en önemli topografik unsurlardandır.

Çalışmaya konu olan Serdivan Deresi, Sakarya İli Serdivan ilçesi içerisinde yer almaktadır. Dinamik bir nüfus artışına sahip olan ilçenin 2018 nüfusu 250.000 kişi olarak belirlenmiştir. İlçede yapılaşma ile altyapı yatırımları hızla artmaktadır. Serdivan Deresi Havzası'nın taşkın risk alanları ve risk dereceleri ÇKKVY (Çok Kriterli Karar Verme Yöntemi) alt yöntemlerinden AHY (Analitik Hiyerarşi Yöntemi) ile ArcMap Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) programı kullanılarak belirlenmiştir. Bu yöntemle havzaya ait eğim, arazi kullanımı, toprak, bakı, jeoloji, yağış akarsuya yakınlık verilerine ağırlık değeri atanmıştır. Ayrıca HEC-GeoRAS programı kullanılarak akarsu yatağı boyunca hangi alanların taşkın riski taşıdığı belirlenmiş, AHY ve HEC-GeoRAS yöntemi karşılaştırılmıştır. Neticede ise Yüksek Riskli alanlar 6,8 km<sup>2</sup> ile havza içindeki oranı %8,4, Orta Riskli alanlar 28,4 km<sup>2</sup> ile havzanın %35 kesimini, Az Riskli alanlar 45,7 km<sup>2</sup> ile havzanın %56,4'lük kesimini kaplamaktadır. Yüksek riskli alanlar görece küçük olsa da yerleşim yoğunluğunun yüksek ve kamusal binaların bulunduğu alanlara karşılık gelmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Serdivan deresi havzası, taşkın, CBS, ÇKKVY, HEC-GeoRAS

**Abstract:** Floods are defined as an overflow of water that submerges land that is usually dry.

Especially when the flow rate exceeds the capacity of the river channel and excessive water spreading to nearby flat zones. Although it is a natural phenomenon, if flooding occurs in a populated, industrial or agricultural zone and causes destruction it is ranked as a flooding disaster. Floods are one of the most often occurring natural disasters in Turkey. Increasing frequency of flooding events within the populated areas in the last decade can be related to expansion of the cities and forcing of the climate change.

Besides meteorological reasons (eg excessive rain), the flooding disasters are related to topographic and anthropogenic factors. The distribution of slope, aspect and river gradient values (morphometry) within a river catchment reacts to the amount and time of excessive precipitation. Human activities cause occupation of the floodplains and rearrangement of the riverbeds related to the expansion of the cities and agricultural fields, contribute to the flooding risk.

In this study, we investigated Serdivan River catchment for flood analysis. The river is located in Serdivan/Sakarya, a fast growing city center with increasing population and infrastructure investment (250.000 population, 2018). We studied the flood prone regions and degree of flooding risk by using analytic hierarchy process (AHP), a subroutine of Multiple-criteria decision analysis (MCDA) by using GIS (Geographical Information System, ArcMap). This method uses slope, land use, soil thickness, vegetation, lithology and precipitation variables, where each variable has assigned weight. We also used HEC-GeoRAS software to define the risk of flood prone regions.

Our results reveal that the Serdivan River catchment is currently under risk of flooding. The amount of high-risk regions cover 6.8 km<sup>2</sup> (8.4%); average risk zones cover 28.4 km<sup>2</sup> (35%) and low risk regions cover 45.7 km<sup>2</sup> (56.4%). The high-risk regions are the most populated zones within the catchment also hosting critical public buildings (eg hospitals) increasing the risk.

**Keywords:** Serdivan river catchment, flood, GIS, MCDA, HEC-GeoRAS



## Perşembe (Ordu) Bölgesinde Maksimum Entropi Yöntemi ile Akma Türü Heyelan Duyarlılık Değerlendirmesi

### *Flow Type Landslide Susceptibility Assessments of Perşembe (Ordu) Region Using Maximum Entropy Method*

**Tolga Çan**

*Çukurova Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 01330, Adana  
(tolgacan@cukurova.edu.tr)*

**Öz:** Şiddetli yağışların tetikleme sonucu, heyelan olaylarının neden olduğu sosyal ve ekonomik kayıplar, Doğu Karadeniz bölgesinde hemen her yıl yaşanmaktadır. Bölgede, heyelanlardan kaynaklanan zararların azaltılmasında, çevresel değişkenlerin zamansal ve mekânsal olarak birlikte değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu kapsamda, zamansal olarak heyelan-yağış şiddet süre ilişkileri ile heyelanların tipi ve mekânsal dağılımı arasındaki ilişkilerin olay heyelan envanter haritaları ile sistematik olarak kayıt altına alınması gerekmektedir.

5 Temmuz 2016 tarihinde Ordu ili, Perşembe ilçesinde etkili olan aşırı yağışların tetikleme sonucu, yayılım mesafesi ile birlikte, büyüklüğü 24 m<sup>2</sup> ile 8400 m<sup>2</sup> arasında değişen 704 adet akma türü heyelan Google Earth görüntüsü üzerinden haritalanmıştır. Arazi örtüsü, kullanımı ve morfolojik yapısı aynı olmasına rağmen heyelanların yaklaşık 3 km - 20 km boyutlarında bir zon içerisinde gelişmesi, heyelanların yağış şiddetinin mekânsal dağılımına bağlı olarak meydana geliştiğini desteklemektedir.

Bu çalışmada 230 km<sup>2</sup>'lik alanda mevcut heyelan olay envanter haritası ve 10 m çözünürlüğündeki sayısal yükseklik modeli, yamaç eğimi, teğetsel, kesit, düzlemsel yamaç eğrisellik değişkenleri kullanılarak maksimum entropi modellemesi ile duyarlılık değerlendirme yapılmıştır. Akma türü heyelanların oluştuğu bölgeler yağış şiddetine bağlı olarak sınırlı alanlarda geliştiği için klasik istatistiksel modellemeler ile anlamlı kestirimler yapılamamaktadır. Bu nedenle, çalışma alanının akma duyarlılık değerlendirme sınırlı sayıda gözleme dayalı kestirim için kullanılan Maksimum entropi yöntemi ile modellenmiştir. Maksimum entropi yönteminde sadece heyelanların gözlendiği alanlar ile çevresel değişkenler arasındaki ilişki optimum olasılık yoğunluğu ile modellenmektedir. Analizler heyelan veri setinin üçte ikisi analiz, üçte biri doğrulama verisi olarak üç farklı rastgele seçim yöntemi ile tekrarlanmıştır. Elde edilen modellerin doğruluğu ve hassasiyeti alıcı işletim karakteristik eğrileri altında kalan alan ve başarı tahmin eğrileri ile değerlendirilmiştir. Buna göre alıcı işletim karakteristik eğrileri altında kalan alan 0,76, çalışma alanındaki heyelanların %72'si, toplam alanı %33 olan yüksek ve çok yüksek duyarlı alanlar içerisinde bulunmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Heyelan olay envanteri, akma, maksimum entropi, heyelan duyarlılık

**Abstract :** Social and economic losses caused by rainfall triggered landslide events occur almost every year in the Eastern Black Sea region. In order to reduce the damages caused by landslides in the region, it is necessary to evaluate the environmental variables spatiotemporally. In this context, temporal variations of landslides rainfall intensity duration relationships together with type and spatial distributions of landslides should be considered systematically by means of event landslide inventories.

704 rainfall triggered landslides on July 5, 2016 in Perşembe town of Ordu city were mapped onto the Google Earth image that ranging between 24 m<sup>2</sup> ile 8400 m<sup>2</sup> including their run out zones. Despite the similar land use/cover and morphological form, the distribution of landslide within a zone of approximately 3-20 km supports that the occurrence of the landslides are closely related to the rainfall intensity path.

In this study, landslide susceptibility assessment was performed in 230 km<sup>2</sup> area, with the maximum entropy method using the 10 m spatial resolution of digital elevation model, slope, curvature, plan and profile curvature and event landslide inventory. Since flow type landslides occur in restricted areas due to the rainfall intensity, no significant predictions can be made with classical multivariate statistical models. For this reason, the flow type landslide susceptibility of the study area was modelled by the maximum entropy method, which permits predictions from limited observation data. In the maximum entropy method, the relationship between the areas where only landslides are observed, and the environmental variables are related to the optimum probability density. The analyzes were repeated with three different randomly selected landslide data sets being as three-one for test and two-thirds for train data. The accuracy and sensitivity of the obtained models were evaluated by the area under the receiver operating characteristic and prediction success curves. Accordingly, the area under the receiver operating characteristic curves was found 0.76 and the high and very high susceptible areas of the study area was found 33 % of the study area including 72 % of the mapped landslides.

**Keywords:** Event landslide inventory, flow, maximum entropy, landslide susceptibility



**JEOLOJİ MÜHENDİSLERİ ODASI**  
CHAMBER OF GEOLOGICAL ENGINEERS OF TURKEY

Uluslararası Katılımlı 72. Türkiye Jeoloji Kurultayı  
28 Ocak–01 Şubat 2019, Ankara, Türkiye  
72<sup>nd</sup> Geological Congress of Turkey with international participation  
28 January–01 February 2019, Ankara, Turkey

Uluslararası Katılımlı  
72. Türkiye  
Jeoloji  
Kurultayı

## **Çift Büküm Tel Ürünler ile Afet Önleme Çözümleri ve Uygulamaları** *Disaster Prevention Solutions and Applications Using Double Twist Wire Mesh Products*

**Hakan Özçelik<sup>1</sup>, Recep Kılıç<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Tekno Maccaferri Çevre Teknolojileri Mühendislik San. ve Tic. A.Ş.*

*Reşit Galip Cad. 74/5 GOP – Ankara 06700*

<sup>2</sup>*Ankara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gölbaşı, Ankara*

*(Hakan.Ozcelik@teknomaccaferri.com.tr)*

**Öz:** Toplumun tamamı veya belli kesimleri için fiziksel, ekonomik ve sosyal kayıplar doğuran, normal hayatı ve insan faaliyetlerini durduran veya kesintiye uğratan, etkilenen toplumun baş etme kapasitesinin yeterli olmadığı doğa, teknoloji veya insan kaynaklı olayların doğurduğu afet olarak tanımlanmaktadır. Kaya düşmesi, çığ, sel ve heyelan gibi afetlerin yaratacağı hasarları, üretim aşamasındaki örülme tekniğinden ötürü “çift büküm tel ürün” olarak adlandırılan çelik ağlar, gabion sepetler ve türevleri kullanılarak önlemek ya da alınacak önlemler ile zararlarını azaltmak mümkündür. Bu bildiride ağırlıklı olarak kaya düşmesinin yaratacağı afetlere dönük tasarım, çözüm ve iki vaka analizi anlatılmaktadır. Aktif ve pasif sistemler olarak ikiye ayrılan önlem çözümlerinde; litoloji, süreksizlikler, kaya kütlelerindeki eklem, tabaka düzlemi, fay, yapraklanma, laminasyon, çatlak gibi mekanik süreksizlik yüzeyleri, kırıklar, şevin morfolojik yapısı, olası stabilite problemlerin tanımlanması gibi jeolojik faktörler önemli rol oynamaktadır. Süreksizlikler arası mesafenin tespiti ile kaya kütlelerinin kalitesini, deformasyonla ilgili davranışını, duraysızlık modelini, dayanımını, blok boyutunu, hidrolik iletkenliğini ve kazılabilirliğini belirleyerek, tasarlanacak sisteme karar vermek mümkündür. Aktif sistemlerde amaç, düşme tehlikesi olan kayayı güçlendirilmiş kompozit çelik ağlar, yüksek enerji sönmüleyici paneller, halka paneller, donatılı geomatlar ile yerinde tutmaktır. Pasif sistemlerde ise amaç, düşmeye başlamış kayanın hareketine izin vererek koruma sağlamaktır. Basit örtüleme tel ağlar, kaya bariyerleri, kaya tutucu seddeler, kaya tutucu hendekler bu sisteme örneklerdir. Çelik ağlar tasarlanırken, ağların kullanılacağı ortamın agresifliğine göre tel kaplaması seçimi önem arz etmektedir. İstanbul – İzmir otoyolunun Orhangazi kesimindeki yarma şevlerindeki olası kaya düşmeleri, çift büküm çelik ağlarla entegre edilmiş yüksek enerji sönmüleyici halat paneller ile önlenmiştir. Eskipazar - Karabük devlet yolunda yer alan yarma şevindeki yüzey dökülmeleri ve stabilite problemi için yine çift büküm çelik ağlarla güçlendirilmiş geomat malzemesi ile bulonlar birlikte kullanılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Çift büküm çelik ağ, kaya düşmesi, kompozit ağ, şev destek sistemi, yüksek enerji sönmüleyici panel

**Abstract :** Disaster is defined as incidents that cause physical, economic and social losses for the whole or certain segments of society which interrupt or interfere with normal life and human activities resulting from the nature, technology or man-made originating actions, that the capacity of the affected society to resist such, is not sufficient. Disasters such as rock fall, avalanche, floods and landslides can be prevented or the damages induced can be reduced by necessary precautions using steel grids, gabion baskets and their derivatives. In this paper, design and solution for the prevention of disasters caused by rockfall were explained using two case studies. Geological factors such as lithology, discontinuities, joints in the rock masses, layer plane, fault, foliation, lamination, cracks, mechanical discontinuity of surfaces, fractures, morphological structure of the slope, identification of possible stability problems play an important role in the prevention methods which are divided into two; namely active and passive systems. It is possible to determine the quality of the rock mass, behavior related to deformation, stability model, strength, block size, hydraulic conductivity and excavation degree just by measuring the distance between the discontinuities in order to decide on the system to be designed. The aim of active systems is to keep the rock in place which is a potential danger by using composite steel grids, high energy absorption panels, ring nets and reinforced geomats. While passive systems prevent the danger by allowing the rock to continue its motion. Simple drapery nets, rock barriers, rock holding berms and ditches are the examples of this system. Possible rock falls in the slopes of the Orhangazi section of the Istanbul - Izmir highway have been prevented by high energy absorbing panels integrated with double twist steel grids. Local stability problems on the slopes of the Eskipazar - Karabük state road were solved using double twist steel grid reinforced geomats together with bolts, which also hold the falling particles from the surface of the slopes.

**Keywords:** Composite grid, double twist steel grid, high energy absorbing panel, rock fall, slope support system

**FOSİL YAKITLAR VE TEKNOLOJİSİ / FOSSIL FUELS AND THEIR TECHNOLOGIES**

Ali İhsan KARAYİĞİT - Zühtü BATI - Kimon CHRISTANIS - Selami TOPRAK

---

***Sözlü Sunumlar/Oral Presentations***

***ÖZ/ABSTRACT***







## Kınık Kömürlerinin Mineralojik, Petrografik ve Organik Jeokimyasal Özellikleri, Soma Havzası (Türkiye)

*Mineralogical, Petrographical and Organic Geochemical Properties of Kınık Coals, Soma Basin (Turkey)*

Rıza Görkem Oskay<sup>1</sup>, Achim Bechtel<sup>2</sup>, Ali İhsan Karayığit<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Hacettepe Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Beytepe, Ankara, Türkiye,

<sup>2</sup>Montanuniversität Leoben, Uygulamalı Yerbilimleri ve Jeofizik Bölümü, Leoben, Avusturya  
(aik@hacettepe.edu.tr)

**Öz:** Bu çalışma kapsamında Soma havzasında Soma Formasyonu içerisinde yer alan alt damar (kM2), orta damar (kM3) ve Deniz Formasyonu içerisinde bulunan üst damardan (kP1) alınan kömür örneklerinin mineralojisi, petrografisi ve organik jeokimyasal özellikleri incelenmiştir. Ayrıca alınan örneklerin kaba kimyasal ve elementer analizleri de yapılmıştır. Toplam 29 adet kömür örneği, Kınık sahasında yapılan iki adet (CK-1 ve CK-2) derin sondajın karotlarından profil örnekleme şeklinde alınmıştır. Kömür örnekleri makroskopik olarak siyah renkli olup, yer yer karbonat bantları ve fosil kavrıkları içermektedir. Matris litotipi genellikle kM2 damarının üst kısımlarında ve mineralce zengin litotip ise kM3 ve kP1 damarlarında daha yaygın olarak tanımlanmıştır. X-ışını toz difraksiyonu (XRD) yardımıyla kömür örneklerinde kil mineralleri (illit ve kaolinit), kuvars, kalsit, feldspat, pirit, dolomit ve az oranda siderit ve aragonit tanımlanmıştır. Kömür örneklerinin maseral ve biomarker dağılımları birbirlerinden farklılık göstermektedir. Telohüminit maseralleri kM2 damarının üst kısımlarında en yaygın hüminit maserali iken, detrohüminitler kM3 ve kP1 damarları ile kM2 damarının alt kısımlarında daha çok yaygındır. İnertinit maseralleri kM2 ve kP1 damarlarında daha düşük iken kM3 damarında daha yüksektir. İncelenen örneklerin kömür fasiyes diyagramları ve biomarker dağılımlarına göre kömür damarlarını oluşturan ilksel turba bataklıklarında farklı fasiyes koşullarının meydana geldiği saptanmıştır. Buna göre kM2 damarını oluşturan ilksel turba bataklığında ilk olarak otsul bitkilerin yaygın olduğu limnotelmatic koşullardan kozalaklı ağaçların yaygın olduğu ve organik maddenin korunumun yüksek olduğu telmatik koşullara geçiş yapan bataklık koşullarının meydana geldiği yorumlanabilir. Bundan dolayı bu damarın üst kısımlarında düşük kül ve yüksek TOC değerleri elde edilmiştir. Orta ve Geç Miyosen boyunca gelişen iklimsel koşullardaki değişimlere bağlı olarak kM3 ve kP1 damarlarının ilksel turbalıklarının otsul sucul bitkilerin daha yaygın olduğu limnotelmatic koşullarda geliştiğini işaret etmektedir. Sinjenetik karbonat minerallerinin kM3 damarında yaygın olması ise ilksel turbalıklarda alkalinitenin nispet yüksek olması ve organik maddenin korunumun düşük olmasını işaret etmektedir. Bundan dolayı kM3 damarından düşük TOC değerleri elde edilmiştir. Sinjenetik framboidal piritlerin kP1 damarında yaygın olması ise sülfatça zengin akifer kaynağının yanısıra muhtemelen piroklastik malzeme girişini işaret etmektedir. Çalışma kapsamında incelenen örneklerin kömür karakteristikleri, mineralojik, petrografik ve organik jeokimyasal özellikleri Kınık sahasındaki kömür damarlarının ilksel turbalıklarının Miyosen boyunca çökelim ortamlarındaki iklimsel koşullardaki değişimlere açık olduğunu da göstermektedir.

Bu çalışmanın bir kısmı, TÜBİTAK tarafından desteklenen 116Y383 nolu proje kapsamında gerçekleştirilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Biomarker, çökelim ortamı, Kınık, kömür

**Abstract:** This study focuses on mineralogical, petrographical and organic geochemical properties of coal samples that were obtained from lower (kM2) and middle (kM3) seams within Soma Formation and upper seam (kP1) within Deniz Formation in the Soma Basin. Additionally, proximate and ultimate analyses of these samples were conducted. A total of 29 coal samples were gathered using profile sampling method from two deep wells (CK-1 and CK-2) drilled in the Kınık coalfield. Macroscopically the coal samples display black colour and in site contain calcareous bands and fossil shell remains. Matrix lithotype is mostly identified from the upper parts of the kM2 seam, whereas mineral-rich lithotype is more common in the kM3 and kP1 seams. The minerals identified by XRD are mainly clay minerals (illite and kaolinite), quartz, calcite, feldspars, pyrite, dolomite and rarely siderite and aragonite. The maceral and biomarker distributions of the studied seams display differences. Telohuminite macerals are common in the upper parts of kM2 seam, while detrohuminite macerals are more common in the kM3 and kP1 seams and lower parts of the kM2 seam. Inertinite group macerals display lower proportions in the kM2 and kP1 seams, and their proportions are very high in the kM3 seam. The coal facies diagrams and biomarker distributions indicate that different palaeoenvironment conditions were developed in the palaeomires. The precursor peat of kM2 seam commenced to accumulate in the limnotelmatic conditions where herbaceous plants and macrophyte were common vegetation, and turn to telmatic conditions where the contributions of conifers were high and preservation of organic matter was high. Thus, relatively low ash yields and high TOC contents were recorded from the upper parts of this seam. The palaeomires of the kM3 and kP1 seams were accumulated in the limnotelmatic conditions were common and the contributions of macrophytes were high due to climate changes during Middle to Late Miocene. The predominance of syngenetic carbonates in the kM3 seam indicating relatively higher alkalinity in the palaeomires that could reduce preservation of organic matter. Therefore, lower TOC values were obtained from this seam. Furthermore, framboidal pyrite crystals are more common in the kP1 seam which could relate to sulphate-rich aquifer support into palaeomire and possible pyroclastic inputs. The results of this study show that changes on climate and depositional conditions during Miocene have implications on the mineralogical, petrographical and organic geochemical compositions of the studied coal seams in the Kınık coalfield.

A part of this study was supported by TUBITAK under a project 116Y383.

**Keywords:** Coal, biomarker, depositional conditions, Kınık

**FOSİL YAKITLAR VE TEKNOLOJİSİ / FOSSIL FUELS AND THEIR TECHNOLOGIES**

Ali İhsan KARAYİĞİT - Zühtü BATI - Kimon CHRISTANIS - Selami TOPRAK

---

**Poster/Posters**

---

**ÖZ/ABSTRACT**





## Alacaağzı Formasyonu İçerisindeki Kömür Damarlarının Kalitesi, Kömür Petrografisi ve Mineralojisi ile İlgili Ön Sonuçlar, Zonguldak (KB Türkiye)

### *Preliminary Results of Coal Quality, Coal Petrography and Mineralogy of Coal Seams in the Alacaağzı Formation, Zonguldak (NW Turkey)*

**Rıza Görkem Oskay<sup>1</sup>**

*<sup>1</sup>Hacettepe Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Beytepe, Ankara, Türkiye  
(oskay@upatras.gr)*

**Öz:** Zonguldak Havzası'nda Geç Karbonifer boyunca çökelen deltalik ve gölsel çökellerin içerisinde yer alan birçok işletilebilir kömür damarları bulunmaktadır. Bunlar sırasıyla Namuriyen yaşlı Alacaağzı Formasyonu, Westfaliyen A ve BCD yaşlı Kozlu ve Karadon formasyonları içerisinde yer almaktadır. Bu damarlar havzanın birçok noktasında kapalı işletmeler halinde 19. yüzyıldan beri işletilmektedir. Kozlu ve Karadon formasyonları içerisinde kömür damarlarının petrografik ve mineralojik özellikleri birçok çalışma tarafından incelenmiş olmakla beraber Alacaağzı Formasyonu içerisindeki kömür damarlarının petrografik ve mineralojik özellikleri fazla çalışılmamıştır. Bu çalışma kapsamında Zonguldak Havzası'nın güneydoğu kısımlarında bulunan Gömü bölgesinde yer alan kapalı işletmelerde işletilen genelde Alacaağzı Formasyonu içerisinde yer alan kömür damarlarından 12 adet kanal örneği ve yine aynı bölgeden mostralardan 3 adet kanal örneği olmak üzere toplam 15 adet kömür örneği incelenmiştir. Kapalı işletmelerden alınan kömür örnekleri daha düşük kül (% 6,3-20,3, havada kuru bazda) ve yüksek uçucu madde (% 31,5-36,8, havada kuru bazda) içeriği sunarken, mostra örnekleri ise daha düşük toplam kükürt (% 0,2-0,8, havada kuru bazda) sunmaktadırlar. Kapalı ocaklardan derlenen örneklerden ölçülen ortalama rastgele vitrinit yansıtma değerleri (% Ro) % 0,76±0,03 ve % 0,78±0,02 arasında değişim sunmaktadır. Örneklerin uçucu madde içerikleri ve %Ro göre incelenen örneklerin kömürleşme derecesi yüksek uçucu bitümlü kömür olarak tespit edilmiştir. İncelenen örneklerdeki en yaygın maseral grubunu vitrinit grubu iken örneklerde inertinit içerikleri geniş bir değişim sunmaktadır. Telovitrinit ve detrovitrinit örneklerdeki en yaygın vitrinit grubudur. İncelenen örneklerde X-ışını toz difraksiyonu (XRD) yardımıyla tanımlanan mineraller çoğunlukla kil mineralleri, kuvars, kalsit ve pirit ve az miktarda dolomittir. Kaolinit kapalı ocaklardan incelenen bütün örneklerde tanımlanmıştır ve genellikle iyi derece kristalleşme göstermesi, ilksel turbalıklara eşzamanlı volkanik kökenli katkılarla ilgili olduğunu işaret etmektedir. Ayrıca, petrografik ve SEM-EDX incelemeleri sırasında örneklerin kırık/çatlaklarında yaygın olarak ikincil karbonat ve silikaların varlığı tanımlanmıştır. Bu durum incelenen örneklerdeki ikincil minerallerin sedimentasyon sırasında/sonrasında meydana gelen ikincil çözeltilerden itibaren oluştuğu düşünülebilir.

**Anahtar Kelimeler:** Geç Karbonifer, kömür petrografisi, maseral, Zonguldak

**Abstract:** Zonguldak Basin hosts several mineable coal seams within Late Carboniferous deltaic and lacustrine units. These seams are located within Namurian Alacaagzı Formation,

Westphalian A Kozlu Formation and Westphalian BCD Karadon Formation. Since 19<sup>th</sup> century, these seams are exploited in several underground mines in different parts of the basin. Several studies focused on petrographical and mineralogical properties of coal seams within Kozlu and Karadon formations; however, a limited number of studies focused on coal seams within the Alacaağzı Formation. In this study, a total of 15 samples were collected using channel sampling method from working coal seams mostly within the Alacaağzı Formation in the Gömü region (SE Zonguldak Basin). Thirteen of these samples were obtained from underground, whereas three coal samples were gathered from coal seams within outcrops of the Alacaağzı Formation. The studied coal samples from underground mines display low ash yields (6.3-20.3%, on air-dried basis) and high volatile matter contents (31.5-36.8%, on air-dried basis), whereas coal samples from outcrops have relatively low total S contents (0.2-0.8%, on air-dried basis). The mean random vitrinite reflectance values (%Ro) of the studied samples from underground mines range between  $0.76\% \pm 0.03$  and  $0.78\% \pm 0.02$ . The volatile matter contents and %Ro values show that the studied samples from the underground mines are of high volatile bituminous rank. Vitrinite group macerals are the most common macerals in the studied samples, while inertinite display various proportions in the studied samples. Telovitrinite and detrovitrinite macerals are common vitrinite subgroup macerals in the studied samples. Minerals in the bulk coal samples identified by XRD are mainly clay minerals (kaolinite, illite and chlorite), quartz, calcite and rarely dolomite. Kaolinite is identified in all studied samples from underground mine and generally well-ordered which indicates synchronous volcanic inputs into palaeomires. Furthermore, epigenetic carbonates and silica were identified as cleat/fracture infillings during petrography and SEM-EDX studies. This also suggests that epigenetic mineralization took place during deposition/post-deposition.

**Keywords:** Coal petrography, Late Carboniferous, maceral, Zonguldak

**GELECEĞİN YERBİLİMCİLERİ / GEOSCIENTIST OF THE FUTURE**

Kadir DİRİK - Halil KUMSAR -Tolga OYMAN - Osman PARLAK

---

**Sözlü Sunumlar/*Oral Presentations***

**ÖZ/*ABSTRACT***







## Dinar Fay Zonu'nun Yapısal Özellikleri ve Depremselliği

### *Structural Characteristics and Seismicity of Dinar Fault Zone*

**Cansu Çakıroğlu<sup>1</sup>, Levent Bayram<sup>1</sup>, Erman Özsayın<sup>1</sup>, Serkan Üner<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Hacettepe Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü

<sup>2</sup>Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü

(cansucakiroglu@gmail.com)

**Öz:** Batı Anadolu Bölgesi, Türkiye’de sismik etkinliğin en yüksek olduğu alanlardan birisidir. Hem tarihsel hem de aletsel dönemde meydana gelen depremler bölgede can ve mal kayıplarına yol açmıştır. Dinar Fay Zonu üzerinde gerçekleşmiş olan ve 94 kişinin hayatını kaybettiği Ms: 5.9 büyüklüğündeki 1 Ekim 1995 Dinar Depremi bu etkinliğin en yakın tarihli kanıtıdır. Bu tür doğal afetlerin etkilerini en aza indirmek, bölgede yer alan aktif fay kuşaklarının özelliklerinin anlaşılmasıyla mümkündür. Bu çalışmanın konusu olan Dinar Fay Zonu, Afyonkarahisar’ın Dinar İlçesi ile Denizli’nin Çivril İlçesi arasında yer almakta olup yaklaşık 40 km uzunluğa sahiptir. Zon, doğrultusu yaklaşık K65 °B olan ve güneye eğimli düzlemler ile temsil edilen normal fay segmentlerinden oluşmaktadır.

Dinar ve çevresinde yüzeylenen birimler tabanda Mesozoyik yaşlı ofiyolitik melanj ve bunları uyumsuzlukla örten Orta-Üst Kretase yaşlı kireçtaşları ile başlamaktadır. Bu temel kayalar üzerine yine uyumsuz olarak gelen Eosen yaşlı denizel kireçtaşları ile Eosen-Oligosen yaşlı kırıntılılar bulunmaktadır. Bu birimler açısız uyumsuzlukla Pliyosen ve Kuvaterner yaşlı volkanoklastikler ve karasal çökeller tarafından üzerlenmektedir. Kuvaterner yaşlı alüvyal yelpaze ve alüvyonlar tüm birimleri açısız uyumsuzlukla örtmektedir. Dinar Fay Zonu’na ait segmentler, Orta-Üst Kretase yaşlı kireçtaşları, Eosen yaşlı denizel kireçtaşları ve Pliyosen yaşlı kırıntılılar ile Kuvaterner yaşlı güncel çökeller arasındaki sınırı oluşturmaktadır.

Dinar Fay Zonu’nun özelliklerini ortaya koyan birçok araştırma bulunmaktadır ancak bu fay zonunun neotektonik dönemdeki davranışı hakkında farklı görüşler mevcuttur. Bu görüşlerden biri, bu zonun neotektonik dönemin başında önce doğrultu atımlı olarak çalıştığını, sonrasında açılma etkisiyle normal fay olarak yeniden hareketlendiğini belirtirken bir diğer görüş ise neotektonik dönemin başından itibaren normal fay karakterinde olduğunu savunmaktadır. Bu görüşler doğrultusunda Dinar Fay Zonu’nun kinematik özelliklerinin belirlenmesi ve komşu fay zonları ile ilişkisi değerlendirilmesi çalışmanın amacını oluşturmaktadır. Bu kapsamda Dinar ve Çivril arasında bu zona ait fay düzlemleri üzerinden 9 istasyondan 117 adet fay-kayma verisi toplanmış ve paleogerilme analizleri yapılmıştır. Analiz sonuçları Dinar Fay Zonu’nun oluşturan çekme gerilmesinin yatay bileşeninin batı kesimde yaklaşık K20D, doğuda ise K70D doğrultusunda olduğunu ortaya koymaktadır. Bu durum güncel deprem odak mekanizma çözümleri ile uyumlu olup yaklaşık KD-GB doğrultulu açılma rejiminin devam ettiğini göstermektedir. Batı kesimde karşılaşılan gerilme değişikliğinin Baklan Grabeni’ni oluşturan fayların etkinlikleriyle ilişkili olduğu düşünülmektedir.

Bu çalışma FHD-2018-17203 numaralı Hacettepe Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri

Koordinasyon Birimi proje tarafından desteklenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Dinar Fay Zonu, depremsellik, paleogerilim analizi, kinematik analiz

**Abstract:** Western Anatolia is known to be one of the most seismically active areas in Turkey. Both historical and instrumental period earthquakes created devastating amount of loss of human life and property. October 1<sup>st</sup> 1995 Dinar earthquake having magnitude of Ms: 5.9 is the most recent evidence for this seismic activity where 94 people died. These damages of earthquakes can be reduced by determining the characteristic behaviors of active faults. Dinar Fault Zone, the subject of this study, is located between Dinar, Afyonkarahisar and Çivri, Denizli and have a length of 40 km. This zone is composed of approximately N65 °W trending and south dipping normal fault planes.

The units cropping out at Dinar and surroundings initiate with Mesozoic ophiolitic mélangé and Middle-Upper Cretaceous limestones. Eocene marine limestones and Eocene-Oligocene clastics overlies above these basement rocks with angular unconformity. This sequence is followed by Pliocene and Quaternary volcanics and terrestrial deposit. Finally, Quaternary alluvium and alluvial fan deposits cover older rocks. Segments of Dinar Fault Zone constitute the boundaries between Middle-Upper Cretaceous limestones, Eocene limestones, Pliocene clastics with Quaternary deposits.

Several studies focused on characteristics of Dinar Fault Zone, however, up to date there is no agreement about its behavior during neotectonic period. One of these suggestions is that the fault zone initially acted as strike-slip and then reactivated as normal fault. The other recommendation is that this fault zone solely behaved as normal character during the neotectonic period. Therefore, the aim of this study is to investigate behavior of Dinar Fault Zone. For this purpose, 117 fault-slip data were collected from 9 stations in order to determine fault type and to achieve paleostress analysis. The analyze results imply that horizontal component of tensile stress creating Dinar Fault Zone is N20E in the western section and N70E in eastern section. This outcome is in agreement with the recent focal mechanism solutions, indicating NE-SW trending extensional regime. Changes in stress orientation at the western part of the zone could be related to the activities of the faults which controls the Baklan Graben.

This study is financially supported by the Scientific Research Coordination Unit of Hacettepe University with project no FHD-2018-17203.

**Keywords:** Dinar Fault Zone, seismicity, paleostress analysis, kinematic analysis



## Gümüldür Fayı'nın Kinematik Özellikleri Ve Tektonik Jeomorfolojisi, Kuşadası Körfezi, Batı Anadolu

*Kinematic Analysis and Tectonic Geomorphology of Gümüldür Fault,  
Kuşadası Bay, Western Anatolia*

**Büşra Yerli, Mustafa Softa, Hasan Sözbilir**

*Dokuz Eylül Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Buca, İzmir, Türkiye  
(bsrlyrli@gmail.com)*

**Öz:** Kuşadası körfezini kuzeyden sınırlayan ve batıdaki Tuzla Fayı'na verev konumlu olan yaklaşık 25 km uzunluğunda Gümüldür Fayı, Ürkmez ile Ahmetbeyli arasında parçalı yapı sunmaktadır. Paleozoyik yaşlı temel kayalar ile Kuvaterner yaşlı alüvyon birimleri arasında keskin bir morfolojik uyumsuzluk sunan Gümüldür Fayı, K50°-55°B doğrultulu, düzlemlerinin eğimleri batıya doğru artan (40°-85°GB) batıya doğru dış bükey bir geometride olan eğim atımlı bir normal faydır. Fay düzlemleri birbirinden farklı kinematik veri barındırmakta ve fay zonlarında fay kayaları ve hidrotermal alterasyonlar belirgin olarak izlenebilmektedir. Bu çalışmada günümüz morfolojisini denetleyen Gümüldür Fayı'nın Kuvaternerdeki aktivitesinin görelî olarak saptanması, fayın ve bölgesel yükselimin hızına dair yaklaşımda bulunabilmek için tektonik ve jeomorfolojik çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Şu ana kadar gerçekleştirilen çalışmalarda; (i) bölgede Gümüldür Fayı'nın denetlediği toplam 56 adet akaçlama havzası tespit edilerek jeomorfolojik olarak batı-orta-doğu olarak bölümlere ayrılmış, (ii) akaçlama havzalarının asimetri faktörü 19-78 arasında değiştiği ve havzaların %80,4'ü asimetrik, %19,6'sı simetrik karakter gösterdiği, (iii) Gümüldür Fayı'nın taban bloğunun hızlı yükselimi sonucu gelişen ve eğim atımlı normal faylanmanın jeomorfolojik göstergesi olan orta-iyi derecede korunmuş üçgen ve trapezoidal yüzeyler barındırdığı ve (iv) özellikle Gümüldür'den itibaren batıya doğru dış bükey bir yapı sunan fay düzlemlerinde yapılan kinematik gözlemlerde sapma açılarının 80-89°B arasında dağılım gösterdiği saptanmıştır. Buna göre, Gümüldür Fayı, taban bloğu batıya doğru tiltlenerek yükselen eğim atımlı diri bir fay niteliğindedir.

**Anahtar Kelimeler:** Tektonik jeomorfoloji, Gümüldür Fayı, Kuvaterner, kinematik analiz

**Abstract:** Gümüldür Fault which is located in the west of Tuzla Fault and bounds Kuşadası Bay from the north, offers approximately 25 km long and a fragmented structure between Ürkmez and Ahmetbeyli region. Gümüldür Fault which is in the N (50°-55°) W strike, shows a sharp morphological discordance between Paleozoic basement rocks to Quaternary aged alluvium units. The dip angle of the fault planes increases to the west (40°-85°SW) and the fault is dip-slip active normal fault, shows convex structure and geometry to westward. The fault planes contain different kinematic data, fault rocks and hydrothermal alterations also observed clearly. In this study, tectonic and geomorphological studies have been carried out to determine the relative tectonic activity of the Gümüldür Fault in Quaternary and to find the uplift rate of

the fault and the region. Until now our findings indicate (i) a total of 56 drainage basins which were controlled by Gümüldür Fault in the region were identified and geomorphologically separated as west, middle and east; (ii) asymmetry factor values in this study range from 19 to 78. These values are respectively; 80.4 % of the AF values reflect an asymmetric basin pattern, while 19.6 % indicate a symmetrical basin (iii) middle-well preserved triangular and trapezoidal surfaces, which are the geomorphological indicator of the active normal faulting, have been observed in the region as a result of the rapid uplift of the footwall of Gümüldür Fault, (iv) in particular, fault planes have been observed, which present a convex structure towards the west from Gümüldür and rake angles were found to be between 80-89°W.

**Keywords:** Tectonic geomorphology, Gümüldür Fault, Quaternary, kinematic analysis



JEOLOJİ MÜHENDİSLERİ ODASI  
CHAMBER OF GEOLOGICAL ENGINEERS OF TURKEY

Uluslararası Katılımlı 72. Türkiye Jeoloji Kurultayı  
28 Ocak-01 Şubat 2019, Ankara, Türkiye  
72<sup>nd</sup> Geological Congress of Turkey with international participation  
28 January-01 February 2019, Ankara, Turkey

Uluslararası Katılımlı  
72. Türkiye  
Jeoloji  
Kurultayı

## Batı Anadolu Genişleme Bölgesindeki Kuvaterner Yaşlı Kula Volkanitlerinin Yerleşme Mekanizması, Türkiye

*Emplacement Mechanism of Quaternary Kula Volcanics in Western Anatolian  
Extensional Province, Turkey*

**Havva Neslihan Kıray, Hasan Sözbilir**

*Dokuz Eylül Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Tınaztepe Kampüsü, Buca, İzmir  
(neslihankiray@hotmail.com)*

**Öz:** Kula Volkanitleri (KV), Kula İlçesinin 12 km batısında, Simav ve Gediz Grabenleri'ni birbirinden ayıran D-B uzanımlı horstun üzerinde yer almaktadır. Kula Volkanitleri, Kuvaterner'den tarihsel dönem sonuna kadar aktif olan ve günümüzde inaktif niteliği ile Türkiye'nin en genç volkanik bölgelerinden birini oluşturmaktadır. Menderes Masifi'nin metamorfik temelini, İzmir-Ankara-Erzincan Zonu'nun ofiyolitik melanjına ait birimleri ve Selendi havzasının Miyosen yaşlı gölsel volkanosedimanter istifini uyumsuz üzerlemektedir. Petrografik ve petrokimyasal incelemelere göre Kula lavları; alkali olivinli bazalt, tefrit, az oranda mugearit, hawaiiit, potasyumca zengin trakibazalt bileşenleri ile alkali bazalt niteliğindedir. Her ne kadar rift açılımlarında meydana gelen zenginleşmiş manto kökenli yükselmeye bağlı volkanizma olduğu kabul görmüş olsa da, yerleşme mekanizması iyi bilinmemektedir. Bu boşluğu doldurmak için, Kula Volkanik alanına uzaktan algılama yöntemleri ile birlikte saha ve yapısal tabanlı çalışmalar yapılmıştır. Araştırmalarımız, Kula volkanitlerinin ilk kez bu çalışmada Kula Fayı ismi ile tanımlanan, KD-GB uzanımlı doğrultu atımlı fayın çek-ayır benzeri gelişen açılmalı büklümüne yerleştiğini göstermektedir. Kula Fayı Kuvaterner boyunca K-G açılımına oblik gelişen kabuksal ölçekli süreksizlik zonu olarak kabul edilmiştir. Bu da, Batı Anadolu Genişleme bölgesinde doğrultu-atımlı fayların düşünülenden daha yoğun olduğunu işaret etmektedir.

**Anahtar kelimeler:** Kula Volkaniti, Kula Fayı, açılmalı büklüm, doğrultu atımlı fay

**Abstract:** The Kula Volcanics (KV), is located 12 km west of the Kula town and rest on E-W trending horst separating the Gediz and the Simav Grabens. KV is the youngest volcanic district in Turkey and was active from the Quaternary period to historic times, and recently it is inactive. It rests unconformably on the metamorphic basement of the Menderes massif, the ophiolitic mélange units of the İzmir-Ankara Zone, and Miocene lacustrine volcano-sedimentary sequence of the Selendi basin fill. According to petrographic and petrochemical investigations, Kula lavas are alkali basalts becoming potassich-rich trachybasalts, alkali olivine basalts and hawaiites with minor mugearites and tephrites. Although its enriched mantle origin was widely accepted in a rift-related setting its emplacement mechanism is poorly known. To fill in this gap, field-based structural study together with remote sensing methods have been applied to the Kula Volcanic field. Our studies suggest that the Kula volcanics were emplaced within a pull-apart like releasing bend of NE-SW trending strike-slip fault which is established in the present study for the first time and named as Kula Fault. The Kula fault is accepted a crustal scale zone of weakness was formed oblique to the direction of N-S extension during Quaternary time. This suggest that strike-slip fault development is more common than considered in the western Anatolian extensional province.

**Keywords:** Kula Volcano, Kula Fault, releasing bend, strike-slip fault, Western Anatolia



## Genişlemeli Tektonik Ortamlardaki Reaktif Çapraz Fay ve Normal Fay Bağlantıları; Büyük Karabağ Fayı'ndan Bir Örnek, Afyon-Akşehir Grabeni

*Evidence for Reactivated Cross-Fault and Normal Fault Linkage in Extensional Tectonic Settings: an Example from Büyük Karabağ Fault, Afyon-Akşehir Graben*

**Mertkan Osman Geçievi<sup>1</sup>, Çağlar Özkaymak<sup>2,3</sup>, Hasan Sözbilir<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, ANS Kampüsü, Afyon

<sup>2</sup>Afyon Kocatepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, ANS Kampüsü, Afyon

<sup>3</sup>Afyon Kocatepe Üniv. Deprem Uygulama ve Araştırma Merkezi, ANS Kampüsü, Afyon

<sup>4</sup>Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Tınaztepe Kampüsü, İzmir

(mertkan.gecievi@gmail.com)

**Öz:** Bu çalışmada, graben ana ayrılma fayının doğrultusuna yaklaşık dik uzanan çapraz fay bağlantıları ve reaktivasyonlarına işaret eden Jeolojik ve Jeomorfolojik bulgular sunulacaktır. Bu tip yapılara güzel bir örnek, Afyon-Akşehir Grabeni'nin güney kenarını morfolojik olarak belirgin dağ önü sarplıkları ile sınırlayan kuzeye eğimli ana graben fayı niteliğindeki Sultandağ-ı Fay Zonu'nun tavan bloğunda çapraz fay niteliğinde gelişen Büyük Karabağ Fayı boyunca gözlenmektedir.

Tektonik Jeomorfoloji çalışmalarımıza göre, Büyük Karabağ Fayı, üzerleyen iki sentetik normal fay arasındaki gerilimi transfer eden sentetik aktarım zonundaki, henüz iki segment arasındaki fiziksel bağlantının gerçekleşmediği etkileşime (soft linkage) ait izler taşıyan iki fay segmentinden oluşmaktadır. Her segment yaklaşık 15 km uzunluğunda olup, topoğrafik haritada ve Landsat uydü görüntüsünde belirgin olan KD-GB uzanımlı dik topoğrafik sarplıklarla tanımlanırlar. Kinematik çalışmalar fay segmentleri üzerinde, doğrultu atımlı faylanmanın normal faylanma ile üzerlendiği iki fay çizdiği setinin varlığına işaret etmektedir. Bu durum, bölgede var olan önceki fayların, genişlemeli tektonizma etkisi altında yeniden aktif hale geçerek, çapraz fayların oluşumunu ve lokasyonunu kontrol ettiğine işaret etmektedir. Bu gibi fay modelleri, fay segmentlerinin genişlemeli allokonların karmaşık içsel deformasyonuna sahip önceki süreksizliklerin reaktivasyonu şeklinde geliştiği genişlemeli tektonizmanın hakim olduğu bölgelerde tipiktir.

Bundan dolayı, Büyük Karabağ Fayı'nın Miyosen'den beri en az iki farklı harekete sahip reaktive bir fay olduğunu önermekteyiz. İlk hareket, doğrultu atımlı karakterde olup Sultandağ-ı Fay Zonu'nun doğrultusuna yaklaşık dik uzanımlı çapraz fayların oluşumu ile uyumludur. Bu faylar, Batı Anadolu'da Pliyo-Kuvaterner boyunca etkili olan genişlemeli tektonik rejim etkisi altında, eğim atımlı normal karakterinde reaktive olmuştur. Ana graben fayının tavan bloğundaki çapraz alt-graben bloklarını sınırlayan bu tip enine faylar, bölgesel genişleme yönüne yarı-paraleldirler ve oluşumlarının başlangıcındaki düşey eksen rotasyonunun karakteristiğine sahiptirler.

**Anahtar Kelimeler:** Afyon-Akşehir Grabeni, aktarım rampası, Batı Anadolu, Büyük Karabağ Fayı, fay bağlantısı, faylarda reaktivasyon

**Abstract:** In this study, we aim to present geologic and geomorphologic evidences for reactivation and linkage of cross faults that oriented at high-angle to the strike of major breakaway fault. A good example comes from the Büyük Karabağlar Fault that developed as a cross-fault on the hangingwall of the Sultandağı fault zone – a major range-bounding fault that is geomorphologically expressed as a trace of northeast-facing scarps bounding the southern margin of the Afyon-Akşehir Graben.

Based on tectonic geomorphology studies, we identify that the Büyük Karabağ Fault, consists of two fault segments that show evidence for soft linkage in a synthetic relay ramp zone transferring strain between two overlapping synthetic normal faults. Each segment is approximately 15 km long and identified as NE-SW trending steep topographic scarps which are visible on topographic maps and landsat images. Kinematic studies indicate the presence of two sets of striations with different orientations on the fault planes. Well preserved, strike-slip slickenlines are overprinted by dip-slip striations. This suggest that pre-existing faults and fabrics in the basement undergoing extension may influence the formation and localization of cross faults. We interpret that such fault patterns are characteristic for regions experiencing extension where fault segments are reactivated pre-existing structures with complex internal deformation of extensional allochthonous.

We therefore suggest that Büyük Karabağ Fault is a reactivated structure with at least two different motions since the Miocene: (i) the earliest motion was strike-slip and consistent with the formation of cross faults that oriented at high angle to the strike of Sultandağı Fault Zone and then (ii) the fault is reactivated as a dip-slip normal fault during the Plio-Quaternary extension phase in western Anatolia. This kind of transverse faults that bound sub-graben cross-blocks on the hangingwall of major breakaway fault are sub-parallel to the orientation of regional extension and have characteristics of vertical axis rotation at the beginning of their formation.

**Keywords:** Afyon-Akşehir Graben, relay ramp, Western Anatolia, Büyük Karabağ Fault, fault linkage, fault reactivation





## Kazı Şevlerinde Duraylılığın İncelenmesi ve Önlemlerin Alınması, Batıkent (Ankara)

### *Investigation Of Cut Slope Stability and Remediation Methods, Batıkent (Ankara)*

**Emine Cansu Kaya, Büşra Özçelik, Ali Berk Ünal, Koray Ulamış, Recep Kılıç**

*Ankara Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Jeoteknik Araştırma Grubu  
(eminecansukaya@gmail.com)*

**Öz:** Temel kazılarında sıkça şev problemleri ile karşılaşılabilir. Özellikle kum ve çakıl mercekleri bulunduran ince taneli zeminlerde yeraltı suyu ve yüzeysel suların etkisi ile dayanım azalmasına bağlı olarak şevlerde yenilmelere sıkça rastlanmaktadır. İnceleme alanında Üst Pliyosen yaşlı kil ve silt içerisinde çakıl ve kum mercekleri bulunmaktadır. Bu çalışma kapsamında, Ankara ili Batıkent Semti'nde bir okul inşaatı temel kazısı sırasında karşılaşılabilecek şev problemi ve önlem tasarımı üzerinde durulmuştur.

Kazı şevini oluşturan, düşük plastisiteli kil (CL), düşük plastisiteli silt (ML) içerisinde mercek halinde bulunan siltli kum (SM), uniform kum ve az çakıllı ve silt (SP-SM) türü zeminler bulunmaktadır. Bu mercekler içerisindeki su, tabandaki ince taneli zeminleri doymun hale getirmekte ve kaymalara neden olmaktadır. Kil ve siltin konsolidasyonlu-drenajsız (CU) kesme kutusu deneyleri yapılarak artık ve doruk kohezyon ile içsel sürtünme açısı değerleri belirlenmiştir. Şevlerdeki duraylılık analizleri, limit denge yöntemi ve nötral nokta yöntemi ile yapılmıştır. Ayrıca, iyileştirme yönteminin değerlendirilmesi amacı ile sonlu elemanlar yöntemi (FEM) kullanılmıştır. Güvenliğin sağlanması amacıyla 5 m yüksekliğinde drenaj sistemi bulunan istinat duvarı önerilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Kazı, şev duraylılığı, nötral nokta yöntemi, Batıkent, Ankara

**Abstract:** Slope stability problems are commonly encountered during and after excavations. Particularly, instability takes place based on strength reduction due to groundwater or surficial water in fine grained soils with sand and gravel lenses. Such lenses are located within Upper Pliocene aged clay and silt. This study focuses on the possible slope instabilities in the slope excavation of a school structure in Batıkent, Ankara. Also, remediation method against slope instability was assessed.

Uniform sand and silty sand (SP-SM) and silty sand (SM) were detected in clay with low plasticity (CL) and silt (ML). Fine grained soils are saturated by the groundwater leakage from sand and gravel lenses, leading to possible slides within the slope. Consolidated-undrained (CU) shear box test were performed in order to obtain peak and residual cohesion and internal friction angle of silt and clayey soils. Slope stability calculations were conducted by limit equilibrium and neutral point methods. Besides, FEM methodology was taken into account to offer remediation against sliding. A 5m high retaining wall with drainage system was offered.

**Keywords:** Cut, slope stability, neutral point, Batıkent, Ankara



## Güvercinlik Mağarasının Yeraltısu Depolama Potansiyelinin İncelenmesi, Seydişehir, Türkiye

*Investigation of Groundwater Storage Potential of Güvercinlik Cave,  
Seydişehir, Turkey*

**Ceren Tunçay<sup>1</sup>, Hilmi Umut Demiriz<sup>1,2</sup>, Ahmet Emin Hallaç<sup>1,3</sup>**

<sup>1</sup>Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü 06830,  
Gölbaşı, Ankara

<sup>2</sup>Ankara Üniversitesi Mağara Araştırma Topluluğu 06560 Yenimahalle/Ankara

<sup>3</sup>Ankara Üniversitesi Karst Araştırma Topluluğu, 06830, Gölbaşı, Ankara  
(ceren.tncy@gmail.com)

**Öz:** Su, medeniyetin temel gereksinimleri arasında yer alan en önemli kaynaktır. Mevsimler arası yağış farklılıklarına bağlı olarak doğal kaynaklar ihtiyacı karşılamakta yetersiz kalabilmektedir. Bu sebeple, yağışın fazla olduğu dönemlerde suyun yüzey göletlerinde veya yeraltı boşluklarında depolanması eski çağlardan bu yana kullanılagelen bir yöntemdir. Su depolamak amacıyla kullanılan yeraltı açıklıkları kazı yöntemiyle oluşturulabileceği gibi doğal yeraltı açıklıklarından da bu amaçla yararlanılabilmektedir. Doğal yeraltı açıklıklarının kullanımının iş gücü ve maliyet açısından avantajları olmakla birlikte, hidrojeolojik açıdan dezavantajları da bulunabilmektedir. Bu çalışmada, Konya ili Seydişehir ilçesi Susuz köyünün yaklaşık 1 km güneybatısında yer alan Güvercinlik mağarasının akış aşağısının su depolanması amacıyla kullanılabilme potansiyeli incelenmiştir. Güvercinlik mağarasının yaklaşık 1000 m akış aşağısında Susuz karst kaynakları bulunmaktadır. Bölgede yapılmış hidrojeolojik çalışmalar, kaynakların mevsimsel boşalım yaptığını göstermektedir. Yöre insanı tarımsal sulama amacıyla Suğla Depolamasından yararlanmasına rağmen hayvancılık için daha ulaşılabilir ve daha ekonomik bir su kaynağına ihtiyaç duymaktadır. Kaynakların, yöre halkının su ihtiyacının arttığı yaz dönemlerinde kuruyor olması ve su ihtiyacının olmadığı yağışlı dönemde fazladan boşalım yapması bu çalışmada çözülmesi amaçlanan problemin temelini oluşturmaktadır. Bu çalışmada, Susuz köyü sakinlerinin kurak dönemde özellikle hayvancılık amacıyla ihtiyaç duydukları suyun Güvercinlik mağara sisteminde bir yeraltı depolaması planlanarak çözülebilmesi potansiyeli incelenmiştir.

Bu kapsamda Ankara Üniversitesi Karst Araştırma Topluluğu ve Ankara Üniversitesi Mağara Araştırma Topluluklarının ortak çalışması sonucunda Güvercinlik mağara sistemi akış aşağı yönde haritalanmıştır. Mağara keşfi sırasında mağaranın aktif olduğu, yağışlı dönemlerde mağara ağzına kadar su seviyesinin yükseldiğine dair ipuçları yakalanmıştır. Mağara içerisinde hiçbir sarkıt-dikit yapısının gözlenmemiş olması, mağaranın aktif bir yeraltı akım kanalı olduğuna işaret etmektedir. Tüm bu bilgilerin ışığında mağaranın yeraltı depolaması için kullanılabilir olduğu öngörülmektedir. Mağara içerisinde yapılan en-boy-yükseklik ölçümleri ile mağaranın 3 boyutlu modeli oluşturulmuş ve su depolama hacmi ile faydalı rezerv miktarı hesaplanmıştır. Çalışmanın daha ileri aşamalarında bölge tektoniği ve kireçtaşlarındaki çatlak sistemleri detaylı olarak değerlendirilecek olup, mağara içerisinde oluşturulması planlanan

depolama yapısı için en uygun yer belirlenmeye çalışılacaktır.

**Anahtar Kelimeler:** Karst hidrojeolojisi, hidro-teknik yapılar, yeraltı suyu depolama, mağara modelleme

**Abstract:** Water is one of the most important requirements of civilization. Natural resources may be insufficient to meet the need due to the differences in the rainfall between the seasons. Therefore, storage of water in surface ponds or underground caverns during periods of high precipitation is a method used since ancient times. Underground openings used for storing water can be created by excavation method and natural underground openings can be used for this purpose. Although the use of natural underground openings has advantages in terms of labor and cost, hydrogeological disadvantages can also be found. In this study, the potential use of Güvercinlik cave which is located about 1 km southwest of the Susuz village of Seydişehir district of Konya province has been investigated. Approximately 1000 m downstream of Güvercinlik cave Susuz karst springs is located. Hydrogeological studies conducted around the study area reveal that the karst springs are discharging seasonally. In the dry period of the year, insufficient water springs are problem for local people. While the farmers withdraw water from Suğla Lake for agricultural irrigation, they need easier and cost effective water supply for livestock farming especially in dry seasons. The study emerges from the problem that the springs in Susuz are drying in summer season when the demand for water increases dramatically and the flow in winters are much more than the demand. In this study, an underground storage is planned in the Güvercinlik cave system and the potential for resolving the water needed by Susuz village residents in the dry period, especially for animal husbandry, has been investigated. In this context, Güvercinlik cave system is mapped downstream.

In this context, as a result of the joint work of Ankara University Karst Research Society and Ankara University Cave Research Communities, Güvercinlik cave system was mapped downstream. During the cave exploration, the cave was active, and during the rainy periods clues were found that the water level increased to the mouth of the cave. The fact that no stalactite-stalagmite structure was observed in the cave indicates that the cave is an active conduit. It is foreseen that the cave can be used for underground water storing in the light of all this information. Depending on the field measurements, the 3D model of the cave was created and the water storage volume and useful reserve amount were calculated. In more advanced stages of the study, the tectonics and the crack systems in the limestones will be evaluated in detail and the most suitable area will be determined for the storage structure planned to be built within the cave.

**Keywords:** Karst hydrogeology, hydro-technical structures, groundwater storage, cave modelling



## Çukurambar'daki (Ankara) Derin Kazı Şevinde Duraylılığın İncelenmesi Ve Alınan Önlemler

### *Investigation Of Deep Excavation Cut Slope Stability And Mitigation Methods, Çukurambar (Ankara)*

**Dilara Satır, Merve Demirtaş, Koray Ulaşım, Recep Kılıç**

*Ankara Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Jeoteknik Araştırma Grubu  
(dilara.satir@hotmail.com)*

**Öz:** Temel kazılarında sıkça şev problemleri ile karşılaşılabilir. Özellikle kum ve çakıl mercekleri bulunduran ince taneli zeminlerde yeraltı suyu ve yüzeysel suların etkisi ile dayanım azalmasına bağlı olarak şevlerde yenilmelere sıkça rastlanmaktadır. İnceleme alanında Üst Pliyosen yaşlı kil ve silt içerisinde çakıl ve kum mercekleri bulunmaktadır. Bu çalışma kapsamında, Ankara ili Çukurambar'da bir inşaatın temel kazısı sırasında karşılaşılacak şev problemi incelenmiş ve duraylılığın sağlanması için öneri sunulmuştur.

Kazı şevini oluşturan birimler düşük plastisiteli kil (CL) dir. Zeminin doğal su içeriği %23 ile %28 arasında, doğal birim hacim ağırlığı 17,30 kN/m<sup>3</sup> ile 19,30 kN/m<sup>3</sup> arasında olup, konsolidasyonlu drenajlı kesme kutusu (CU) deney sonuçlarına göre, doruk kohezyon ( $c_p$ ) 60 kN/m<sup>3</sup> ile 87 kN/m<sup>3</sup> arasında, artık kohezyon ( $c_r$ ) 35 kPa ile 48 kPa ve doruk içsel sürtünme açısı ( $\phi_p$ ) 8° ile 10° arasında ve artık içsel sürtünme açısı ( $\phi_r$ ) 3° ile 5° arasında değişmektedir. Kazı şevindeki duraylılık analizleri, limit denge yöntemi ve nötral nokta yöntemi ile yapılmıştır. Ayrıca, sonlu elemanlar yöntemi ile değerlendirilmiştir. Güvenliğin sağlanması amacıyla fore kazık ankraj yöntemi ile iksa yapılması önerilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Kazı, şev duraylılığı, fore kazık, Çukurambar, Ankara,

**Abstract:** Slope instabilities might be commonly encountered for the foundation cuts. Slope failures are due to strength reduction, based on the groundwater and surficial water in the fine grained soils which contain sand and gravel lenses. Upper Pliocene aged clay and silt with sand and gravel lenses form the main geological setting. The aim of this study is to offer remediation methods against possible slope instabilities in a foundation cut, excavated in Çukurambar (Ankara).

Main unit is the clay with low plasticity (CL). Natural water content of the clay is between 23% and 28%, while natural unit weight ranges between 17.30 kN/m<sup>3</sup> and 19.30 kN/m<sup>3</sup>. Consolidated-undrained shear box tests were performed on clay samples. The ranges of peak ( $p$ ) and residual ( $r$ ) cohesion and internal friction angle are; 60 kPa and 87 kPa; 35 and 48 kPa; 8° and 10°; 3° and 5°. Slope stability of the foundation cut was calculated by conventional limit equilibrium and neutral point methods. Moreover, the evaluations were made by FEM. Anchorage supported bored piles were suggested in order to prevent sliding.

**Keywords:** Excavation, slope stability, bored pile, Çukurambar, Ankara



## Ankara-Yerköy Yüksek Hızlı Tren Projesi, Km: 110+080 İle Km: 110+530 Arasındaki T3 Tünel Güzergahında Kaya Kütle Sınıflaması ve İksa Sistemleri

*Rock Mass Classifications and Support System Between Km: 110+080 İle Km: 110+530 Section Of T3 Tunnel, Ankara-Yerköy Railway Project*

**Esila Koç, Kunter İncili, Koray Ulaşım, Recep Kılıç**

*Ankara Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Jeoteknik Araştırma Grubu, Ankara  
(kunterincili@gmail.com)*

**Öz:** Ulaşım yapılarını kısaltmak ve suyun derivasyonunu sağlamak amacı ile yapılan tünellerin projelendirilmesi amacıyla güzergahtaki kaya kütlelerinin özellikleri ve yeraltı suyu durumu belirlenmelidir. Bu amaçla kayaçların süreksizlikleri arazide incelenerek, kütle özelliklerini belirlemek amacı ile jeoteknik amaçlı sondajlar yapılarak temsil edici örnekler üzerinde laboratuvar da jeomekanik parametrelerin belirlenmesi gerekmektedir.

Kırıkkale - Yerköy tünel güzergahı İç Anadolu da yaygın olarak görülen Orta Miyosen - Pliyosen yaşlı Kızılırmak Formasyonu içerisindeki kumtaşı, çamurtaşı, silttaşı içinde bulunmaktadır.

Bu çalışma kapsamında, TCDD Genel Müdürlüğü, Yapım Dairesi Başkanlığı tarafından yürütülen Ankara-Yerköy yüksek hızlı tren projesi, km: 110+080 ile km: 110+530 arasındaki T3 tünel güzergahındaki Orta Miyosen - Pliyosen yaşlı kayaçların kaya kütlelerinin RMR, Q ve GSI sınıflandırılması yapılarak, NATM ile tünel iksa yöntemleri belirlenmiştir.

Kumtaşı, çamurtaşı ve silttaşının Q sistemine göre puanı 0,105 ile 1,055 arasında değişmekte olup, “çok zayıf kaya” ve “zayıf kaya” arasındadır. RMR puanı 27 ile 30 arasında değişmekte olup, “zayıf kaya”dır. GSI sınıflamasına göre 30 ile 40 arasında olup, “Bloklu/Örselenmiş kaya” ve “Parçalanmış kaya” grubundadır. ÖNORM B 2203 e göre iksa sınıfı B3 “Taneli” ile C2 “Baskılı” arasında değişmektedir.

**Anahtar kelimeler:** Tünel, kaya kütle sınıflaması, NATM sınıflaması, iksa sistemi

**Abstract:** Rock mass characteristics and groundwater level should be identified in order to project derivation and transportation tunnels. Due, geotechnical parameters should be determined on representative samples obtained from geotechnical boreholes. Also, the discontinuity surveying should be performed for the rock mass classifications.

The Kırıkkale-Yerköy tunnel alignment is located within the Kızılırmak Formations’s Mid Miocene-Pliocene aged sandstone, mudstone and siltstones. This study aims to determine the rock mass classes based on Q, RMR and GSI classification systems and obtain the support systems by NATM between 110+080 km: 110+530 km of Ankara-Yerköy railway systems.

Sandstone, mudstone and siltstones are classified as 0.105 and 1.055 based on Q system, which represent “very weak rock” and “weak rock”. RMR ranges between 27 and 30, corresponding to “weak rock”. Such rock mass is “blocky/disturbed” and “crushed” based on GSI (35). Relevant support systems are concluded to be B3 and C2 based on NATM.

**Keywords:** Tunnel, rock mass classification, NATM, support system



**GELECEĞİN YERBİLİMCİLERİ / GEOSCIENTIST OF THE FUTURE**

Kadir DİRİK - Halil KUMSAR -Tolga OYMAN - Osman PARLAK

---

**Poster/*Posters***

---

**ÖZ/*ABSTRACT***







## Yerleşim Alanlarının Planlanmasında Heyelan Hassasiyet Haritalarının Önemi, Ankara Kuzeyi

*Significance of Landslide Susceptibility Maps in Urban Planning, Northern Ankara*

**İrem Üstüner, Azize Koç, İsmail Aydoğmuş, Koray Ulamış**

*Ankara Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Gölbaşı, Ankara  
(iremustr@gmail.com)*

**Öz:** Halihazırdaki yerleşim alanlarındaki alt ve üst yapının geliştirilmesi yanında, yeni yerleşim alanlarının planlanmasında jeolojik yapı ve potansiyel doğal afetlerin detaylı olarak belirlenmesi çok önemlidir. Yapı yerleri ve doğal çevrenin estetiği açısından olası afetlerin uzun vadedeki etkileri de incelenmelidir. Türkiye’de en sık görülen doğal afet heyelan olup; deprem, su baskını, kaya düşmesi ve çığ nedeni ile çok sayıda can ve maddi kayıplar yaşanmaktadır. Ankara merkezinin 20 km kuzeyinde Yakacık ve Memlik mahalleleri yerleşim alanları yer almaktadır. İki mahalleyi daha kuzeydeki alanlara bağlayan ana yol civarında farklı ölçeklerde heyelanlar gelişmiştir. Ana yol dışında, inceleme alanında Paleosen yaşlı tamamen ayrılmış kırmızı çamurtaşı ile konglomera ardalanmasından oluşan birimlerde heyelanlar tespit edilmiştir. Ayrıca, Memlik yerleşim alanının güneydoğusundaki Neojen yaşlı güncel tortullarda gelişen heyelan yapıları tehdit etmektedir. Heyelanlı alanın jeoloji haritası detaylı olarak revize edilmiş ve heyelanların konumları ve boyutları güncel topoğrafik haritalara işlenerek GIS programları üzerinde envanter haritası hazırlanmıştır. Bunun yanında, inceleme alanının heyelan hassasiyet haritası hazırlanması için parametreler istatistiksel analizler yapılmak üzere seçilmiştir. Hassasiyet haritasının hazırlanmasında topoğrafik eğim ve jeoloji (litoloji) altlık olmak üzere; drenaj ağı ile akım yönleri, faylara olan uzaklık, drenaj ağına olan uzaklık, yerleşim alanına uzaklık parametrelerinin ağırlık ve frekans oranları esas alınmıştır. Arazi çalışmalarında heyelanların özellikle fay sınırları veya yakınında geliştiği gözlenmiştir. İnceleme alanı ile ilgili yapılan güncel çalışmalarda bu fayların bazılarının 3,0-4,0 büyüklüğünde depremler ürettikleri belirlenmiştir. Ayrıca, ana yol ve yerleşimleri bağlayan tali yol kazıları ile plansız yapılaşmanın inceleme alanındaki heyelanları tetikleyen temel neden olduğu belirlenmiştir. Heyelan hassasiyeti yüksek olan kesimlerde etken olan parametreler litoloji, faylara ve drenaj ağına olan uzaklıktır. Yüksek heyelan hassasiyeti olan kesimlerde yapılaşma öncesinde detaylı jeolojik ve jeoteknik incelemelerin yapılması gereklidir.

**Anahtar Kelimeler:** Drenaj, heyelan hassasiyeti Ankara

**Abstract:** The detailed investigation of natural hazards and geological structure is the key for residential planning and development of recent areas. Long term effects of possible hazards should be determined for residents and environment. The most common hazard in Turkey is landslide, followed by earthquakes, flooding, rock fall and avalanche, causing loss of life and property. Yakacık and Memlik districts are located at 20 km of northern Ankara. Landslides

with varying dimensions have occurred on the main road between these districts to other residential areas. Besides, landslides have been detected in completely altered Paleocene aged reddish mudstone and conglomerate succession. A landslide in Neogene aged units located at southeast of Memlik threatens the existing structures. The geological map of the region was revised in details in order to prepare the landslide inventory map by GIS platform. Moreover, parameters to conduct landslide susceptibility map and statistical analyses were chosen. Frequency and weight of slope, geology (lithology), drainage and flow directions, and distance to fault, distance to drainage and distance to residential areas were identified. Landslides particularly have taken place nearby the faults. Recent studies have proved that, such faults have produced earthquakes with magnitudes between 3.0 and 4.0. Landslides were also triggered by sub-road excavations and unplanned constructions. Effective parameters of the high susceptibility regions were lithology and distances to faults and drainage. Geological and geotechnical investigations should be performed before the construction stages in regions with high landslide susceptibility.

**Keywords:** Drainage, landslide susceptibility, Ankara



## Kula Volkanik Alanının Jeotermal Potansiyeline Jeolojik, Jeofizik ve Hidrojeokimyasal Çalışmalar Açısından Bir Yaklaşım

*An Approach to Geothermal Potential of the Kula Volcanic Region in Terms of Geological, Geophysical and Hydrogeochemical Studies*

**Bayram Koca<sup>1</sup>, Hasan Sözbilir<sup>1</sup>, Alper Baba<sup>2</sup>, Havva Neslihan Kiray<sup>1</sup>,  
Murat Kardeş<sup>3</sup>**

*<sup>1</sup>Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Müh. Böl., Buca, İzmir*

*<sup>2</sup>İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Jeotermal Enerji Araştırma ve Uygulama Merkezi, Urla, İzmir*

*<sup>3</sup>MSC Müh. Jeoteknik Sondajcılık San. Tic. Ltd. Şti., Karşıyaka, İzmir*

*(bayramm\_koca@hotmail.com)*

**Öz:** Bu çalışmada, Gediz grabenin kuzeyindeki hostta bulunan ve manto kökenli genç bazaltik çıkışlarla simgelenen Kula volkanik alanının jeotermal potansiyeli arazi tabanlı jeolojik çalışmalar, hidrojeokimyasal ve jeofizik yöntemlerle incelenmiştir. Buna göre, bölgede temeli Menderes Masifine ait gnays, çeşitli şist ve mermer ara düzeyli birimler oluşturur. Küçük ölçekli yüzeylemeler sunan ofiyolitik kayalar (Vezirler Melanji) Menderes Masifi kayaları üzerinde tektonik bir dokanakla oturur. Vezirler melanjinine ait ofiyolitik kayalar 700-1000 metreye varan kalınlığa sahip Neojen-Kuvaterner yaşlı sedimanter-volkanosedimanter-volkanik birimler tarafından açılal uyumsuz olarak örtülmüştür. Kuvaterner'de gelişen bazaltik volkanizma sonucunda bazaltik lav ve piroklastik malzeme geniş alanlara yayılmıştır. Genç derelerin çökeltiği Holosen yaşlı alüvyonlar, başta Gediz Nehri olmak üzere, tektonik kontrollü genç vadi tabanlarını doldurmuştur.

Arazi verileri Gediz Nehri güney yamacında yüzlek veren gnaysların kuzeye eğimli milonitik bir foliasyona sahip olduğunu ve kuzeye doğru listvenitli kayalardan oluşan Vezirler Melanji altında düşük açılı bir sıyrılmaya fayı boyunca yer aldığını göstermektedir. Selendi Havza dolgununun altında yer alan ve jeotermal potansiyel açısından hedef yapısal sınır olarak kabul edilen bu sıyrılmaya fayı, jeofizik verilerine göre kuzeye doğru derinleşmektedir. Simav Sıyrılmaya fayının devamı olarak düşünülen bu fayın taban bloğunda milonitik ve kataklastik deformasyon geçirmiş metamorfik kayalar bulunmaktadır. Ana jeotermal rezervuarların bu yapısal sınırın altındaki kataklastik deformasyon geçirmiş metamorfik kayalar içinde bulunduğu düşünülmektedir. Bu kesimdeki kalın milonitik zonlar Gediz Grabeni içindeki jeotermal sahalarda rezervuarı oluşturan üretim zonu olarak kullanılmaktadır. Bu nedenle bölgede yapılacak sondajlarda milonitik zona girildikten sonra belirli bir derinliğe kadar sondaja devam edilmesinde yarar vardır.

İnceleme alanı ve çevresinde bulunan jeotermal akışkanlar tektonik kontrollüdür. Alanda ağırlıklı olarak KD-GB yönlü normal fayların etkin olduğu görülmektedir. Emir Kaplıcası ve çevresinde KD-GB yönlü fayları kesen KB-GD doğrultulu normal faylar gözlenmektedir. Arazi

çalışmalarında ise bu fay zonları boyunca alterasyonların gözlemlendiği ve bazı noktalarda ise sıcak akışkanın yüzeye çıktığı saptanmıştır. Alanda yapılan hidrojeokimyasal verilere göre, akışkanın meteorik kökenli, aynı hazneden geldiği ve Na-HCO<sub>3</sub> iyonlarınınca zengin olduğu görülmektedir. Uygulanan katyon jeotermometrelerine göre, alanda akışkanın rezervuar sıcaklığı 80-142 °C arasında değişmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Kula volkanik alanı, Gediz grabeni, jeotermal sistemler, sıyrılma fayı

**Abstract:** In this study, the geothermal potential of the Kula volcanic region, which is represented by young basaltic outcrops of mantle origin in the north of the Gediz Graben, was investigated based on geological, geophysical and hydrogeological data. The result shows that Menderes Massif is formed the basement of the study area and composed of gneisses and various schist with marble interlayers. The ophiolitic rocks (Veziirler Mélange), cropping out in a small-scale, tectonically overlie the basement rocks. The Veziirler Mélange is overlain unconformably by a 700 to 1000 m thick Neogene-Quaternary volcano-sedimentary sequence. Basaltic volcanism, which is composed of basaltic lava and pyroclastic material, developed in the Quaternary period and spread over large areas. The Holocene alluviums, deposited in the tectonically controlled young streams forming the Gediz River.

The field data indicate that the gneissic rocks on the southern flank of the Gediz River have a northward dipping mylonitic foliation and lie along a low angle detachment fault under the Veziirler Melange to the north. Geophysical data show that the detachment fault, which is located below the Selendi basin fill deepens to the north, is considered as the target structural boundary for the geothermal potential of the region. This fault is thought to be the continuation of the Simav Detachment fault under which has metamorphic rocks with mylonitic and cataclastic deformation. The main geothermal reservoirs are thought to be found in the metamorphic rocks which located below this cataclastic zone. Thick mylonitic zones are used as reservoir zone in the Gediz Graben. Therefore, it is important to make drilling that should be reached below the mylonitic zone in the region.

The geothermal fluid of the region is mainly tectonically controlled by NE-SW direction normal faults. The thermal fluids are seen in the intersection of the NE-SW and NW-SE trending normal faults around Emir thermal spring. Different alterations have been observed along these fault zones and thermal springs appeared on the surface at these points. Hydrogeochemical data show that the fluids of the study area come from the same reservoir and recharge from the meteoric origin. Geothermal fluids have a Na-HCO<sub>3</sub> type. Cation geothermometers data indicate that the reservoir temperatures of the fluid are range from 80-142 °C in the study area.

**Keywords:** Kula volcanic field, Gediz graben, geothermal systems, detachment fault



## Tharsis (Mars) Bölgesi ile Batı Anadolu'nun (Türkiye) Jeolojik ve Jeomorfolojik Veriler Açısından Karşılaştırılması

### *Comparison of Tharsis Rise (Mars) and Western Anatolia based on Geological and Geomorphological Data*

**Çilem Çelik<sup>1</sup>, Hasan Sözbilir<sup>1</sup>, Oğuz Göğüş<sup>2</sup>, Ömer Bodur<sup>2</sup>,  
Havva Neslihan Kıray<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Dokuz Eylül Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Tınaztepe Kampüsü, Buca, İzmir

<sup>2</sup>İstanbul Teknik Üniversitesi, Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü, Sarıyer, İstanbul

(cilemcelik@yandex.com)

**Öz:** Dünya dışındaki yaşamı merak eden insanoğlu yaşadığımız solar sistemi ve gezegenler hakkında uzun yıllardır devam eden birçok araştırmada bulunmuştur. Güneşe en yakın komunda 4. Gezegen olan Mars (Kızıl Gezegen) ile ilgili yapılan jeolojik araştırmalar, Mars Gezegeninin ince bir atmosfere sahip olduğu, yeryüzüne benzer jeolojik ve jeomorfolojik yapılar içerdiğini göstermektedir. Bu düşünceden yola çıkarak Mars gezegenindeki Tharsis Bölgesi'nin ve Dünya'mızda bulunan Batı Anadolu Bölgesi'nin jeolojik ve jeomorfolojik yapıları, uydu görüntüleri ve topoğrafik kesitler yardımıyla karşılaştırılmıştır. Buna göre, 6440 km uzunluğundaki Tharsis Bölgesi Batı Anadolu'ya göre 13 kat daha büyüktür. Tharsis Bölgesinin Kuzey-Güney doğrultusunda bir çizgi boyunca uzanan volkanik çıkışlar ve bu çizgiye yaklaşık dik olarak gelişmiş derin kanyonlarla karakterize edildiği bilinmektedir. Solar Sistemin en büyük volkanizmasını (Olympus Mons) içinde barındıran Tharsis bölgesinde KD-GB uzanımlı volkanik dizilim ve 4000 km uzunluğunda, 10 km derinliğinde, 200 km genişliğinde Doğu-Batı uzanımlı Valles Marineris Kanyonu ile birlikte en dikkat çekici jeolojik yapılarıdır. Bu yapıların Batı Anadolu'daki eşlenikleri (i) 170 km uzunluğu, 10 km genişliği ve 3,5 km derinliğindeki Graben Sistemi ile (ii) Miyosen yaşlı KD-GB volkanik dizilimleri içinde barındıran İzmir-Balıkesir Transfer Zonu olarak düşünülebilir. Bu çalışmaya göre; Tharsis bölgesi ve Batı Anadolu bölgesinin boyutları dışında jeolojik ve jeomorfolojik yapılarının birbirine benzediği anlaşılmaktadır. Bu veriler, Batı Anadolu'daki yay gerisi tektonik ortamın Tharsis Bölgesine uygulanabileceğini göstermektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Gezegen, Mars, Batı Anadolu, Valles Marineris, Tharsis, Yay Gerisi Genişleme

**Abstract:** Human beings interested in life outside the Earth have conducted researches for many years about the our live in solar system and other planets. Geological researches about the Mars (Red Planet) that is the 4th closest planet to Sun show that, Mars planet has a fine atmosphere and exhibits geological and geomorphological featur similar to Earth. For this reason, the geological and geomorphological structures of Tharsis Rise on Planet Mars and the Western Anatolian region in our Planet are compared based on satellite images and topographic sections. According to this, the Tharsis Risen with, -6440 km length is 13 times bigger than

the Western Anatolia. The Tharsis Rise is characterized by volcanic outcrops extending along a N-S trending line and deep canyons developed approximately perpendicular to this line. The Tharsis Rise, comprising the biggest volcano of the Solar System (Olympus Mons) has, NE-SW trending volcanic sequence and an E-W trending Vallae Marineris canyon with 400 km in length, 10-15 km in depth and 200 km width, as remarkable geological structures. The Tharsis (Mars) region can be best compared with similar structures in Western Anatolia such as (1) graben structures which is 170 km length, 10 km width and 3.5 km depth and (2) Izmir-Balıkesir transfer zone containing NE-SW trending Miocene volcanic chain. According to this study: It is understood that geological and geomorphological structures of the Tharsis Rise and the Western Anatolia regions are similar to each other, except their different scale. These data show that back-arc extension in Western Anatolia can be applied to the Tharsis Rise.

**Keywords:** Planet, Mars, Western Anatolia, Vallae Marineris, Tharsis Rise, Back-Arc Extension

**HİDROJEOLOJİ, SU KAYNAKLARI VE YÖNETİMİ**  
***HYDROGEOLOGY, WATER RESOURCES AND THEIR MANAGEMENT***

Mehmet EKMEKÇİ - Müfit Şefik DOĞDU - Ayla BOZDAĞ  
Harun AYDIN - Antonio CHAMBEL

---

***Sözlü Sunumlar/Oral Presentations***

***ÖZ/ABSTRACT***







## Büyükçekmece Göl Havzası Soğucak Karst Akiferinin Koruma Alanlarının Belirlenmesi ve Yeraltısuyu Kalitesini Etkileyen Antropojenik Baskıların Değerlendirilmesi

*Determination of Protection Areas of Soğucak Karst Aquifer in Büyükçekmece Lake Basin and Assessment of Anthropogenic Pressures Influencing Groundwater Quality*

**İrfan Yolcubal, Ahmet Şener, Ercan Sanğu**

*Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 41380, Kocaeli  
(ahmet.sener@kocaeli.edu.tr)*

**Öz:** Büyükçekmece göl havzası içerisinde, bölgesel ve yüksek verimli akifer özelliği gösteren tek akifer sistemi Soğucak karst akiferidir. Orta-Geç Eosen yaşlı, bol kırık ve çatlaklı resifal kireçtaşları içinde gelişmiş olan bu akifer sistemi, içerisinde önemli karst kaynakları barındırmaktadır. Ortalama debileri 42 L/sn'lere varan bu kaynaklar, aynı akifer sistemi içinde açılmış olan yüksek özgül verimli kuyularla (0,5-6,5 L/s/m) birlikte bölge halkının içme-kullanma suyu ihtiyacını karşılamaktadır.

Büyükçekmece havzasının %65'ini tarım alanları, %18,9'unu ormanlık alanlar, %4,3'ünü yerleşim alanları, %1,9'unu ise ticaret ve sanayi alanları oluşturmaktadır. Havzada tarım alanlarının yayılımı bazı bölgelerde karst akiferinin yayılı ve noktasal (düdenler) beslenme alanları ile örtüşmektedir. Buna ek olarak bu alanlarda yer alan yerleşimler de karstik akifer yeraltısuyu kalitesi üzerinde potansiyel bir baskı unsuru oluşturmaktadır. Havzada Soğucak formasyonu içerisinde yürütülen taş ocağı faaliyetleri ise akifer sistemini tehdit eden bir diğer baskı unsuru teşkil etmektedir.

Karst akiferinde, mevcut durumda, bahsi geçen baskı unsurlarının yeraltısuyu kalitesi üzerindeki olası etkilerini belirlemek amacıyla yağışlı ve kurak dönemi temsilen kaynak ve kuyularda örnekleme çalışmaları yürütülmüştür. Örnekleme noktalarının tespitinde çalışma kapsamında oluşturulan kavramsal hidrojeolojik modelden faydalanılmıştır. Alınan su örnekleri üzerinde bir dizi analiz yapılarak yeraltısularının fizikokimyasal (pH, EC, sıcaklık, çözünmüş oksijen) özellikleri, tarımsal kaynaklı kirletici konsantrasyonları (pestisit, azot türevleri), mikrobiyolojik, ağır metal ve çevresel izotop ( $^{18}\text{O}$ ,  $^2\text{H}$ ,  $^3\text{H}$ ) içerikleri belirlenmiştir.

Öte yandan, akiferin kirlenme hassasiyetini belirlemek ve korunması öncelikli bölgeleri tespit etmek amacıyla akiferin hidrodinamik özellikleri, beslenme boşalım mekanizması ve yeraltısuyu akım yönleri ortaya konulmuştur. Bu kapsamda, boya izleme deneyleri aracılığıyla görünür yeraltısuyu hızları tespit edilmiş, beslenme alanları ile kaynak ve içme-suyu kuyu grupları arasındaki ilişki ortaya konulmuştur. Ayrıca, pompaj testleri aracılığıyla akifer hidrolik parametreleri belirlenmiştir.

İnceleme alanındaki karst akiferinin beslenimi, allojenik yaygın, otojenik yaygın ve otojenik yerel beslenme olmak üzere üç şekilde gerçekleşmektedir. Yapılan izleyici deneyleri sonucun-

da hesaplanan görünür yeraltısuyu hızları 250 - 700 m/gün arasında değişmektedir. Bu veriler Soğucak karst akiferinde oldukça hızlı beslenme-boşalım mekanizmasının var olduğunu ve karst akifer sisteminin olası bir kirlenme durumuna karşı hassasiyetini göstermektedir. Kimyasal analiz sonuçları yeraltısuyu örneklerinin çoğunun nitrat içeriğinin insani tüketim amaçlı sınır değerin (50 mg/L) altında kaldığını, ancak arkaplan seviyeleri ile karşılaştırıldığında ise nispeten yüksek düzeyde nitrat konsantrasyonu içerdiklerini göstermiştir. Ayrıca örnekleme noktalarının önemli bir bölümünde yeraltısuyu örneklerinde dönemsel olarak pestisit kalıntıları tespit edilmiştir. Yeraltısuyu örneklerinde özellikle yağışlı dönemde pestisit kalıntılarında rastlanılmasında akiferin hızlı besleniminde önemli bir yeri olan, tarımsal alanları dren eden dereler içinde tespit edilen subatanların varlığının etkili olduğu düşünülmektedir. Dönemsel olarak izleme noktalarının kayda değer bir bölümünde ise evsel kaynaklı kirliliği işaret eden mikrobiyolojik kirlenme tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Büyükçekmece göl havzası, karst akiferi, yeraltısuyu kirliliği, koruma alanı

**Abstract:** Soğucak karst aquifer, developed in mid-late Eocene aged fractured reef limestones, constitutes the only regional and highly productive aquifer system in Büyükçekmece lake basin and hosts important karst springs. These springs with average discharge rates reaching 42 L/s and wells with high specific yield values (0.5-6.5 L/s/m) drilled in the same system supply drinking water needs of local people in the region.

Agricultural lands cover 65% of the total surface area of Büyükçekmece basin whereas forestlands cover 18.9%, settlements 4.3% and industrial areas 1.9%. Distribution of agricultural lands overlaps with both diffuse and point recharge (swallow holes) areas of the karst aquifer. Settlements near recharge areas additionally put potential pressure on groundwater quality of karst aquifer. Stone quarry activities taking place in Soğucak formation, moreover, constitutes another pressure factor threatening the aquifer system.

In order to determine the current potential effects of aforementioned pressure factors on groundwater quality, sampling campaign was conducted at springs and wells in dry and wet seasons. Selection of sampling points was made using conceptual hydrogeological model generated within the study. Detailed chemical analysis of the water samples revealed physicochemical properties (pH, EC, temperature, dissolved oxygen), agricultural contaminant concentrations (pesticides, nitrogen species) and microbiological, heavy metal and environmental isotope (18O, 2H, 3H) contents of groundwater.

On the other hand, hydrodynamic properties, recharge-discharge mechanism and groundwater flow directions of the system was revealed to evaluate the vulnerability of the aquifer as well as to spot the regions needed to be primarily put under protection. For this reason, apparent groundwater velocities were estimated and relation of recharge areas with springs and groups of wells was revealed via dye tracing tests. Hydraulic parameters of the aquifer, in addition, were evaluated with pumping tests.

Three types of groundwater recharge mechanisms which are regional allogenic, regional au-

togenic and local autogenic take place in study area. Apparent groundwater velocities estimated through tracer tests varied between 250 – 700 m/day. This data indicates the existence of a rapid recharge-discharge mechanism in the system and vulnerability of the aquifer to a potential contamination. Results of the chemical analysis showed that nitrate concentrations of the water samples were high with respect to the background values in study area though most of them remained below the maximum contaminant level (50 mg/L) of water intended for human consumption. Pesticides were also detected seasonally in a considerable number of groundwater samples. Pesticides detection especially in wet season in groundwater samples were thought to be resulted from the drainages through swallow holes found in the streams draining the agricultural lands, which have an important role in rapid recharge mechanism of the aquifer. Moreover, microbiological contamination pointing out domestic origin was detected in a significant number of sampling points.

**Keywords:** Büyükçekmece lake basin, karst aquifer, groundwater contamination, conservation area



## Van Ovası Yüzey ve Yeraltısularında Arsenik Kirliliğinin Belirlenmesi

### *Determination of Arsenic Pollution in Surface and Groundwater of Van Plain*

**Harun Aydın, Abdulaziz Kurt**

*Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, 65080,  
Tuşba, Van*

*(harun@yyu.edu.tr)*

**Öz:** Van şehir merkezi ve yakın dolayının su ihtiyacı, Gürpınar ilçesinde yer alan Şamran Karst Kaynağından sağlanmakla birlikte, Van Ovası içinde boşalım gerçekleştiren kaynaklar ile çok sayıda sığ ve derin sondaj kuyusu da bölgedeki su ihtiyacını karşılamak amacı ile kullanılmaktadır. Bu kuyulardan elde edilen yeraltısuları hem tarımsal hem de içme-kullanma suyu olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmada, Van Ovası yüzey ve yeraltısularında arsenik düzeyinin belirlenmesi ve kullanım açısından değerlendirilmesi amaçlanmaktadır. Bu amaç doğrultusunda Van Ovasında toplam 50 adet yüzey (8 örnek) ve yeraltısuyu (12 kaynak; 30 sondaj kuyusu) noktasından yerinde ölçüm ve laboratuvar analizleri için örnekleme gerçekleştirilmiştir. CaHCO<sub>3</sub> ve NaHCO<sub>3</sub> su türünün baskın olduğu Van Ovası yüzey ve yeraltısularının sıcaklık, pH ve özgül elektriksel iletkenlik değerleri sırası ile 9,35-27,74 °C, 6,57-8,30 ve 284-2569 µS/cm arasında değişmektedir. Örnekleme yapılan 19 noktadaki arsenik değeri 0,6-9,47 µg/L arasında değişirken, 31 noktada (10,29-168,10 µg/L) ise standartlarda öngörülen sınır değerinin (10 µg/L) üzerinde gözlenmiştir. Yüksek arsenik içeriği (75-168,1 µg/L) özellikle Van Ovasının doğu-kuzeydoğu kesiminde Narman Düzü mevkiinde (ofiyolitik kayaçlar) yer alan su noktalarında gözlenirken ovanın batı kesiminde Kuvaterner yaşlı güncel çökellerin yüzeylendiği alanlarda da yüksek değerler almaktadır. Jeojenik kökenli olduğu düşünülen arsenik kirliliği inceleme alanının doğu sınırında yüzeylenen Üst Kratase yaşlı Ofiyolitik Kayaçlar ile ova genelinde geniş alanlarda yüzeylenen Kuvaterner yaşlı güncel çökellerden kaynaklanmaktadır. Önceki çalışmalarda, Üst Kratase yaşlı Ofiyolitik Kayaçlara ait serpantin ve diyabazların arsenik içeriği 0,5-48,9 µg/L arasında belirlenmiştir. Standartlarda öngörülen sınır değerinde arsenik içeren su kaynaklarının özellikle içme-kullanım amaçlı kullanılmaması noktasında yerel yönetimler bilgilendirilmiş ve alternatif su kaynaklarının kullanılması önerilmiştir.

Bu çalışma Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi (Proje No: FYL-2018-6880) tarafından desteklenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Arsenik, hidrojeokimya, jeojenik kirlilik, yeraltısuyu, Van Ovası.

**Abstract:** The drinking water of Van city and surrounding areas is provided from the Şamran Karst Spring (Gürpınar), at the same time many shallow and deep wells in Van Plain are used as the drinking water. The groundwaters obtained from these wells use both as agricultural and drinking water. In this study, it is aimed to determine arsenic level in surface and groundwater of Van Plain and to evaluate it in terms of usage. For this purpose, totally 50 surfaces (8 samples) and groundwater (12 springs; 30 wells) samples have been taken for in-situ measurement

and laboratory analysis. Van Plain surface and groundwaters, which are of mostly NaHCO<sub>3</sub> and CaHCO<sub>3</sub> character, have temperature, pH and specific electrical conductivity values varying between 9.35-27.74 °C, 6.57-8.30 ve 284-2569 µS/cm, respectively. The arsenic value was observed between 0.6 µg/L and 9.47 µg/L at the 19 sampling points, while it was observed (10.29-168.10 µg/L) at 31 sampling points that above the limit value (10 µg/L) foreseen by the standards. The highest arsenic content (75-168.1 µg/L) is observed at sampling locations at the east-northeastern part of the Van Plain where called as Narman Düzü (ophiolitic rocks), while sampling locations at the western part of the plain (the Quaternary aged recent sediments) also have high arsenic values. Arsenic pollution, which is thought to be of geogenic origin, originate from the Upper Cretaceous aged Ophiolitic rocks which outcrop at the eastern boundary of the study area and the Quaternary aged recent sediments in large areas at Van Plain. In previous studies, the arsenic content of serpentines and diabases of the Upper Cretaceous Ophiolitic rocks were determined between µg/L 0.5 and 48.9 µg/L. Local authorities have been informed about high arsenic level above the limit value, and alternative water resources have been suggested for drinking use.

This study was funded by the Van Yüzüncü Yıl University (Project Number: FYL-2018-6880).

**Keywords:** Arsenic, geogenic contamination, groundwater, hydrogeochemistry, Van Plain.



## Bafa Gölü'nün Hidrojeolojik İncelenmesi ve Sürdürülebilir Kaynak Yönetimi

### *Hydrogeological Investigation and Sustainable Resource Management of Lake Bafa*

**Anıl Küçüksümbül, Gültekin Tarcan**

*Dokuz Eylül Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü  
([anil.kucuksumbul@deu.edu.tr](mailto:anil.kucuksumbul@deu.edu.tr))*

**Öz:** Bu çalışma, Bafa Gölü ve kuzeybatısındaki alanın hidrojeolojik-hidrojeokimyasal incelenmesini ve mevcut yüzey-yeraltı suyu ilişkisi ile kirliliğinin araştırılmasını kapsamaktadır. İnceleme alanı ve çevresindeki jeolojik yapının temelini Menderes Masifi kayaçları oluşturmaktadır. Menderes Masifi'ne ait Jura-Kretase yaşlı mermerler, üzerleyen Neojen gösel karbonatlar ve Kuvaterner alüvyon akifer oluşturan birimlerdir. Birçok kaynak ile kuyudan yeraltı suyu üretimi bulunmaktadır.

Bafa Gölü kuzeybatısında Menderes Masifi'ne ait mermerlerden sağlanan ılık, tuzlu, karstik sular bulunmaktadır. Jeotermal kökenli bu sular, yöredeki balık çiftlikleri tarafından kullanılmaktadır. Yaklaşık 2 m<sup>3</sup>/s debiyle üretilen sular, kullanım sonrası Bafa Gölü'ne ya da Menderes Nehri'ne boşaltılmaktadır. Mermer akiferinin iletkenlik, geçirimsizlik değerleri ile üretim ve geri basım indeksleri sırasıyla 1,35 x 10<sup>-1</sup> m<sup>2</sup>/s, 1,04 x 10<sup>-3</sup> m/s, 1.667 m<sup>3</sup>/sa/m ve 9.200 m<sup>3</sup>/sa/m olarak hesaplanmıştır. Bu sonuçlar yüksek geçirimsizliğe sahip verimli bir akiferi işaret etmektedir.

23,400 ve 56,000 µS/cm iletkenlik değerlerine sahip Bafa Gölü ile jeotermal akışkanlar Na-Cl egemen sulardır. 2.110 ve 30 µS/cm iletkenlik değerlerindeki Büyük Menderes Nehri ile yağmur suları ise Mg-SO<sub>4</sub>-Cl ve Ca-SO<sub>4</sub> bileşimlidir. Bafa Gölü; deniz suyu girişimi etkisindeki jeotermal sularla, yağışlarla ve Büyük Menderes Nehri sularıyla beslenmektedir. Mevsime bağlı olarak Büyük Menderes Nehri'nden verilen su miktarı azaltılıp artırılmakta ve yine Büyük Menderes Nehri aracılığıyla denize boşaltılmaktadır. Gölün kimyasını belirleyen süreçler bu suların karışımı ve buharlaşma etkisidir.

Deniz suyu girişimi, denizden Bafa Gölü'ne kadar uzanan Akköy Fayı ile denetlenmektedir. Bafa Gölü'ne deşarj edilen yüksek çözünmüş madde içeren jeotermal sular, gölün ekosistemini etkilemektedir. Bafa Gölü'nün sürdürülebilir su kaynak yönetimi için çözümler önerilecektir.

**Anahtar Kelimeler:** Bafa Gölü, deniz suyu girişimi, jeotermal su, su kirliliği, sürdürülebilir su kaynakları yönetimi

**Abstract:** This study includes hydrogeological and hydrogeochemical assessment and investigation of the relationships with the present contaminations between surface water and groundwater of Lake Bafa and northwestern field. Menderes Massif rocks form the basis of the

geological structure in and around the study area. Jura-Cretaceous marbles belonging to the Menderes Massif, overlying Neogene lacustrine carbonates and Quaternary alluvium are the aquifer occurring units. Groundwater is produced from many wells and springs.

There is low-temperature saline karstic water, which is issued from the marbles of the Menderes Massif in northwest of the Lake Bafa. These geothermal waters are used by fish farms in their territory. Groundwater abstraction having with about 2 m<sup>3</sup>/sec flows is discharged to Lake Bafa or Büyük Menderes River after usage. Transmissivity and permeability values with the productivity and injectivity indices of the marble aquifer were calculated as 1.35 x 10<sup>-1</sup> m<sup>2</sup>/s, 1.04 x 10<sup>-3</sup> m/s, 1,667 m<sup>3</sup>/h/m, 9,200 m<sup>3</sup>/h/m, respectively. These results indicate a highly permeable and efficient aquifer.

Lake Bafa and geothermal fluids with conductivity values 23.000 and 56.000 µS/cm are Na-Cl dominated water. Büyük Menderes River and rainwater with conductivity values 2.110 and 30 µS/cm are Mg-SO<sub>4</sub>-Cl and Ca-SO<sub>4</sub> dominated water. Lake Bafa is fed by rain, Büyük Menderes River, and geothermal water effected by seawater intrusion. The amount of water supplied to Lake Bafa from Büyük Menderes River is increased or decreased depending on the season, and discharged into sea via the Büyük Menderes River. Processes, which determine the chemistry of the lake, are mixture of these water and affect of evaporation.

The seawater intrusion is controlled by the Akköy Fault from the sea to the Lake Bafa. Groundwater containing high dissolved ions discharged into the Lake Bafa effects the ecosystem of the Bafa. Solutions will be proposed for sustainable water resource management of the Lake Bafa.

**Keywords:** Lake Bafa, seawater intrusion, geothermal water, water contamination, sustainable water resources management.





## Mersin İlinde Sürekli Akan Akarsuların Hidrokimyasal Özellikleri

### *Hydrochemical Properties of the Perennial Streams in the Mersin Province*

Ümit Yıldırım<sup>1</sup>, Cüneyt Güler<sup>1</sup>, Mehmet Ali Kurt<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Mersin Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Çiftlikköy  
Kampüsü, 33343 Yenişehir, Mersin

<sup>2</sup>Mersin Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Çiftlikköy  
Kampüsü, 33343 Yenişehir, Mersin  
(umit.yildirim.1907@gmail.com)

**Öz:** Bu çalışmada, Mersin ilinde, Deliçay ve Göksu nehirleri arasında yer alan ve sürekli akan akarsularda, bir yıl boyunca (Ekim 2015 ve Eylül 2016) aylık dönemlerle örnekleme yapılarak, hidrokimyasal özelliklerini belirlemek amacıyla fiziko-kimyasal analizler yapılmıştır. Yüzey suyu örneklerinin fiziksel parametreleri yerinde, majör anyon (nitrat, nitrit, sülfat, klorür, bikarbonat ve karbonat) ve majör katyon (kalsiyum, magnezyum, sodyum ve potasyum) içerikleri ise laboratuvarında belirlenmiştir. Su örneklerinin, hidrokimyasal sınıflandırması, Piper, Wilcox ve ABD Tuzluluk Lab. diyagramları kullanılarak yapılmıştır. Piper diyagramına göre; bütün dönemlerde, Deliçay, Kumlukoyak, Müftü, Mezitli, Arpaçbahşiş ve Lamas derelerinin karakterleri sırasıyla, karışık tip, Ca-HCO<sub>3</sub>, Mg-HCO<sub>3</sub>, Mg-HCO<sub>3</sub>, Ca-HCO<sub>3</sub> ve Ca-HCO<sub>3</sub> olarak belirlenmiştir. Wilcox diyagramına göre; Deliçay, Kumlukoyak ve Mezitli derelerinin yüzey suyu kalitesi "izin verilebilir" tip suları, Müftü, Arpaçbahşiş ve Lamas derelerinin su örnekleri ise tüm ölçüm dönemlerinde "mükemmel ve iyi" tip suları temsil etmektedir. ABD Tuzluluk Laboratuvarı şemasına göre; Deliçay ve Kumlukoyak derelerinin su tipleri "C3S1" olarak sınıflandırılırken, akarsuların geri kalanı "C2S1" olarak sınıflandırılmıştır. Yüzey su örneklerinin Piper diyagramındaki dağılımı, suların fiziko-kimyasal özelliklerinin su-kayaç etkileşimi süreçleriyle belirlendiğini göstermektedir. Diğer taraftan, tarımsal sulama uygunluğunun değerlendirildiği, Wilcox ve ABD Tuzluluk Laboratuvarı diyagramlarındaki yüzey suyu örneklerinin dağılımı, bunların evsel, tarımsal ve endüstriyel atıkların dışarıdan etkilendiğini göstermektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Hidrokimya, majör iyonlar, piper diyagramı, wilcox diyagramı, A.B.D. tuzluluk diyagramı.

**Abstract:** In this study, the perennial streams located between Deliçay and Göksu rivers in the Mersin province were sampled in a monthly period for one year (October 2015 and September 2016) and physico-chemical analysis were conducted to determine their hydrochemical properties. The physical parameters of the surface water samples were measured in-situ, whereas their major anion (nitrate, nitrite, sulfate, chloride, bicarbonate, and carbonate) and major cation (calcium, magnesium, sodium, and potassium) contents were determined in the laboratory. The hydrochemical classifications of surface water samples were made using Piper, Wilcox, and US Salinity Lab diagrams. According to Piper diagram, in all seasons, the characters of Deliçay, Kumlukoyak, Müftü, Mezitli, Arpaçbahşiş and Lamas streams were determined as

mixed type, Ca-HCO<sub>3</sub>, Mg-HCO<sub>3</sub>, Mg-HCO<sub>3</sub>, Ca-HCO<sub>3</sub> and Ca-HCO<sub>3</sub>, respectively. According to Wilcox diagram, surface water quality of the Deliçay, Kumlukoyak and Mezitli streams are "good to permissible" type, while Müftü, Arpaçbaşış and Lamas streams represent "excellent to good" type waters in all periods of measurement. According to US Salinity Lab diagram, water types of Deliçay and Kumlukoyak streams are classified as "C3S1", whereas the rest of the streams are classified as "C2S1". Distribution of the surface water samples in the Piper diagram suggest that physico-chemical properties of the waters are determined by water-rock interaction processes. On the other hand, distribution of the surface water samples in the Wilcox and US Salinity Lab diagrams, by which agricultural irrigation suitability is assessed, suggest that they were affected by domestic, agricultural and industrial waste discharges into the streams.

**Keywords:** Hydrochemistry, major ions, piper diagram, wilcox diagram, US salinity lab diagram.



**HİDROJEOLJİ, SU KAYNAKLARI VE YÖNETİMİ**  
***HYDROGEOLOGY, WATER RESOURCES AND THEIR MANAGEMENT***

Mehmet EKMEKÇİ - Müfit Şefik DOĞDU - Ayla BOZDAĞ  
Harun AYDIN - Antonio CHAMBEL

---

***Poster/Posters***

---

***ÖZ/ABSTRACT***





## Yeraltı Suyuna Bağlı Sorunlar

### *Problems Associated With Groundwater*

**Ayşegül Doğan, Mehmet Çelik**

*Ankara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Bölümü, Gölbaşı / Ankara  
(Ayseguldoa@outlook.com)*

**Öz:** Yeraltı suyu tüm canlılar için oldukça önemli bir yaşamsal ihtiyaçtır. Yaşamsal ihtiyacımız olan yeraltı suyu sadece doğal şekilde değil, dış etkenler sayesinde de oluşmaktadır. Yeraltı sularının yeraltına sızmasını etkileyen faktörler; arazinin geçirimsizlik derecesi, yağış miktarı, yağışın şekli, sıcaklık ve buharlaşma, arazinin eğimi ve bitki örtüsüdür. İnsanlar için yeraltı suyu her ne kadar temel ihtiyaç olsa da maalesef bazı durumlarda büyük sorunlar teşkil etmektedir. Bu sorunların en önemli örnekleri; yeraltı suyu seviyesinin yükselmesine bağlı sorunlar (şişme vb.), yeraltı suyu seviyesinin düşmesine bağlı sorunlar (oturma, obruk oluşumu vb.), yeraltı suyunun drenajına ilişkin sorunlar, yeraltı suyunun (sülfatlı ve klorlu) yapı temel betonuna etkisi, yeraltı suyu kirliliği, yeraltı suyu işletilmesi sorunları, derin kazıların susuzlaştırılması sorunu, yeraltı kazılarını (tünel vb.) su basması, yer seçiminde yeraltı suyunun önemi, mekansal planlamada suyun önemi, yapı temel tasarımında yeraltı suyunun önemi, zemin sıvılaşması, yamaç ve şevlerin stabilite analizlerinde yeraltı suyunun önemi, yeraltı suyunun yapay olarak beslenmesinin ilişkin mühendislik yapıları (mühendislik yapılarında su tutma sorunu vb.), yeraltı suyunun heyelan oluşumuna etkisi olarak sıralanabilir. Bu sorunların örnekleri olduğu gibi elbette çözümleri de bulunmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Stabilite, yeraltı suyu

**Abstract:** Groundwater is an important vital necessity for living beings. It is not necessary for the vital need to be formed by natural ways, it is also caused by external factors. Factors affecting the underground seepage of groundwater; the degree of permeability of the land, rainfall, forms of precipitation, temperature and evaporation, slope of the land and the vegetation. Although groundwater is basic necessity for people but unfortunately poses major problems in some cases.

The most important examples of these problems are; problems due to the increase of the groundwater level (swelling, etc.), problems due to the decrease of the groundwater level (sinkholes, etc.), effects of groundwater (sulfated and chlorinated) on the building foundation concrete, problems related to drainage of groundwater, groundwater contamination, problems of groundwater management, stability and dewatering problems of deep excavations, groundwater flooding in underground and tunnel excavations, the importance of groundwater on selection of the location, the importance of water in spatial planning, the importance of groundwater in foundation in building construction design, soil liquefaction, the importance of groundwater in slope stability analysis, engineering structures related to artificial feeding of groundwater, effects of groundwater on landslide. There are solutions as well as examples of these problems.

**Keywords:** Groundwater, stability



## Bahçecik (Ulus-Bartın) İçme Suyu Kaynağının Kökeninin ve Beslenme-Boşalım Mekanizmasının Belirlenmesi

*Determination of the Origin and Recharge-Discharge Mechanism of Bahçecik Spring (Ulus-Bartın)*

**Emet Karamürsel<sup>1,2</sup>, Ahmet Şener<sup>1</sup>, Hasan Kırmızıtaş<sup>2</sup>, Ercan Sangü<sup>1</sup>, İrfan Yolcubal<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Kocaeli Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Umuttepe 41380Kocaeli

<sup>2</sup>Kırmızıtaş Jeoloji Hizmetler LTD. ŞTİ.

(emet.al@hotmail.com)

**Öz:** Bahçecik Kaynağı, Bartın ili, Ulus ilçesi sınırlarında yer almakta olup, Bartın iline ve Türkiye'nin önemli turistik yerlerinden biri olan Amasra ilçesine içme-kullanma suyu olarak verilmektedir. Ayrıca mansabında yer alan 1 adet değirmene de işletme suyu sağlanmaktadır.

Bahçecik Kaynağı yağışlı dönemde 4,0 m<sup>3</sup>/s den fazla debiye sahip iken, kurak dönemde debisi 150-250 l/s'ye kadar düşmektedir. Bu durum yaz aylarında Bartın ilinin ve Amasra ilçesinin içme-kullanma suyunun sağlanmasında sıkıntı oluşturmaktadır. Yöre halkı için oldukça önemli olan Bahçecik kaynağının sürdürülebilir yönetimi, su kalitesinin korunması ve kaynak geliştirme seçeneklerinin ortaya konabilmesi için kaynağın kökeninin, beslenme-boşalım mekanizmasının, boşaldığı akiferin yeraltısuyu akım hidrodinamiğinin ve kaynak koruma alanlarının belirlenmesi önem arz etmektedir.

Bahçecik Kaynağı, Ovacuma Deresinin 100 m güneyinde, Kuvaterner yaşlı alüvyon birimi içerisinde boşalmaktadır. Kaptaj çevresinde yaklaşık 15 m kalınlığa sahip alüvyon biriminin altında bölgede oldukça geniş yayılımı sahip Ulus Formasyonuna ait az geçirimli-geçirimsiz kumtaşı, çamurtaşı, kiltası ardalanmasından oluşan birimler mostra vermektedir. Ulus Formasyonu içinde olistolit olarak yer alan İnalıtı Formasyonuna ait kireçtaşları, kaynağın 10-15 km hem kuzeydoğusu ve hem de güneyinde geniş alanlarda yayılım göstermekte olup, ileri derecede karstlaşma sergilemektedir. Bölgede Ulu Yayla mevkiinde bu kireçtaşları içerisinde gelişmiş yatay geniş mağara ve düşey düden yapıları da mevcuttur. Uluyayla mağara ve düden sistemleri yaylada Ulus Formasyonuna üzerinde gelişmiş yaklaşık 45 km<sup>2</sup>'lik yağış-drenaj alanına sahip yüzey sularını drene etmektedir.

Kaynağın oluşum mekanizmasının ortaya konulabilmesi için, kaynak kaptajının yakın çevresinde alüvyon içinde açılmış gözlem kuyularından, düzenli aralıklarla (aylık, mevsimlik) seviye ölçümleri ve kuzeyinde yer alan Ovacuma Deresinin memba ve mansap kısmından akım ölçümleri ve kaynak kaptajında debi ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Kaynak ile Ovacuma Deresi arasında hidrolik bir ilişkinin var olup olmadığını ortaya koymak için ise kaptaj, gözlem kuyuları ve Ovacuma Deresi'nden su örnekleri alınarak, suların genel fizikokimyasal özellikleri, kimyasal ve izotopik (<sup>18</sup>O, <sup>2</sup>H, <sup>3</sup>H) içerikleri belirlenmiştir. Bahçecik kaynağının bölgedeki karstik kireçtaşları ile olası bağlantısının ayrıca ortaya konulabilmesi için, bölgede yayılım gösteren karstik yapılar haritalanmıştır. Birimler içinde yeraltısuyu dolaşımını ola-

sı kontrol eden ana kırık sistemlerini belirlemek üzere ayrıca çizgisellik analizi yapılmıştır. Çalışma sırasında elde edilen öncül veriler, kaynağın alüvyon kaynağı olmadığını, karstik ki-reçtaşları ile bağlantılı olabileceğini ve fay kontrollü olarak alüvyon içerisinden boşaldığını işaret etmektedir. Çalışmalar devam etmekte olup, yağışlı dönemde yürütülecek boya izleme deneyleri ve kimyasal ve izotopik örneklemelemlerle kaynağın olası beslenme alanları, beslenme alanları ile boşalım noktası arasındaki hidrolik bağlantı derecesi ve yeraltısuyu akım dinamiği ortaya konulacaktır.

**Anahtar Kelimeler:** Karst kaynağı, koruma alanı, yeraltısuyu, su kalitesi

**Abstract:** Bahçecik Spring, located in Ulus district of Bartın city, supplies drinking water needs of Bartın as well as of Amasra which is one of the most important tourism regions in Turkey. It is also used as process water for the watermill placed on its discharge canal.

Discharge rate of Bahçecik Spring decreases dramatically to 150-250 L/s in dry season whereas it exceeds nearly 4 m<sup>3</sup>/s in wet season. This situation poses problems about providing Bartın and Amasra with drinking water in dry season. For sustainable management, water quality conservation and spring development of Bahçecik Spring, it is important to determine the origin, recharge-discharge mechanism and conservation areas of the spring and groundwater flow dynamics of the aquifer which belongs to.

Bahçecik Spring discharges from quaternary alluvium at a location 100 m south from Ovacuma stream. Around the catchment of the spring, under approximately 15 m thick alluvium, semi-permeable and impermeable units of Ulus formation with sandstone, mudstone and claystone intercalations exist. On the other hand, well karstified limestone of İnaltı formation found in Ulus formation as olistostrome outcrops in wide areas at 10-15 km northeast and south from the spring. In Uluyayla region, within these limestones, horizontal cave systems, swallow holes and dolines exist. Surface runoff resulting from precipitation falling on the drainage area of approximately 45 km<sup>2</sup> on Ulus formation is drained allogenicly through swallow holes and cave systems in Uluyayla.

In order to reveal the recharge-discharge mechanism of Bahçecik Spring, various discharge rate, flow rate and water level measurements were taken in spring catchment, near wells and Ovacuma stream. In this context, discharge rate of the spring were measured regularly. Meanwhile, flow rates of Ovacuma stream were also measured at both upstream and downstream locations with respect to the catchment of the spring. Water levels in the wells drilled in alluvium near the catchment of the spring were also monitored.

To examine the potential connection between Bahçecik Spring and Ovacuma stream, water samples were collected from spring, stream and wells and physicochemical parameters, chemical and isotopic (<sup>18</sup>O, <sup>2</sup>H, <sup>3</sup>H) contents of the samples were determined. To reveal the possible connection of Bahçecik Spring with karstic limestones, karst features distributed throughout the region were mapped. In addition, lineament analysis was performed to determine the main fracture systems controlling groundwater circulation within the units. Preliminary data obtained from the study indicates that Bahçecik Spring is not an alluvium spring and seems to be



a karst spring discharging from alluvium with a fault controlled mechanism. Studies still continues and, recharge areas of the spring, hydraulic relation between recharge areas and spring discharge, and groundwater flow dynamics of the system are aimed to be determined via dye tracing tests, chemistry data and isotope analysis.

**Keywords:** Karst spring, protection area, groundwater, water quality



## Fırat ve Dicle Havzalarında Meydana Gelen Yeraltısuyu Değişiminin GRACE Gravite Uydusu ile İncelenmesi

*Assessment of Groundwater Variability in Euphrates and Tigris Basin Using  
GRACE Satellite Gravimetry*

**Obby Nawa Likando, Emrah Pekkan**

*Eskişehir Teknik Üniversitesi, Yer ve Uzay Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir  
(onlikando@gmail.com)*

**Öz:** Yere dayalı gözlemlerin az olduğu yüksek rakımlı alanlarda zamana bağımlı Gravity Recovery and Climate Experiment (GRACE) uydusu tarafından ölçülen gravite verileri çok önemlidir. Son yıllarda havzaların ve hidrolojik süreçlerin izlenmesinde uydu/uzaktan algılama tekniklerinin kullanımı artmıştır. GRACE verilerinin, kar suyu eşdeğeri değişimi, kanopi su yüzeyi değişimi ve toprak nemi miktarını içeren GLDAS (Global Land Data Assimilation System) verilerinden çıkarılması sonucu yeraltısuyu miktarı belirlenmektedir. Elde edilen yeraltısuyu verilerinin ardışık aylara göre incelenmesi ile yeraltısuyu depolamasındaki değişimi belirlenebilmektedir.

Bu çalışmada, zaman GRACE uydusundan alınan gravite verileri ve yer yüzeyi modelleri kullanılarak Fırat ve Dicle nehir havzalarında yıllık karasal su depolama değişimi ve havzalardaki yeraltısuyunun depolamasındaki değişim belirlenmiştir. Karasal su miktarı (TWS), esas olarak yağış ve kar erimesi ile beslenen Fırat ve Dicle nehir havzaları için önemli bir rol oynamaktadır. Özellikle Fırat ve Dicle gibi büyük nehir havzalarındaki su depolamasındaki değişimin, hidrolojik döngü ve sürdürülebilir su kaynakları yönetiminde önemli değişimler yaratmaktadır. Bu havzalardaki Ocak 2003 ile Aralık 2016 arasındaki karasal su miktarındaki değişim, yeraltısuyu değişimi aylık GRACE Seviye 3 Sürüm 5 (RL05) ürünleri ve GLDAS verileri kullanılarak elde edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Yeraltısuyu, GRACE, gravite

**Abstract:** In this study, time-variable Gravity Recovery and Climate Experiment (GRACE) Gravimetric and Global land surface models (LSM) were used in order to comprehend the inter-annual terrestrial water storage variations and groundwater storage changes (GWSC) in the Fırat-Dicle Basins. The GRACE Satellite data is very important in the high-altitude areas, where ground-based observations are scarce. The use of satellite/remote sensing techniques in the monitoring of basins and hydrological processes have increased in recent years.

Terrestrial water storage (TWS) plays a prominent role in the Euphrates river Basin (Fırat) and Tigris river Basin (Dicle), which are mainly fed by Precipitation and snow melt water. Water storage change has consequences on hydrological cycle, also in sustainable water resource management more especially large river basins like Euphrates and Tigris. The terrestrial variations in these basins were estimated using monthly GRACE Level 3 Release 5 (RL05) produ-

cts from January 2003 to December 2016. The groundwater change was computed using the water balance equation and parameters. Since the water balance equation holds for both total changes in TWSGRACE and TWSGLDAS, GLDAS state variables (snow water equivalent change, canopy water surface change and soil moisture change), and was later subtracted from TWSGRACE to obtain the groundwater storage change (GWS). The GRACE satellite gravimetric data, GLDAS model data and the estimated groundwater data exhibited correlation, on the basis of time-series comparisons.

**Keywords:** Groundwater, GRACE, gravity

**JEOARKEOLOJİ / GEOARCHAEOLOGY**

Erhan ALTUNEL - Namık YALÇIN - Bülent ARIKAN - Mehmet ÖZDOĞAN

---

**Sözlü Sunumlar/*Oral Presentations***

**ÖZ/ABSTRACT**





## 8200 İklim Olayının Yenikapı (İstanbul) ve Batı Trakya'daki Neolitik Yerleşmelere Etkileri

*The Effects of 8200 Event on the Neolithic Settlements at Yenikapı (Istanbul) and Western Thrace*

Ayşin Konak<sup>1</sup>, M. Namık Yalçın<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Kocaeli Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Arkeoloji Bölümü, Prehistorya Arkeolojisi Anabilim Dalı, Umuttepe Yerleşkesi, İzmit/Kocaeli

<sup>2</sup>İstanbul Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 34850 Avcılar-İstanbul  
(aysin.konak@kocaeli.edu.tr)

**Öz:** Neolitik Dönem'de üreticiliğe dayanan yerleşik köy yaşantısının Trakya'da ne zaman, nerede ve nasıl başladığı gibi soruları yanıtlamak için yürütülen araştırmalar, Trakya'daki Neolitik yaşam tarzının Yakındoğu kökenli olduğunu ve çeşitli sosyo-kültürel süreçler sonucunda bu bölgeye ulaştığını ortaya koymuştur. Birçok araştırmacı tarafından G.Ö. cal 8200'lü yıllarda küresel ölçekte etkili olmuş bir iklim olayının ani ve hızlı bir iklimsel değişime (RCC) neden olduğu ortaya konmuş ve bazı araştırmacılar tarafından da bu olayın Neolitik yaşam biçiminin Avrupa yönünde yayılmasının ana nedeni olduğu ileri sürülmüştür. 8200 olayının etkileri Türkiye'nin bazı bölgelerinde araştırılmış olmasına karşın, Neolitik yaşam biçiminin Avrupa'ya aktarılmasında kilit konumda bulunan Trakya'da henüz araştırılmamıştır.

Bu çalışmada, Trakya'nın Neolitik doğal çevre ortamı aydınlatılmaya çalışılmış, 8200 ani iklim olayının bu coğrafyada etkili olup olmadığı ve etkili olmuş ise Neolitik yaşam üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Bu amaç doğrultusunda, Yenikapı (İstanbul) ve Eski Göl Mevkii (Enez/Edirne) bölgelerindeki iki karotlu sondajda kesilen Holosen istifi, jeolojik ve jeokimyasal yöntemlerle incelenerek iklimsel ve bazı çevresel parametreler saptanmıştır. Elde edilen bulgular arkeolojik çalışmalardan elde edilen verilerle birlikte değerlendirilerek bir sonuca ulaşılmaya çalışılmıştır. İstanbul-Yenikapı yöresinde 8200 Olayı jeolojik-jeokimyasal kayıtlarda saptanmıştır. Buna karşın Eski Göl Mevkiinde belirgin bir şekilde saptanamamıştır. Ancak, Batı Trakya'daki arkeolojik kayıtlar mimaride ve çanak çömlekte 8200 Olayı ile ilişkilendirilebilecek değişiklikler göstermektedir. Buna karşın, Doğu Trakya'daki (İstanbul Bölgesi) arkeolojik kayıtlarda belirgin değişiklikler gözlenmemiştir. Bu nedenle 8200 olayının bu coğrafyadaki her bir Neolitik topluluğu ve bunların sosyal ve kültürel gelişimlerini farklı şekillerde etkilemiş olduğu sonucuna varılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** 8200 iklim olayı, Neolitik, Yenikapı-İstanbul, Eski Göl Mevkii-Enez, Trakya

**Abstract:** Studies conducted to answer the questions like when, where or how did the settled village life based on the production in Neolithic Period has begun in Thrace, showed that the Neolithic lifestyle in Thrace is originated from Near East and has reached this region as a result

of various socio-cultural processes. It was demonstrated by many researchers that a climatic event which was effective on a global scale at around 8200 years BP, caused a sudden and rapid climatic change (RCC) and some researchers claimed that this event was the main reason of the spreading of the Neolithic lifestyle towards Europe. Effects of the 8200 event were investigated in some regions of Turkey, but not yet in Thrace, which had a significant role in the transfer of Neolithic lifestyle to Europe.

In this study, efforts were made to enlighten the Neolithic natural environment of Thrace and it was investigated whether the sudden 8200 event has affected this region and if yes, its effects on the Neolithic lifestyle were investigated. For this purpose, climatic and some environmental parameters have been determined by investigating the Holocene sequence encountered in two core drillings in the Yenikapı (Istanbul) and the Eskiğöl area (Enez/Edirne) with geological and geochemical methods. Efforts were made to draw a conclusion by evaluating the results together with the data from archaeological studies. The 8200 event was recognized in the geological-geochemical records in the Yenikapı-Istanbul area. But it could not obviously be detected in Eskiğöl area. However, the archaeological records in Western Thrace Region indicated changes in architecture and pottery, which can be associated with the 8200 event. But in the archaeological records in Eastern Thrace region (Istanbul area) no significant changes are observed. Hence, it was concluded that the 8200 event had influenced the development of the social and cultural life of each Neolithic community in this region in a different way.

**Keywords:** 8200 event, Neolithic, Yenikapı-Istanbul, Eski Göl Area-Enez, Thrace



## Urartu Su Temin Sistemi (Tuşba/Van) Yer Seçim Kriterlerinin Değerlendirilmesi

### *Evaluation of Site Selection Criteria of Urartian Water Supply System (Tuşba/Van)*

Nilay Gülyüz<sup>1</sup>, Levent Selçuk<sup>1</sup>, Refik Burak Taymuş<sup>2</sup>, Azad Sağlam Selçuk<sup>1</sup>, Erhan Gülyüz<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Van

<sup>2</sup>Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Van  
(nilaygulyuz@yyu.edu.tr)

**Öz:** Günümüz dünyasında olduğu gibi, modern büyük ölçekli su temin sistemlerin yer seçimi, planlanması ve tasarlanmasında da, tarihte öncü medeniyetlerin olduğu takdir edilmelidir. Bu bağlamda, Urartu Krallığı'nın başkenti Tuşba'da inşa edilen Urartu su yapıları (baraj, bent, kanal vb), Anadolu'da büyük-ölçekli tarihi su temin sistemlerinin en iyi örneğidir. Söz konusu bu antik yapılar 2800 yıllık tarihsel süreç içerisinde hasar görmüş olsa da, büyük bir kısmı az bir restorasyonla günümüze kadar gelmiş ve hala işlevini sürdürmektedir.

Bu çalışmanın amacı, Urartu dönemi antik su sağlama yapılarının uzun dönem performansında etkin olan yer seçim ve tasarım kriterlerinin değerlendirilmesidir. Bu amaçla, söz konusu yapıların topografik, jeolojik ve hidrojeolojik özellikleri ile birlikte bu yapılarda kullanılan malzemelerin fiziksel ve mekanik özellikleri belirlenmiştir. Ayrıca bu yapılardan günümüzde işlevini yitirmiş ve kısmen yıkık halde bulunan Faruk bendi üzerinde jeolojik koşullara bağlı etkiler modern jeo-mühendislik bakış açısıyla bir sonlu eleman analizi programı olan Ansys Workbench kullanılarak incelenmiştir. Yapılan çalışmalar sonucunda; (1) bu yapıların büyük bir kısmının uygun jeolojik birimler üzerinde inşa edildiği, (2) jeolojik birimlerin tabaka doğrultusu ve eğim açısı gibi kritik jeolojik özelliklerinin dikkate alındığı, (3) topografik ve hidrojeolojik özelliklerin etkin bir şekilde kullanıldığı ve (4) yapılarda kullanılan malzemelerin mekanik ve fiziksel açıdan göreceli olarak uygun bölge kayalarından seçildiği görülmüştür. Özetle, Urartular sahip oldukları bu mühendislik ve teknik bakış açılarıyla bölgede etkin bir sulama sistemi kurmuşlardır. Ayrıca, Urartuların bu yapılar için uygulamış olduğu yer seçimi ve tasarım kriterleri, günümüz modern saha seçimi ve tasarım kriterlerini anımsatmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Antik su yapıları, baraj, Faruk bendi, jeo-mühendislik, Tuşba, Urartu, Van

**Abstract:** As in today's world, in the selection, planning and design of modern large-scale water supply systems, it should be appreciated that there are pioneering civilizations in history. In this respect, Urartian water structures (dams, bends, canals etc.), built in the capital of Urartian Kingdom Tuşba, are the best examples of large-scale historical water supply systems in Anatolia. Although these ancient structures were damaged during the 2800 years of historical pro-



cess, most of them have survived to the present day with a little restoration and still function.

The aim of this study is to evaluate the selection and design criteria for the long term performance of the ancient Urartian water supply structures. For this purpose, topographic, geological and hydrogeological characteristics of these structures and physical and mechanical properties of the materials used in the structures were determined. In addition, the effects of the geological conditions on the Faruk bendi, which has lost its function and has been partially demolished, have been investigated from a modern geo-engineering point of view using a finite element analysis software Ansys Workbench. As a result of the studies; (1) most of these structures were built on suitable geological units, (2) critical geological features such as the bedding attitudes of the geological units were taken into consideration, (3) topographic and hydrogeological features were used effectively and (4) the materials used in the structures were selected from physically and mechanically more suitable regional rocks. To sum up, Urartians constructed an effective irrigation system in the region with their engineering and technical perspectives. Furthermore, the selection and design criteria of the Urartians which they applied for these structures remind us of the modern site selection and design criteria.

**Keywords:** Antique water structures, dam, Faruk bendi, geo-engineering, Tuşba, Urartian, Van



## Manyetik Anomali Haritasına Yatay Sınır Saptama Yöntemi Uygulanarak Amasya, Oluz Höyük Tepe Bölgesi'ndeki Olası Mimari Yapıların Belirlenmesi

*Determination Of Potential Architectural Structures In Amasya, Oluz Höyük  
Tepe Region By Applying Horizontal Edge Detection Method To Magnetic  
Anomaly Map*

**Hazel Deniz Toktay<sup>1</sup>, Fethi Ahmet Yüksel<sup>2</sup>, Davut Aydoğan<sup>3</sup>, Şevket Dönmez<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>*İstanbul Üniv. -Cerrahpaşa, Mühendislik Fak., Jeofizik Mühendisliği Böl., Avcılar, İstanbul*

<sup>2</sup>*İstanbul Üniv. -Cerrahpaşa, Mühendislik Fak., Jeofizik Mühendisliği Böl., Avcılar, İstanbul*

<sup>3</sup>*İstanbul Üniv. -Cerrahpaşa, Mühendislik Fak., Jeofizik Mühendisliği Böl., Avcılar, İstanbul*

<sup>4</sup>*İstanbul Üniversitesi, Edebiyat Fakültesi Arkeoloji Bölümü, Beyazıt, İstanbul*

([hazeldeniz@istanbul.edu.tr](mailto:hazeldeniz@istanbul.edu.tr))

**Öz:** Orta Karadeniz Bölgesi'nin kara kesiminde yer alan, Amasya İli sınırları içindeki Oluz Höyük (Yassı Höyük, Tepetarla Höyüğü), Amasya-Çorum karayolunun 27. km'sindeki Gökhöyük Tarım İşletme Müdürlüğü arazisi içinde bulunmaktadır. Oluz Höyük Yeşilirmak'ın (Iris) önemli kollarından olan Çekerek Irmağı'nın (Skylax) güneyinden geçtiği verimli Geldingen Ovası'nın içinde konumlanmıştır. Oluz Höyük ova seviyesinden yaklaşık 15 m yüksekliğine ve 45 dönümlük bir alana sahiptir. Oluz Höyük'te İlk Tunç Çağı'ndan (M.Ö. 3500-2000) başlayarak Orta Tunç Çağı/Assur Ticaret Kolonileri Çağı ve Eski Hitit Dönemi (M.Ö. 2000-1450), Son Tunç Çağı/Hitit İmparatorluk Dönemi (M.Ö. 1450-1190), Orta Demir Çağı/Klasik Phryg Dönemi (M.Ö. 850-650), Geç Demir Çağı/Geç Phryg Dönemi (M.Ö. 650-330), Hellenistik Çağ (M.Ö. 330-30) ile Ortaçağ (10-14 yüzyıl) yerleşmelerinin olduğunu saptanmıştır. Bunlara ek olarak ilk kazılarda bulunan bazı çanak-çömlek parçaları ile özellikle çakmaktaşı alet ve yongalar Kalkolitik Çağ'ın Erken (M.Ö. 5500 - M.Ö. 4500) ve Geç (M.Ö. 4500 - M.Ö. 3500) dönemleri ile Geç Neolitik Çağ (M.Ö. 6500 - M.Ö. 5500) yerleşmelerinin olası olduğuna işaret etmektedir.

Jeofizik arama yöntemlerinden biri olan manyetik ölçümler kullanılarak yeraltında gömülü bulunan arkeolojik malzeme ve yapılar saptanabilmektedir. Bu amaçla ilk olarak, Oluz Höyüğü, tepe bölgesinde, A açmasının kuzeybatısındaki alanda, Proton Manyetometresi kullanılarak, yapılan manyetik ölçümlerin veri analizi yapılmıştır. İlk etapta manyetik verilere Yukarı Uzanım ve Kutba İndirgeme yöntemleri uygulanmıştır. İkinci etapta manyetik anomalilere neden olan arkeolojik yeraltı kütle dağılımının oluşturduğu manyetik anomali haritalarına yatay sınırların saptanması amacıyla Eğim Açısı ve Otomatik Kazanç Kontrolü algoritmaları kullanılmıştır. Ayrıca A açması kazılarında ortaya çıkarılan yapı mimarisine uygun geometrik parametreler ile oluşturulan sentetik modeller hazırlanmıştır. Bu modeller üzerine söz konusu algoritmalar test edilerek; başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Yatay sınırların saptanması için oluşturulan programlar araziye ait manyetik verilere uygulanarak, manyetik anomalilere neden olan yeraltındaki olası yapılara ait yatay kenar lokasyonları hesaplanmıştır. Sonuç olarak kazısı yapılan A açmasında ortaya çıkarılan mimarinin, A açması bitişiğindeki manyetik öl-

çüsü yapılan alanda da devam ettiği sınır saptama analiziyle belirlenmiştir. Bu çalışmayla, önümüzdeki dönemde bu alanda yapılacak arkeolojik kazıların planlanmasına yardımcı olacak bir ön çalışma gerçekleştirilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Arkeojeofizik, eğim açısı yöntemi, kenar saptama, manyetik, otomatik kazanç kontrolü.

**Abstract:** Oluz Hoyuk (Yassı Hoyuk, Tepetarla Hoyuk) within the borders of Amasya Province in the Black Sea Region is located in the territory of Gokhoyuk Agricultural Operation Directorate on the 27th km of the Amasya-Corum highway. Oluz Hoyuk is located in the Cekerek River (Skylax) which is the substantial tributary of Yeşilırmak on Amasya Province and Western side of fertile Geldingen plain Oluz Höyük is has an almost rounded 45 decare area and approximately 15 m elevation from the plain level. Beginning from the Early Bronze Age (3500-2000 BC) in Oluz Höyük, the Middle Bronze Age / Age of Assyrian Trade Colonies and the Old Hittite Period (2000-1450 BC), Late Bronze Age / Hittite Imperial Period (M 1450-1190), Middle Iron Age / Classical Phryg Period (850-650 BC), Late Iron Age / Late Phrygian Period, (650-330 BC), Hellenistic Age (BC). 330-30) and the Middle Age settlements (10-14 century) have been detected. In addition in consequence of some of the pottery fragments, especially chipped-silex of the Chalcolithic Age Early (5500 - BC 4500) and Late (4500 BC - 3500 BC) periods The Neolithic Age (6500 BC - 5500 BC) was found in the first excavations that indicate the possible assets of the settlements.

One of the geophysical exploration methods is to find archaeological materials and structures buried underground using magnetic measurements. For this purpose, first of all, data analysis of the magnetic measurements made by using Proton Magnetometry in the northwest of the trench A in Oluz Höyük. The Upward Continuation and Reduction to Pole Methods were applied to magnetic data as an initial stage. In the second stage, Tilt Angle and Automatic Gain Control algorithms were used to determine the horizontal boundaries of the magnetic anomaly maps formed by the archaeological underground structure distribution causing magnetic anomalies. In addition, synthetic models generated by geometric parameters which are proper with the architecture of structure revealed during the excavations of trench A were prepared. The given methods are tested in these models and successful results were obtained. The programs created for the determination of horizontal boundaries were applied to the magnetic field data and the horizontal edge locations of the potential underground structures causing magnetic anomalies were calculated. As a result, the architecture revealed in trench A was determined by the boundary detection analysis in which the magnetic measure adjacent to trench A continued in the area. With this study a preliminary study was conducted to assist in the planning of archaeological excavations in this area.

**Keywords:** Archeogeophysics, automatic gain control, edge detection, magnetics, tilt angle method.



## Phaselis Antik Kenti Küçük Hamam'ı ve Latrina'sında Kullanılan Yapıtaşları ve Bu Yapıtaşların Bozuşmaları

*The Cut-Stones Used in the Small Bathhouse and The Latrina Of Phaselis  
and the Alteration of These Stones*

**Ferda Öner**

*Esan Eczacıbaşı A.Ş. Tuzla-İstanbul  
(ferdaoner@yahoo.com)*

**Öz:** Phaselis antik kenti Antalya'nın güneybatısında Kemer ile Tekirova arasında deniz kıyısında yer almaktadır. Kentin tarihinin MÖ 691 yıllarına kadar gittiği söylenmektedir. Bölgenin jeolojik yapısında, Üst Kretase okyanus tabanı magmatik kayalardan en son jeolojik dönemde (Kuvaterner) oluşmuş traverten – traverten breşi (Fanglomera) birimlerine kadar değişen birimler gözlenmektedir. Antik kentin ilksel ana yapıtaşı malzemesi (kesilmiş, boyutlandırılmış bloklar) traverten breşleridir. Jura yaşlı kireçtaşları (Tekedağı formasyonu kireçtaşları) neotektonik dönemde (Plio-Kuvaterner) yükselmiş ve fay sarpıklıkları önüne düşen kayaç parçaları, faylardan gelen karbonatlı sularla taşlaşarak traverten breşlerini (Fanglomera) oluşturmuştur.

Antik kentin yerleşim alanında kalkarenitler ve gabrolar da görülmektedir. Phaselis antik kentinde ilksel olarak çevredeki kayalar (traverten breşleri, travertenler, kalkarenitler, serpantinler ve gabrolar), sonraki dönemlerde ise dışarıdan getirilmiş mermerler, limra ve limra breşleri de kullanılmıştır. Traverten breşleri ve diğer yapı malzemeleri tarih boyunca değişik bozuşmalara maruz kalmıştır. Traverten breşlerindeki bozuşmalar, şehrin ana yapı unsuru olduğundan önemlidir.

Traverten breşlerinin bozuşmasındaki ana unsur breşlerin çimentosu olan malzeme ile ilgilidir. Çimento tamamen karbonattan oluşmuşsa bloklar oldukça dayanıklı olur, fakat bu bölgede çimentoya karışan kil malzemesi hava şartlarından etkilenecek bozuşmalara neden olmuştur. İleride restorasyon yapılması düşünüldüğünde, çevreden üretilecek traverten bloklarının çimentosuna bu anlamda özellikle dikkat etmek gerekecektir.

**Anahtar Kelimeler:** Phaselis, yapıtaşları, breş, limra, mermer, bozuşma

**Abstract:** The ancient city of Phaselis lies on the seafront between Kemer and Tekirova, southwest of Antalya. It is said that the city's history dates back to 691 B.C. Geological feature of the region is formed ranging from the Upper Cretaceous magmatic rocks to in the last geological period (Quaternary) to the travertine – travertine breccia (Fanglomerate) units. The primary main building material of the ancient city is the travertine breccias. The Jurassic limestones (Tekedağı formation limestones) have been elevated during the neotectonic period (Plio-Quaternary). Rock fragments that were placed in front of the fault scarps were petrified by carbonated waters emitted from the faults, and the travertine breccias (Fanglomerate) were formed.

Calcarenites and gabbros are also observed in the settlement area of the ancient city. In the ancient city of Phaselis, the surrounding rocks (travertine breccias, travertines, calcarenites, serpentinites and gabbros) were first used, and in the later periods marbles, limestone and limra breccia were also used. Travertine breccias and other building materials have been subjected to various alteration throughout the history. Alterations in travertine breccias are important because they are the main building element of the city.

The main factor in the degradation of the travertine breccias is related to the cement material. If the cement is purely carbonate, the blocks are highly resistant. However, clay material added to the cement highly promotes weathering. Considering the future restoration efforts, particular attention should be paid to the cement of the travertine blocks to be obtained from the environs.

**Keywords:** Phaselis, cut-stones, breccia, limra, marble, alteration

**JEOARKEOLOJİ / GEOARCHAEOLOGY**

Erhan ALTUNEL - Namık YALÇIN - Bülent ARIKAN - Mehmet ÖZDOĞAN

---

**Poster/Posters**

---

**ÖZ/ABSTRACT**





## İstanbul Damatrys Sarayındaki Tahribatların Jeolojik ve Jeofizik Yöntemlerle Belirlenmesi

### *Determining Destruction Of Istanbul Damatrys Palace Using Geological and Geophysical Methods*

**Hakan Mehmetoğlu, Selman Er, Atiye Tuğrul, Fethi Ahmet Yüksel**

*Department of Geological Engineering, Istanbul University- Cerrahpaşa*  
(hakanmehmetoglu@hotmail..com)

**Öz:** Damatrys Sarayı 14 yüzyıl önce Bizans İmparatorları II.Tiberius ve Maurikius (578-602) tarafından inşa ettirildiği düşünülen ve yapıldığı dönemde İstanbul yerleşim alanı dışındaki en büyük ve en önemli eser olma özelliği taşıyan tarihi yapılardan birisidir. Günümüzde yıkıntıları arasında haç biçimindeki sarnıcı, kemer ve tonozları teşhis edilebilen sarayın gözle görülebilen çok daha büyük bir alanı kapladığı düşünülmektedir. Bu nedenle sarayın örtülü olduğu düşünülen kısmının ortaya çıkarılmasına yönelik yer radarı (GPR) yöntemi ile sahada veri toplanmış, yapılan çalışmalar sonucu elde edilen iki (2B) ve üç boyutlu (3B) yeraltı kesit ve görüntülerine göre yapı kalıntısı olarak düşünülebilecek yüksek genlikli anomaliler tespit edilerek devam eden kazı çalışmaları ile korelasyonu sağlanmıştır. Yüksek genlikli bu anomalilerin doğrusal devamlılığı olanlar duvarları, yaygın görünümlü olanlar olası taban döşemesi veya tonozları, dairesel devamlılık gösterenler ise olası kuyu veya sütun vb. yapıları temsil ettiği düşünülmektedir. Ayrıca tarihi yapının yerüstünde kalan kısımlarında kullanılmış doğal taşların türleri ve tahribat şekilleri Uluslararası Anıtlar ve Sitler Konseyi (ICOMOS) tarafından önerilen sınıflandırmaya bağlı olarak değerlendirilmiştir. Alanda yapılan tüm jeolojik ve jeofizik çalışmaların bütüncül değerlendirilmesine bağlı olarak mevcut yapının herhangi bir zarar görmeden ortaya çıkarılmasına olanak sağlayacak tespitler yapılmaya çalışılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Bizans, arkeojeofizik, yer radarı, ICOMOS

**Abstract:** The Damatrys Palace is the biggest and most prominent historical building of its era which ordered to be built in a rural area of Istanbul by Byzantian emperors, Tiberius 2<sup>nd</sup> and Maurikius( 578-602) 14 centuries ago. It is thought that the palace of which a cross shaped cistern, arch and pendentives can be seen out of its ruins, used to be situated on a bigger area. Therefore, for having a correlation between ongoing excavations and 2D and 3D subsurface sections of high amplitude anomalies identified as possible existing debris, GPR (Ground Penetration Radar) has been conducted through the project area. Considering these high amplitude anomalies, it is accepted that continuously linear ones represent the walls, distributed ones represent the pendentives or slabs; and continuously circular ones represent wells or columns. Furthermore, the types and deterioration mechanisms of stones used in over ground parts of the structure have been examined according to the specification offered by International Council on Monuments and Sites (ICOMOS). Thus, it is aimed to conduct some wholistic studies covering the geological and geophysical methods to uncover the existing palace without any damage.

**Keywords:** Byzans, archaeogeophysics, ground penetrating radar, ICOMOS





## Fethiye ve Burdur Çevresinde Arkeosismolojik Araştırmalar

### *Archaeosismological Researches Around Fethiye and Burdur*

**Su Güneş Kabaklı, M. Erkan Karaman**

*Akdeniz Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü*

*(suguneskabakli@gmail.com)*

**Öz:** Bu çalışmada Fethiye-Burdur Fay Zonu'nun (FBFZ) etki alanında olan Kibyra ve Kadyanda antik kentlerinde meydana gelmiş olan tarihsel depremler ve bu depremlerin kentlere olan etkileri incelenmiştir.

Bu amaçla, bölgede meydana gelmiş olan tarihsel depremler ile ilgili antik yazarların kayıtları derlenmiş, bu yazılar modern veriler ve arkeosismolojik gözlemlerle harmanlanarak, depremlerin antik kentlere olan etkileri aydınlatılmaya çalışılmıştır.

Kibyra, FBFZ'nin orta bölümünde Burdur'un Gölhisar ilçesinde yer almaktadır. Kadyanda ise Kibyra'nın 53 km güneybatısında ve FBFZ'nin Ege Denizi'ne doğru ilerlediği bir alanda bulunur. Kibyra kazı alanında ve çevresinde literatürde birçok çalışma bulunurken, Kadyanda'da gerek yüzey araştırmaları gerekse arkeosismolojik bulgulara dayanan çalışma yok denecek kadar azdır. Sismik açıdan hareketli bir bölgede yer alan Kadyanda'nın yıkıcı depremler nedeniyle hasar gördüğü, yapılar üzerindeki deprem izlerinden net bir şekilde anlaşılmaktadır.

Kadyanda Antik Kenti'nde yapılan ön çalışmalarda, Tiyatro'nun oturma sıralarının (*cavea*) deforme olarak kaotik geometride çevreye dağıldığı gözlemlenmektedir. Kentin tapınağı ise tamamen yıkılmıştır. Stadion'un oturma sıralarındaki bloklarda kaymalar mevcuttur. Kentteki agora ve nekropol duvarlarında yıkılma ve çatlaklar gözlenmektedir. Kadyanda Antik Kenti'nde görülen yapılar genellikle Roma Dönemi'ne aittir. Kadyanda Tiyatrosu ise Helenistik Dönem'de (M.Ö.323-31) yapılmış ve Roma Dönemi'nde (M.Ö.27-M.S. 395) onarılarak yeniden kullanılmıştır. Gerek coğrafik yakınlıkları gerekse aynı fay zonu üzerinde bulunmalarından yola çıkarak, Kibyra'yı etkileyen depremlerin Kadyanda'yı da etkilemiş olması kuvvetle muhtemeldir. Bu bağlamda, Kadyanda Tiyatrosu'nun M.S. 23 yılında Kibyra'da büyük yıkıma yol açan depremden etkilenmiş olma olasılığı bulunmakla beraber, Roma döneminde tamirat gördüğü ve ardından tekrar bir deprem ya da depremlerle tahribata uğradığı anlaşılmaktadır. Kentin M.S. 7.yy'a kadar kullanımında olduğu düşünülecek olursa, bu deformasyonlara neden olan deprem ya da depremlerin bu tarihten sonra meydana gelmiş olması gerekmektedir. M.S. 7. yy'da, 84 km uzaklıktaki Myra'da 2 büyük deprem olduğu bilinmektedir. Kadyanda'nın terk edilmesinde bu depremlerin de etkisi olabileceği göz ardı edilmemelidir.

**Anahtar Kelimeler:** Arkeosismoloji, Fethiye-Burdur Fay Zonu, Kadyanda, Kibyra, tarihsel depremler

**Abstract:** In this study, the historical earthquakes and the effects of these earthquakes on the cities of Cibyra and Cadianda in the area of the Fethiye-Burdur Fault Zone (FBFZ) were investigated.

For this purpose, the records of the ancient writers which related to the historical earthquakes in the region were compiled and these writings were blended with modern data and archaeological observations and the effects of earthquakes on ancient cities were tried to be elucidated.

Cibyra is located in Gölhisar district of Burdur in the middle part of FBFZ. Cadianda is located 53 km southwest of Cibyra and in an area where FBFZ is moving towards the Aegean Sea. There are many studies in the literature in and around the Cibyra excavation site, but in Cadianda, both the surface surveys and the archaeoseismological studies are almost non-existent. It is clearly understood from the earthquake traces on the structures that Cadianda, which is located in a seismically active area, is damaged due to devastating earthquakes.

Preliminary results in the ancient city of Cadianda, it is observed that the seating rows (cavea) of the Theater have been deformed and distributed to the environment with a caotic geometry. The city's temple was completely destroyed. In the blocks of the stadium, the slidings were observed. The collapse and cracks are seen in agora and necropolis walls. The structures which seen in the ancient city of Cadianda generally belong to the Roman Period. The Cadianda Theater was built during the Hellenistic Period (323-31 BC) and rebuilt in the Roman Period (27 BC - 395 AD). It is highly probable that the earthquakes affecting the Cibyra have also affected Cadianda due to their geographic proximity and their presence on the same fault zone. In this context, although it is possible that the Cadianda Theater was affected by the earthquake that caused great destruction in Cibyra in 23 AD, it is understood that it was repaired during the Roman period and then it was destroyed again by an earthquake or earthquakes. Considering that the city was in use until the 7th century, an earthquake or earthquakes that caused these deformations should have occurred after this date. It is known that there are 2 major earthquakes in the 7th century in Myra, which is 84 km away. It should not be ignored that these earthquakes may have an effect on the abandonment of Cadianda.

**Keywords:** Archaeoseismology, Fethiye-Burdur Fault Zone, Cadianda, Cibyra, historical earthquakes



## Palaeoenvironment And Human Interaction During The Last 4K Years In The Dried Lake Sediments (Amik Lake, Southern Turkey): Evidences Of Lake Level Changes

Meriam El Ouahabi<sup>1</sup>, Aurélie Hubert-Ferrari<sup>1</sup>, Laura Lamair<sup>1</sup>,  
Vander Auwera Jacqueline<sup>1</sup>, Ulas Avsar<sup>2</sup>, Volkan Karabacak<sup>3</sup>

<sup>1</sup>University of Liège, 4000, Liège, Belgium

<sup>2</sup>Middle East Technical University, Faculty of Engineering, Geological Engineering, Ankara

<sup>3</sup>Osmangazi University, Eskisehir, Turkey

(meriam.elouahabi@uliege.be)

**Abstract:** The Amik Basin in the Eastern Mediterranean region has been continuously occupied since 6000-7000 BC. The landscape has sustained with highly variable anthropic pressure culminating during the Late Roman Period when the Antioch city reached its golden age. The basin also sustained a high seismic activity ( $M \geq 7$ ) as it is a releasing step-over along the Dead Sea Fault. The study focuses on the sedimentary record of the Amik Lake occupying the central part of the Basin. Our objective is to constrain major paleo-environmental changes in the area over the last 4000 years and to unravel possible human impacts on the sedimentation. A diverse array of complementary methods was applied on the 6 m long record: Inorganic carbon (L.O.I), mineralogy (XRD), geochemistry (XRF), carbon and nitrogen isotopes. The age of the record is constrained combining radionuclide and radiocarbon dating. It is checked using the correlation between the earthquake historical record and rapidly deposited layer identified.

Sedimentation rates of 0.12 cm/yr higher than in the central part of the lake are related to the accommodation space created by normal motion along the fault. The sedimentary record shows significant fluctuations of the lake associated with a significant riverine system change of the Afrin River draining into the Amik Lake starting during the Roman Period. In this period the human impact is attested by carbonates saturation of lake water due to the construction of several canals mostly along the Afrin River.

This study examines the mechanisms driving long-term carbonate preservation in lacustrine sediments in Amik Lake (southern Turkey) since the last 4000 years. Carbonates precipitate from the alkaline water column, and the sediments preserve dolomite and calcite. Based on X-ray diffraction data, carbonate accumulation has changed significantly and reversals in the abundance of the two carbonate polymorphs have occurred. Chemical composition and carbon and nitrogen isotopes indicate that reversals in carbonate polymorph abundance arise due to physical changes in the lake water as column depth.

**Keywords:** Mineralogy, chemical composition, Amik lake, lake level change

**JEODEZİ / GEODESY**

Haluk ÖZENER - Bahadır AKTUĞ-İbrahim TİRYAKİOĞLU

---

**Sözlü Sunumlar/*Oral Presentations***

**ÖZ/ABSTRACT**





## Yerdeğiştirme Tabanlı Deprem Analizleri

### *Displacement Based Earthquake Analysis*

**Recai Feyiz Kartal<sup>1</sup>, Murat Doruk Şentürk<sup>1</sup>, Filiz Tuba Kadirioglu<sup>1</sup>,**

**Eren Tepeuğur<sup>1</sup>, Bahadır Aktuğ<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Deprem Dairesi Başkanlığı, Ankara, Türkiye*

<sup>2</sup>*Ankara Üniversitesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, Ankara, Türkiye*

*(rfkartal@gmail.com)*

**Öz:** Birbirlerinden tamamen bağımsız olarak gelişmiş olan jeodezi ve sismoloji gözlemlerinin birlikte kullanımı veya jeodezik verilerin sismoloji amacıyla kullanımı olarak adlandırılan sismojeodezi gitgide daha da popüler olmaktadır. İvme ve hız ölçümlerine dayalı sismolojik gözlemler ile yerdeğiştirme gözlemlerine dayalı jeodezik gözlemlerin birlikte kullanımı çoğunlukla hız ve ivme kayıtlarının yerdeğiştirme dalga formlarına dönüştürülerek jeodezik yerdeğiştirme verileri ile filtrelenmesi ile yapılmaktadır. Bu şekilde filtrelenmiş yerdeğiştirmelerin mevcut gözlem sistemlerine göre önemli avantajları bulunmaktadır. Bunlardan bazıları şöyle sıralanabilir: (1) mekanik olarak satüre olmayan jeodezik gözlemler ile kaynağın çok yakınında gözlem yapma olanağı bulunduğundan, büyük depremler için yerdeğiştirme tabanlı etkin bir erken uyarı sistemi geliştirilebilmesi mümkün olmaktadır (2) uydu tabanlı jeodezik gözlemler inersiyel olmayan bir sistemde gözlem yaptığından doğrudan DC (sonsuz dalga boyu yerdeğiştirmeler) ölçülebilmekte ve buna bağlı olarak özellikle büyük depremlerin deprem büyüklüğü daha duyarlı hesaplanabilmektedir (3) sadece deprem gibi kısa periyotlu olaylar değil, uzun dönemli tektonik deformasyon ve postsismik etkilerde izlenebilmektedir (4) deprem sırasındaki yerdeğiştirmeler kullanılarak nokta kaynak yerine sonlu fay geometrisi ve kaymalar bulunabilmektedir. Bu çalışmada, 116Y199 no'lu "Jeodezik Ölçüler ile Yüksek Duyarlılık Genişbant Sismik Yerdeğiştirmelerin Elde Edilmesi" başlıklı TÜBİTAK projesi kapsamında elde edilen yerdeğiştirme dalga formları ve kullanım alanları paylaşılmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Deprem büyüklüğü, GPS, ivmeölçer, yerdeğiştirme, sismojeodezi

**Abstract:** Seismogeodesy which is called as the use of geodetic and seismological observations together or the use of geodetic data for seismology is becoming more and more popular. The combined use of the seismological observations which are based on the velocity and accelerometer observations and geodetic observations which are based on displacements are usually carried out by transforming the seismological observations into displacements and filtering them with geodetic displacements. Such filtered displacements offer significant advantages over the available observation systems. Several of those advantages can be given as: (1) an efficient displacement-based early warning system for large earthquake can be established since it is possible to make observations very close to the source with the mechanically non-saturating geodetic observations (2) DC (displacement waveform with infinite wavelength) can be directly measured and consequently the magnitudes of large earthquakes can be estimated

more precisely since the satellite-based geodetic observations are made in a non-inertial reference frame (3) not only relative short term phenomena such as earthquakes but also long terms events such as tectonic deformation and postseismic effects can be monitored (4) a finite fault geometry and slips, instead of a point source, can be estimated by using the coseismic displacements. In this study, displacement waveforms obtained within the project “Determination of High Precision Broadband Seismic Displacements from Geodetic Measurements” supported by TUBITAK with project number 116Y199 and their usage are presented.

**Keywords:** Earthquake magnitude, GPS, accelerometer, displacement, seismogeodesy



## Sismojeodezik Deprem Erken Uyarı Sistemleri

### *Seismogeodetic Earthquake Early Warning Systems*

**Murat Doruk Şentürk<sup>1</sup>, Bahadır Aktuğ<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Deprem Dairesi Başkanlığı, Ankara, Türkiye*

<sup>2</sup>*Ankara Üniversitesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, Ankara, Türkiye*

([mdoruk.senturk@afad.gov.tr](mailto:mdoruk.senturk@afad.gov.tr))

**Öz:** Etkin bir Deprem Erken Uyarı (DEU) sisteminin kuşkusuz en önemli özelliği, kaynağa mümkün olduğunca yakın ama uyarı verilecek noktaya mümkün olduğunca uzak bir noktada büyük depremleri tespit edebilmesidir. Diğer önemli bir özelliği ise, tespit edilen depremin uyarı vermeyi gerektirecek büyüklükte olduğundan emin olunmasıdır. Büyük depremler sırasında kaynağa yakın hızölçerlerin satüre olması, kaynağa uzak olmaları durumunda ise erken uyarı için yeterli zaman kalmaması nedeniyle hızölçerlerin erken uyarı amaçlı kullanımında sorunlar bulunmaktadır. Diğer yandan, hızölçerler ile erken uyarı sisteminin önemli bileşenlerinden olan deprem büyüklüğünün çok hızlı ve yüksek hassasiyetle hesaplanması da oldukça güçtür. Satürasyon problemi bulunmayan ivmeölçerlerde ise zamana bağlı hatalarının giderilmesi önemli bir sorun oluşturmaktadır. Bu amaçla kullanılan düzeltme teknikleri (baz düzeltmesi, yüksek geçirgenli filtreler vs.) her kaynak-hedef ilişkisi hatta her kanal için ayrı ayrı yapılmak durumundadır ve kullanılan düzeltme teknikleri kullanıcı seçimine bağlı olduğundan objektif olmamaktadır. Jeodezik ölçüler ve ivme kayıtlarının birlikte kullanımı ile elde edilen sismojeodezik dalga formları ise satürasyon sorunu içermemeleri nedeniyle kaynağa çok yakın mesafeden veri sağlamakta, GNSS alıcılarının inersiyal olmayan bir sistemde ölçüm yapmaları sayesinde doğrudan kalıcı yerdeğiştirmeler ve buna bağlı deprem büyüklüğü hesaplanabilmesine olanak sağlamaktadırlar. Günümüzde A.B.D. ve Japonya gibi depreme maruz gelişmiş ülkelerde sismojeodezik verilere dayalı erken uyarı sistemleri kurulmuş ve yaygınlaşmaya başlamıştır.

Bu çalışmada, sismojeodezik dalga formlarına dayalı deprem erken uyarı sistemleri tanıtılmakta ve 116Y199 no’lu “Jeodezik Ölçüler ile Yüksek Duyarlıklı Genişbant Sismik Yerdeğiştirmelerin Elde Edilmesi” başlıklı TÜBİTAK projesi kapsamında gerçekleştirilen çalışmaların sonuçları paylaşılmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Deprem büyüklüğü, GPS, ivmeölçer, yerdeğiştirme, sismojeodezi

**Abstract:** The most important property of an efficient earthquake early warning system is undoubtedly the ability to detect large earthquakes at a location as close to the source as possible and as far away the alert location as possible. Another critical property is the ability to assure that the earthquake is large enough to give alert. There are difficulties in using the seismometers for the purpose of earthquake early warning since they saturate near the source of large earthquakes and don’t allow sufficient time margin when they are far away. Besides, it is also difficult to determine the earthquake magnitude rapidly and precisely with the seismometers.



On the other hand, removal of the drift poses a significant problem for the accelerometers which do not suffer from saturation. The correction schemes employed for this purpose have to be defined for each pair of source-target and even for each channel of the seismometer and the correction schemes are not objective since several parameters of the correction schemes are highly arbitrary. On the contrary, the seismogeodetic waveforms can provide data very close to the source and enable to obtain the permanent displacements and to estimate the earthquake magnitude based on them since GNSS receivers operate in a non-inertial frame. Today, earthquake early warning systems based on seismogeodetic data have been installed in developed countries such as USA and Japan which are subject to earthquakes and have are becoming more common.

In this project, earthquake early warning systems based on seismogeodetic waveforms are introduced and the results of the studies within the project “Determination of High Precision Broadband Seismic Displacements from Geodetic Measurements” supported by TUBITAK with project number 116Y199 are presented.

**Keywords:** Earthquake magnitude, GPS, accelerometer, displacement, seismogeodesy



## Çoklu-GNSS Hassas Nokta Konumlamada (PPP) Uyarlı Robust Kalman Filtresi Kullanımı

### *Employment of Adaptive Robust Kalman Filtering for Multi-GNSS Precise Point Positioning (PPP)*

**Berkay Bahadır, Metin Nohutcu**

*Hacettepe Üniversitesi, Geomatik Müh. Bölümü, Beytepe, Ankara  
(berkaybahadir@hacettepe.edu.tr)*

**Öz:** Günümüzde Küresel Navigasyon Uydu Sistemleri (GNSS) yerbilimleri uygulamalarında üç boyutlu konum belirlemek için vazgeçilmez bir araç haline gelmiştir. Koordinatı daha önceden bilinen referans istasyonlar yardımıyla yüksek doğrulukta konum bilgisi üretebilen rölatif ve diferansiyel konum belirleme teknikleri uzun bir süredir birçok GNSS uygulamasında başarı ile kullanılmaktadır. Son yıllarda, bu tekniklere bir alternatif olarak, yalnızca tek bir alıcı ile global ölçekte santimetre ya da milimetre seviyesinde konum doğruluğu üretebilen Hassas Nokta Konumlama (PPP) tekniği ortaya çıkmıştır. PPP, uygulama kolaylığı, düşük maliyeti ve referans istasyon ihtiyacını ortadan kaldırması gibi faydalarından dolayı GNSS kullanıcıları arasında ilgi çekici bir konu olmasına rağmen, santimetre seviyesinde konum doğruluğuna erişmek için ihtiyaç duyulan göreceli uzun başlangıç süresi, yani yakınsama süresi, hala PPP tekniğinin en büyük dezavantajıdır. GLONASS uydu takımının tamamlanması ve Galileo ve BeiDou gibi yeni navigasyon sistemlerinin ortaya çıkması ilave uydu kaynağı sağladığından dolayı PPP performansını iyileştirmek ve yakınsama süresini azaltmak için önemli fırsatlar sunmaktadır. Çoklu-GNSS'nin getirdiği potansiyel faydalardan en iyi şekilde yararlanabilmek için ilgili fonksiyonel ve stokastik modellerin uygun bir biçimde tanımlanması gerekmektedir. Çoklu-GNSS PPP için fonksiyonel modeller oldukça iyi bir şekilde bilinmesine rağmen, her sistem kendine özgü yersel referans sistemi, zaman ölçeği ve sinyal yapısı kullandığından, bilinmeyen parametreler ve gözlemlerin stokastik karakterlerini belirlemek oldukça zordur. Bu çalışmada, çoklu-GNSS çözümü için uyarlı (adaptif) robust Kalman filtresi yönteminin uygulanması önerilmektedir. Bu yöntem, aykırı değerlerin bilinmeyen parametrelerin tahminine olan etkisini azaltmak için yeni bir eşdeğer ağırlık matrisi ve öncül parametreler ile ölçülerin bilinmeyenlerin tahminine olan katkısını dengelemek için uyarlı bir katsayı kullanmaktadır. Bu bağlamda, çalışmanın temel amacı ilgili yöntemi tanımlamak ve klasik Kalman filtresine kıyasla çoklu-GNSS PPP performansına olan etkisini araştırmaktır. Bu amaçla, tahmin yönteminin konum belirleme performansına olan etkisinin araştırıldığı deneysel bir test gerçekleştirilmiş ve buradan elde edilen sonuçlar konum doğruluğu, karesel ortalama hata (RMSE) ve yakınsama süresi açısından sunulmuştur. Sonuçlar, uyarlı robust Kalman filtresi kullanılması durumunda PPP performansının önemli ölçüde iyileştiğini göstermektedir.

**Anahtar Kelimeler:** GNSS, hassas nokta konumlama (PPP), çoklu-GNSS, uyarlı robust kalman filtresi

**Abstract:** Nowadays, GNSS (Global Navigation Satellite System) has been an essential tool to determine the three-dimensional position for a wide range of applications in earth sciences. For a long time, relative and differential positioning techniques, which can provide highly accurate positioning solutions using reference points with known coordinates, have been successfully utilized in many GNSS applications. In recent years, Precise Point Positioning (PPP), which enables centimeter- or millimeter-level positioning accuracy with only one receiver on the global scale, has emerged as an alternative precise positioning method. Although PPP has taken a considerable attention within the GNSS community due to its benefits such as operational simplicity, cost-effectiveness and elimination of base station requirement, the relatively long initial period, i.e. convergence time, required to converge centimeter-level positioning accuracy is still the main restriction of PPP. The completion of GLONASS and the emergence of new satellite systems, such as European Galileo and Chinese BeiDou, offers considerable opportunity to lessen the convergence time and to improve the positioning performance providing additional satellite resources. In order to benefit the potential advantages of multi-constellation and multi-frequency GNSS, namely multi-GNSS, it is required to define the functional and stochastic models appropriately. Although the functional models are well known for multi-GNSS PPP, it is pretty tough to determine the stochastic characteristics of estimated parameters and observations properly since each navigation system utilizes its own spatial reference frame, timescale, and signal structure. In this study, the employment of the adaptive robust Kalman filtering method was proposed for multi-GNSS PPP processing. The method introduces an equivalent weight matrix to compensate for the effect of outliers in observations and also an adaptive factor to balance the contributions of measurement and estimated parameters when estimating the state space vector. In this context, the main objective of this study is to describe the estimation procedure of the adaptive robust Kalman filtering method and to investigate its impact on the multi-GNSS PPP performance in comparison with the classical Kalman filtering. For these purposes, an experimental test is carried out to evaluate how the estimation method influences the positioning performance and its results are provided in terms of positioning accuracy, root mean square error (RMSE) and convergence time. The results indicate that the application of adaptive robust Kalman filtering enhances the PPP performance significantly.

**Keywords:** GNSS, precise point positioning (PPP), multi-GNSS, adaptive robust kalman filter



## Yer Dönme Parametreleri'nin Okyanus Gelgitleri Kaynaklı Güniçi Değişimlerinin VLBI ile İzlenmesi

### *Monitoring Subdiurnal Variations of Earth Rotation Parameters Caused by Ocean Tides with VLBI*

**Mehmet Fikret Öcal, Kamil Teke**

*Hacettepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, Beytepe Kampüsü, Ankara*

*(fikret.ocal@hacettepe.edu.tr)*

**Öz:** Bu çalışmada, Uluslararası VLBI Jeodezi ve Astrometri Servisi (IVS) tarafından genellikle üç yılda bir gerçekleştirilen ve Yer dönme parametresi belirlemeye yönelik, en güncel VLBI teknolojisinden faydalanılan kampanyaların sonuncusu olan CONT17 analiz edilmiştir. Ölçüler, 6 kıtadaki, 2 farklı jeodezik VLBI ağında bulunan 14'er istasyonun 15 gün boyunca gözlem yapması ile elde edilmiştir. Yer dönme parametrelerinin günüçi (günlük ve yarıgünlük) periyotlarda kestiriminde Vienna VLBI ve Uydu Yazılımı (VieVS) versiyon 3.1 kullanılmıştır. Uluslararası Yer Dönme ve Referans Sistemleri Servisi (IERS) 2010 konvansiyonlarında okyanus gelgitleri'nin etkisiyle oluşan, Yer dönme parametrelerindeki günüçi periyotlu değişimler, 71 adet gelgitsel bileşen ile modellenmiştir. VLBI ölçülerinden kestirilen Yer dönme parametreleri zaman serileri ile IERS 2010 modelinden hesaplanan zaman serilerinin zaman ve frekans uzaylarında karşılaştırılmaları yapılmıştır. Ayrıca kestirilen Yer dönme parametreleri zaman serileri, kompleks demodulasyon ve enküçük-kareler parametre kestirim yöntemleriyle ile gelgitsel bileşenlerine ayrılmıştır ve gelgitsel bileşenlere ait genlikler IERS2010 modeli ile karşılaştırılmıştır. Modeldeki yüksek genlikli (major) gelgitlerin; Yer dönme ekseninin ile-rididen (prograde) ve gerigiden (retrograde) kutup gezinmesi hareketleri üzerindeki etkileri incelenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** VLBI, yüksek frekanslı yer dönme parametreleri, okyanus gelgitleri, CONT17 kampanyası

**Abstract:** In this study, CONT17 campaign, the latest of a series of triennially performed VLBI campaigns organized by International VLBI Service for Geodesy and Astrometry (IVS) as well as benefitted from the latest VLBI technology for investigation of Earth rotation parameters, is analyzed. The observations were obtained from 2 geodetic VLBI networks that consists of 14 stations per network covering 6 continents during 15 days. Earth rotation parameters were estimated, using Vienna VLBI and Satellite software (VieVS) version 3.1, in subdaily (diurnal and semidiurnal) periods. Subdiurnal variations in Earth rotation caused by ocean tides were modeled as 71 tidal constituents based on the 2010 conventions of International Earth Rotation and Reference Systems Service (IERS). Time series of Earth rotation parameters estimated from VLBI observations and calculated from IERS model were compared in time and frequency domains. Moreover, estimated series were decomposed into tidal

constituents with complex demodulation and least squares parameter estimation methods and these tidal constituents were compared to those of IERS 2010 model. Effects of major tides which have dominant amplitudes at IERS 2010 model on retrograde and prograde polar motion were investigated.

**Keywords:** VLBI, high frequency earth rotation parameters, ocean tides, CONT17 campaign



## Marmara Sismik Boşluğunun Sismo-Jeodezik Yöntemlerle İzlenmesi

### *Seismo-Geodetic Monitoring of the Marmara Seismic Gap*

**Haluk Özener<sup>1</sup>, Fatih Bulut<sup>1</sup>, Aslı Doğru<sup>1</sup>, Bahadır Aktuğ<sup>2</sup>, Cenk Yaltırak<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>*Boğaziçi Üniversitesi, Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü, Jeodezi Anabilim Dalı, 34680 Çengelköy, İstanbul*

<sup>2</sup>*Ankara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, 06830 Gölbaşı, Ankara*

<sup>3</sup>*İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 34426 Ayazağa, İstanbul  
(ozener@boun.edu.tr)*

**Öz:** Deprem riskinin belirlenmesi yapısı gereği karmaşık ve çok disiplinli bir çalışma alanıdır. Bu kapsamda; farklı kaynaklardan elde edilen bulguların doğrulanması, birleştirilmesi ve analizi için güvenilir ve duyarlı veriler önemli fırsatlar sunmaktadır. Kuzey Anadolu Fayı'nın Marmara Denizi'ndeki segmenti 1766'dan beri 7'nin üzerinde büyüklükte bir deprem üretmemiştir. Segment, yıllık yaklaşık 20mm kayma oranı barındırmakta ve yakın gelecekte 7'nin üzerinde büyüklükte en az bir deprem üretme potansiyeline sahiptir. Bu kapsamda, bölge tarafımızdan gerçekleştirilen sismojeodezik çalışmalarla, örnekleme aralığı 100Hz sismometreler ve 1Hz GPS alıcıları ile izlenmektedir. Kurulan bu yapı geniş bir spektral bantı kapsamakta ve zamansal/mekansal çözünürlüğü yüksek, milisaniyelerden yıllara, milimetreden kilometreye kadar bir ölçekte hem hızlı hem de yavaş gelişen tektonik hareketlere duyarlılık sağlamaktadır. Böylece kaydedilen sismojeodezik veriler ile (1) fay boyunca kayma eksikliğindeki değişimler (2) fay segmentasyonu (3) kayma eksikliği ve sismisitenin ilişkisi (4) deprem öncesi sismojeodezik belirtiler (5) olası 7 ve üzeri büyüklüğündeki depremin kosismik yerdeğiştirmesi konularında önemli bulgular elde edilebilmektedir. Bu çalışma, Marmara Bölgesindeki sismojeodezik gözlemlerimizin ilksel sonuçlarını içermektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Sismojeodezi, Marmara, Kuzey Anadolu Fayı, kayma, kayma eksikliği, GPS

**Abstract:** The North Anatolian Fault Zone in the Sea of Marmara did not generate a  $M > 7.0$  earthquake since 1766. This fault section stores approximately 20 mm annual slip deficit and therefore is expected to accommodate at least one at most three  $M > 7.0$  in near future. In this study, we continuously monitor this critically strained fault section using seismo-geodetic stations that are equipped with 100Hz sampling seismographs and 1Hz sampling GPS recorders. This configuration allows covering a broad spectral band and is sensitive to both fast/slow tectonic motions at large/small temporal and spatial scale, from milliseconds to years, from centimeters to tens of kilometers. Therefore, recorded seismo-geodetic data will be used to identify (1) along-fault variation of the slip deficit, (2) fault segmentation, (3) interaction between slip-deficit and background seismicity, (4) pre-seismic seismo-geodetic symptoms and (5) co-seismic slip in case of  $M 7.0$  earthquake(s).

**Keywords:** Seismogeodesy, Marmara, North Anatolian Fault, slip, slip deficit, GPS



## Banaz Fayı'nın Güncel Tektonik Hareketlerinin GNSS Ölçüleri ile Belirlenmesi

### *Determination of the Current Tectonic Movements in the Banaz Fault With GNSS Observations*

**İbrahim Tiryakioğlu<sup>1,2</sup>, Mehmet Öztürk<sup>3</sup>, Mehmet Ali Uğur<sup>1</sup>,  
Çağlar Özkaymak<sup>2,4</sup>**

<sup>1</sup>Afyon Kocatepe Üniversitesi Mühendislik Fak. Afyon Harita Mühendisliği Bölümü, Afyon

<sup>2</sup>Afyon Kocatepe Üniversitesi Deprem Uygulama ve Araştırma Merkezi, Afyon

<sup>3</sup>Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Harita Mühendisliği A.B.D. Afyon

<sup>4</sup>Afyon Kocatepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Afyon

(itiryakioğlu@aku.edu.tr)

**Öz:** Batı Anadolu'nun en önemli sismik kaynaklarından birisi olan Akşehir-Simav Fay Sistemi (ASFS), batıda Sındırgı ile doğuda Akşehir arasında uzanan, toplamda yaklaşık 400 km uzunluğunda, KB-GD uzanımlı çok sayıda fay segmentlerinden oluşan Neotektonik bir yapıdır. Bu segmentlerden birisi olan Banaz Segmenti, 25 km uzunluğunda olup, ASFS'nin orta bölümünde, Banaz ile Simav arasındaki Comburt Vadisi boyunca topoğrafik olarak belirgin fay sarplıkları sunar. ASFS boyunca, aletsel dönem içerisinde yüzey kırığı oluşturan, Abide (1944, Ms:6,0), Demircili (1969, Ms, 6,0), Gediz (1970, Ms:7,2), Sultandağı (2000, Mw: 6,0), Çay (2002, 6,3 ve 6,0), Simav (2011, Mw:5,8) gibi çok sayıda yıkıcı deprem meydana gelmesine rağmen, Banaz Segmenti üzerinde 1887 yılından sonra herhangi bir yıkıcı deprem meydana gelmemiştir. 30 Eylül 1887 de meydana gelen deprem, Comburt Vadisi boyunca yüzey kırığı oluşturmuş olup, Banaz nahiye merkezi ile buraya bağlı köylerin tamamında, Uşak ve Gediz kazalarına bağlı köylerin ise bazılarında ağır hasara sebep olmuştur. Sismik olarak suskunluğunu sürdüren Banaz Fayı üzerinde daha önce fayın güncel tektonik hareketlerini izlemeye yönelik herhangi bir çalışma bulunmamaktadır. Bu bakımdan sistem üzerindeki diri segmentlerden birisi olan Banaz Fayı'nın aktif tektonik özelliklerinin belirlenebilmesi için fayın jeolojik ve jeodezik analizleri önem taşımaktadır.

Bu çalışmada Banaz Fayının geometrisine uygun 12 GNSS ölçü noktaları tesis edilmiştir. 2016-2017-2018 yılları arasında atlı aylık periyotlar halinde 4 kampanya 3 periyot ölçü yapılmıştır. Bu çalışma kapsamında elde edilen GNSS ölçmelerinden yararlanarak öncelikle bölgenin hız alanı hesaplanmıştır. Elde edilen hız vektörleri kullanılarak bölgedeki faylar üzerindeki gerilim ve gerinim miktarları ve yönleri tespit edilmiştir.

Bu çalışma, 115Y246 numaralı TÜBİTAK ve 16.KARİYER.177 numaralı AKÜ BAP Projeleri tarafından desteklenmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Banaz Fayı, GNSS, Akşehir Simav Fay Sistemi

**Abstract:** The Akşehir-Simav Fault System (ASFS), which is one of the most important seismic sources of Western Anatolia, is a neotectonic structure consisting of a number of fault segments that are in NW-SE trending and approximately the total of 400-km in length between Sındırgı in the west and Akşehir in the east. Banaz Segment, which is one of these segments, is 25-km in length and presents a topographic appearance of fault steepness along the Comburt Valley between Banaz and Simav in the middle part of ASFS. According to the instrumental period, no destructive earthquakes have occurred since after 1887 on the Banaz Segment although a number of destructive earthquakes, that created surface fractures, have occurred along ASFS; such as, Abide (1944, Ms: 6.0), Demircili (1969, Ms, 6.0), Gediz (1970, Ms: 7.2), Sultandagi (2000, Mw: 6.0), Cay (2002, 6.3 and 6.0), and Simav (2011, Mw: 5.8). The earthquake that occurred on September 30, 1887, created surface fractures along the Comburt Valley and caused heavy damages in all of the villages in Banaz district center and some of the villages in Usak and Gediz. There are no studies have been carried out to monitor the current tectonic movements of the Banaz Fault, which continues its seismic silence. In this respect, the geological and geodetic analysis of the fault is important in order to determine the active tectonic features of Banaz Fault, which is one of the living segments on the fault system.

In this study, 12 GNSS benchmarks were installed based on the geometry of the Banaz Fault. In the years of 2016, 2017 and 2017, 4 campaign (3 periods) surveys were carried out in six-month periods. Based on the GNSS measurements obtained within the scope of the project; firstly, the velocity fields of the region were calculated. Using the obtained velocity vectors, the amounts and directions of the strains on the faults located in the region were determined.

This research was financially supported by the Turkish Scientific and Technical Research Agency (TUBITAK, project number: 115Y246) and the Afyon Kocatepe University Research Foundation (project number: 18.KARİYER.177)

**Keywords:** Banaz Fault, GNSS, Akşehir Simav Fault System





## Kuzey Anadolu Fayı (KAF) İsmetpaşa ve Destek Segmentleri Boyunca Gözlenen Asismik Krip Hareketlerinin İzlenmesi

### *Monitoring the Aseismic Creep Movements in the İsmetpaşa and Destek Segments of the North Anatolian Fault (NAF)*

Mehmet Nurullah Alkan<sup>1</sup>, Hasan Hakan Yavaşoğlu<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Hitit Üniversitesi, Çorum

<sup>2</sup>İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul

(nurullahalkan@hitit.edu.tr)

**Öz:** Tektonik blokların milyonlarca yıldır birbirlerine göre olan rölatif hareketleri, blok sınırlarında fay zonlarının oluşmasına neden olmuştur. Bu bölgelerde, kayaların yapısından dolayı ortaya çıkan sürtünme kuvveti; blokların birbirlerine göre olan hareketini yavaşlatmakta ya da engellemektedir. Ancak bu kuvvet sadece belirli bir eşığe kadar blok hareketlerine karşı koyabilir; eşik aşıldığında ise deprem ortaya çıkmaktadır.

Faylar genel olarak sismojenik tabakanın tabanına kadar kilitli olmalarına rağmen, yeryüzünün bazı bölgelerinde yüzeyden de gözlenebilen hareketler oluşabilmektedir. Blokların deprem olmaksızın birbirlerine göre hareket etmesi “asismik krip” olarak tanımlanmaktadır ve Kuzey Anadolu Fayı’nın İsmetpaşa ve Destek bölgelerinde de raporlanmıştır.

Bu hareket, blokların ancak GPS, vb. tekniklerle tespit edilebilen uzun dönem hızlarına yakın/eşit ya da daha yavaş olarak ortaya çıkabilir. İlk durumda bölgede deprem görülmeyebilir ancak diğer durumda uzun vadede o bölgede bir deprem oluşumu engellenemez. Bu nedenlerle, bu doğa olayının yapısının anlaşılabilmesi sismik riske bağlı hasarların önlenmesi açısından önem taşımaktadır.

Bu çalışmada, KAF boyunca asismik krip raporlanan İsmetpaşa ve Destek segmentleri boyunca fayların jeolojik yapısını temsil edebilecek şekilde istasyonlar tesis edilmiş ve ölçme ağırları tasarlanmıştır. Bu istasyonlar 2014-2016 yılları arasında GPS ölçmeleri ile gözlenmiş ve bunlara ait dönemsel hızlar GAMIT/GLOBK yazılımı ile hesaplanmıştır. Bu yazılımın sonuçları ise TDEFNODE yazılımı değerlendirilmiş, buna bağlı olarak da asismik kripin oluşmasına neden olan fay düzlemi geometrisi ortaya konulmaya çalışılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Asismik krip, Destek, GPS, İsmetpaşa, Kuzey Anadolu Fayı.

**Abstract:** Relative movements of tectonic blocks with each other for millions of years yields the formation of fault zones at the block boundaries. In these regions, the friction force due to the structure of the rocks, prevents or decelerates these movements. However, this friction can resist these block movements to a certain threshold before an earthquake.

Although faults are generally locked up to the base of the seismogenic layer, some movements

can be observed from the surface in only specific regions on the earth. These movements without an earthquake is called “aseismic creep” and reported in the Ismetpasa and Destek segments of the North Anatolian Fault.

This movement may at occur near/equal or slower speeds regarding to the long-term block movements, which can only be observed by specific techniques, such as GPS. In the 1st case, an earthquake may not occur. But the in the 2nd case, an earthquake cannot be prevented in the long term at that region. For this reason, it is crucial to understand the nature of this natural phenomenon in order to prevent damage due to seismic risk.

In this study, networks were designed and stations were established to represent the geological structure of the NAF(Ismetpasa and Destek), where aseismic creep reported. These stations observed with GPS between 2014-2016 and velocity field calculated with GAMIT/GLOBK software. The results were then evaluated with TDEFNODE software, and the fault geometry which causes the aseismic creep were investigated.

**Keywords:** Aseismic creep, Destek, GPS, Ismetpasa, North Anatolian Fault



## Gediz Grabenindeki Tektonik Hareketlerin SBAS (Small Baseline) InSAR Yöntemi ile İncelenmesi

*Investigation of Tectonic Movements in Gediz Graben by SBAS (Small Baseline) InSAR Method*

**Fatih Poyraz, Kemal Özgür Hastaoğlu**

*Cumhuriyet Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği  
(fpoyraz@gmail.com)*

**Öz:** Gediz Grabenin tektonik hareketlerini incelemek için Envisat 336 (31 görüntü) ve 472 (20 görüntü) iz numaralı görüntülerinden faydalanılmıştır. Bu görüntülerin değerlendirilmesinde klasik PSInSAR tekniğinden farklı olarak tek bir birincil (master) görüntüden oluşan interferogramların dışında bir birleriyle bağlantılı düşük baz aralıklı bir çok çiftten oluşan görüntülerden faydalanılmıştır. SBAS (Small Baselines, kısa bazlı) InSAR yöntemi baz mesafeleri saçık veri setleri için uygun bir yöntemdir. SBAS-InSAR yönteminde interferogramların elde edilmesi klasik Ps-InSAR yöntemi ile benzerlik göstermektedir. Bu yöntemde tek bir mastır kullanılmamakta her bir görüntü baz mesafesine göre mastır olabilmektedir. Kısa bazlı görüntü çiftlerin kullanılması ile yüksek uyumlu (coherence) görüntüler elde edilebilmekte ve bu sayede yüksek duyarlılıklı sonuçlar elde edilmektedir. Bu çalışmada Gediz Grabenini kapsayan alanda Envisat 336 iz numaralı 15 ayrı görüntüden 53 adet interferogram, Envisat 472 iz numaralı 16 ayrı görüntüden 51 adet interferogram elde edilmiştir. Ayrıca bu çalışmada elde edilen interferogramlardan PS noktalarına ait LOS (Line of Sight- Uydu Bakış Yönü) hız değerleri belirlenerek Gediz Grabenindeki Tektonik hareketler ayrıntılı olarak ortaya konulmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** PS-InSAR, Gediz grabeni, SBAS

**Abstract:** Envisat 336 (31 images) and 472 (20 images) track number images were used to examine the tectonic movements of Gediz Graben. In contrast to the classical PSInSAR technique in the evaluation of these images, a multi-pair of low base spacing images were used, instead of interferograms consisting of a single primary image. SBAS (Small Baselines, short-based) InSAR is a convenient method for base distances with scaling data sets. In the SBAS-InSAR method, the acquisition of interferograms is similar to the classical Ps-InSAR method. In this method, not a single master is used, each image can be master according to the base distance. The use of short-based image pairs can yield highly coherent images, resulting in high-sensitivity results. In this study, 53 interferograms were obtained from 15 separate images with Envisat 336 trace number and 51 interferograms were obtained from 16 separate images with Envisat 472 trace number in the area covering Gediz Graben. In addition, the velocity values of LOS (Line of Sight) of the PS points from the interferograms obtained in this study were determined and the tectonic movements in Gediz Graben were determined in detail.

**Keywords:** PS-InSAR, Gediz graben, SBAS

**JEODEZİ / GEODESY**

Haluk ÖZENER - Bahadır AKTUĞ-İbrahim TİRYAKİOĞLU

---

**Poster/Posters**

---

**ÖZ/ABSTRACT**





## Anadolu'nun GPS ve Sismisite İle Elde Edilen Gerinim Oranı Haritası

### *Strain-Rate Map of Anatolia From GPS and Seismicity*

**Aslı Doğru<sup>1</sup>, Fatih Bulut<sup>1</sup>, Bahadır Aktuğ<sup>2</sup>, Soner Özdemir<sup>3</sup>, Haluk Özener<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Boğaziçi University, Kandilli Observatory and Earthquake Research Institute, Geodesy Department, 34680 Çengelköy, İstanbul

<sup>2</sup>Ankara University, Engineering Faculty, Department of Geophysical Engineering, 06830 Gölbaşı, Ankara

<sup>3</sup>General Directorate of Mapping, Geodesy Department, 06590 Cebeci, Ankara  
([asli.dogru@boun.edu.tr](mailto:asli.dogru@boun.edu.tr))

**Öz:** Deprem ve faylanma süreçlerini anlamak, Yer kabuğunun tektonik davranışını araştırmayı gerektirir. Bu çalışmada, Avrupa'nın sismik olarak en aktif bölgelerinden biri olan Anadolu'nun ana yapıları jeodezik ve sismik verilerle incelenmiştir. Bu bağlamda, üst kabuktaki fiziksel evreyi karakterize edebilmek için 2006-2016 yılları arasındaki GPS verileri ve sismisite birlikte değerlendirilmiştir. Hız alanı, ülke ölçeğinde 146 istasyonla sürekli gözlem yapan TUSAGA-Aktif GPS Ağı verileri ile elde edilmiştir. Sismik veriler, Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü'nden alınmıştır. Faylar ve tektonik süreçteki rollerini anlamak için grid tabanlı artık hız alanı üretilmiştir. Tüm bölge için sismisite verisi kullanılarak kayma dağılımı haritası elde edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** GPS, gerinim, jeodezi, sismisite, TUSAGA-Aktif, Anadolu

**Abstract:** Understanding earthquake and faulting processes requires investigating tectonic-related surface and sub-surface movements through the Earth's crust. In this context, we investigate geodetic and seismological data in Anatolia and surroundings, representing seismically the most active region of Europe. We combine GPS measurements and seismicity for the time period of 2006-2016 in order to characterize physical stage of the upper crust at different fault sections. Velocity field has been provided by CORS-TR (TUSAGA-Aktif) consisting of 146 permanent GPS stations monitoring the target region continuously. Earthquake catalogue has been provided by Kandilli Observatory and Earthquake Research Institute (KOERI) monitoring the target region at a magnitude detection threshold of 3.0 for the time period of our analysis. We produced grid-based distribution of residual velocity field in order to map major inter-plate faults/intra-plate tectonic regimes and their role in whole tectonic process. We also produced a map of seismicity-generated slip distribution along the entire target region.

**Keywords:** GPS, strain, geodesy, seismicity, TUSAGA-Aktif, Anatolia



**JEODİNAMİK / GEODYNAMICS**

Oğuz GÖĞÜŞ - Russell N. PYSKLYWEC - Claudio FACCENNA - Irina ARTEMIEVA  
Tuna EKEN

---

**Sözlü Sunumlar/*Oral Presentations***

---

**ÖZ/ABSTRACT**







## Lithosphere Structure in the European Region and Anatolia

Irina Artemieva

*Section for Geology, University of Copenhagen  
(iartemieva@gmail.com)*

**Abstract:** I present new results for the lithosphere thermal structure in the European region, including Turkey. The new method (Artemieva, 2018ab) allows for recovering the lithosphere thermal structure with a high lateral resolution and for testing the results by comparing the predicted and measured heat flux. Here I apply it to calculate the lithosphere thickness and to predict geothermal heat flux in Europe, Anatolia and the adjacent off-shore regions. The results demonstrate that the lithosphere thermal structure is controlled by both the geodynamic setting and the lithosphere age.

The lithosphere of the East European craton ranges in thickness from ca. 140-180 km in the paleorifts to 200-220 km on average with local lithosphere roots down to ca. 300 km depth and local thinning to <100 km in the Peri-Caspian Basin and the Mezen rift system. The craton to noncraton transition at depth roughly follows the geological boundary but with up to 200 km lateral deviations, which indicate reworking of the cratonic lithosphere along the craton edge.

Paleoproterozoic – early Paleozoic Gondwana massifs of western Europe are distinct in having cold and thick lithosphere, typically 120-180 km thick, up to 200 km thick in the London-Brabant Massif, and only ca. 100 km in the Iberian Massif. The European Cenozoic Rift System is marked by a thin (<80 km) and hot lithosphere that forms a linear belt from southern France to the North Sea. Lithosphere thinning to 50-60 km thickness beneath the Pannonian and Po basins may indicate the onset of oceanization.

Cenozoic orogens of western Europe have lithospheric roots down to ca. 200-250 km associated with subducting lithospheric slabs, while a 80 km thick lithosphere beneath the Vrancea zone is in agreement with slab delamination.

The lithosphere of Anatolia is highly heterogeneous with mosaic, short wavelength variations. The Pontides and the Lesser Caucasus have a 150-200 km thick lithosphere, while beneath the Taurides it is typically only 100-130 km thick, and further thins to 60-100 km in Central and Western Turkey, yet local lithosphere roots down to 100-150 km depth are present beneath the Sakarya Zone and the Menderes and Kirsehir Massifs.

The Arctic shelf of the Barents Sea has a thick cratonic lithosphere with a sharp transition from a 120-150 km thick lithosphere of the western Barents Sea to a 175-230 km thick lithosphere of the eastern Barents Sea. The block with a ca. 150 km thick lithosphere in the North Atlantic region between the Aegir paleo-spreading and Norway may represent a continental terrane within the oceanic domain. The upper mantle temperature beneath the Bay of Biscay and the Black Sea is similar to the cratonic and is anomalously cold down to a 200 km depth.

**Keywords:** Lithosphere, thermal structure, European Region, Anatolia



## Batı Türkiye ve Ege Denizinin Senozoyik Açılma Tektoniği: Ne Biliyoruz, Ne Bilmiyoruz?

*Cenozoic Extensional Tectonics in Western Turkey and the Aegean Region:  
What Do We Know, What We Do Not Know?*

**İbrahim Çemen**

*Dept. of Geological Sciences, The University of Alabama, Tuscaloosa, AL., 35406*

*(icemen@ua.edu)*

**Öz:** Batı Türkiye ve Ege Adalarının Senozoyik jeolojisi, açılma tektoniğinin bütün öğelerini içerir. Bu öğeler bölgede sıyrılmaya fayları, metamorfik çekirdek kompleksleri, gerilme kıvrımları, gerilmeli havzalar ve doğrultu atımlı faylar olarak gözlenmiştir. Bölgedeki Senozoyik gerilme tektoniği için aşağıdaki sonuçlar tamamen kabul edilmiş sayılabilir. Bu sonuçlar şunlardır: a) Senozoyik gerilme tektoniği muhtemelen geç Oligosen’de Vardar-İzmir-Ankara Alpin sutur zonunun oluşmasından sonra orojenik çökme ile oluşmağa başlamıştır, b) Hellenik dalma-batma zonu ile alakalı dalma-batma geri çekilmesi (subduction roll-back) erken Miyosen’den itibaren bölgedeki açılmada çok önemli rol oynamıştır, ve c) Güneybatı Anadolu’daki son senelerde sismik tomografi ile daha iyi anlaşılabilen levha yırtılması (slab-tear) bölgedeki açılma tektoniğini etkilemiştir.

Fakat, Batı Türkiye ve Ege Denizindeki gerilme tektoniğinin hala çok önemli ve cevabı çok az bilinen sorular vardır. Bu sorular şöyle özetlenebilir: a) Gerçek ve doğru gerilme miktarı ne kadardır, bu gerilme yüzde oran olarak nedir? b) Gerilme tektoniğinde doğrultu atımlı fayların rolü nedir? c) Sıyrılmaya fayları boyunca yüzeyleme tarihi nasıl gelişmiştir? d) Gerilme tektoniği öğelerinin orta ve alt kabuktaki geometrileri nasıldır ve jeolojik gelişmeleri nasıl olmuştur? e) Üst Manto ve Astenosfer’deki katı hal akışlarının güncel karakterleri ve yönleri nedir? f) Eğim atımlı ve doğrultu atımlı faylar ile alakalı gelişen sedimenter havzalar Senozoyik içinde nasıl gelişmiştir? g) Batı Türkiye ve Ege Denizi’nde sismik risk ne kadardır, Ege kıyılarımızda Tsunami tehlikesi var mıdır? ve h) Gerilmeli havzaların ekonomik önemi nedir? Bütün bu problemlerin daha iyi açıklanması sadece bilimsel olarak değil aynı zamanda toplumsal ve ekonomik yönden de önemlidir. Çünkü Batı Türkiye ve Ege Denizinde Mw>7.0 depremlerin olması mümkündür ve bu depremler Ege kıyılarımız için Tsunami tehlikesi yaratabilir. Ayrıca Batı Türkiye’deki ekonomik yeraltı kaynaklarının jeolojik evriminin iyi anlaşılması ve bu kaynakların miktarının ortaya çıkarılması ülkemiz ekonomisine büyük katkılar sağlayacaktır.

**Anahtar Kelimeler:** Batı Türkiye, Ege Denizi, açılma tektoniği

**Abstract:** The Cenozoic Geology of Western Turkey and the Aegean Region contain all of the elements of extensional tectonics. These elements are detachment surfaces, metamorphic core complexes, extensional folds, extensional basins, and strike-slip faults. It is now widely accepted that a) the Cenozoic extension was most likely initiated by orogenic collapse pro-

cesses in Late Oligocene that followed the formation of the Vardar-Izmir-Ankara suture zone of the Alpine Orogeny; b) subduction roll-back associated with the Hellenic subduction has become prominent cause of extension since Early Miocene and c) the slab-tear in southwestern Anatolia, which is recently imaged based on seismic tomography studies, has also effected extensional processes in region.

However, there are still many important questions of extensional tectonics in Western Turkey and the Aegean Region. These questions can summarized as follows: include a) determining the precise amount and percentage of cumulative extension; b) the role of strike-slip faulting in the extensional processes; c) determining exhumation history along detachment surfaces; d) geometry and geologic history of extensional features in the middle and lower crust; e) the nature of upper mantle and asthenospheric flow and their directions; f) geologic evolutions of sedimentary basins associated with dip-slip and strike-slip faults of the extended terrains; g) what is earthquake potential of Western Turkey and the Aegean Islands, is there a Tsunami risks along the Aegean coasts of Western Turkey; seismic hazards h) economic significance of extensional basins. A better understanding of these problems will not only important scientifically but also have societal and economic effects as the region is likely to produce earthquakes  $M_w > 7.0$ . These earthquakes may also produce Tsunami along the Aegean coasts of Western Turkey. Moreover, a better understanding of geologic evolution and amount of natural resources will provide enormous impact for Turkish economy.

**Keywords:** West Turkey, Aegean Sea, extensional tectonics



## Batı Anadolu'da Düşük Açılı Faylar Nasıl Gelişti?

### *What Caused The Development of Low Angle Detachment Faults in Western Anatolia?*

**Ömer Bodur<sup>1</sup>, Oğuz Hakan Göğüş<sup>1</sup>, Sascha Brune<sup>2</sup>, Hasan Sözbilir<sup>3</sup>,  
Anne Glerum<sup>2</sup>, Deniz Ural<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*Istanbul Teknik Üniversitesi, Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü, Jeodinamik Bölümü, İstanbul, Türkiye*

<sup>2</sup>*GFZ, German Research Centre for Geoscience, Germany*

<sup>3</sup>*Dokuz Eylül Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, İzmir, Türkiye  
(bodurum@itu.edu.tr)*

**Öz:** Batı Anadolu bölgesinde genişleme tektoniğinin etkisi ile düşük açılı sıyrılma fayı sistemleri ve bunlarla ilişkili metamorfik çekirdek kompleksleri görülmektedir. Özellikle Menderes Masifi'nde, büyük ölçekli yer değiştirmeleri barındıran birbirine simetrik olarak gelişmiş iki sıyrılma fayı (Gediz ve Büyük Menderes) yer almaktadır. Ayrıca, erken Miyosen'den bu yana genişlemenin ve magmatizmanın başlaması ile bağlantılı olarak çok sayıda genç yüksek açılı normal fay da görülmektedir. Standart fay teorisi bu fayların düşük açıda oluşmasına olanak sağlamaz, bu nedenle fayların oluşum mekanizması ve sismisiteleri hala tartışmalıdır. Bu çalışmada, litosferik ölçekte termo-mekanik modeller kullanılarak normal fay sistemlerinin gelişim mekanizmasını açıklanmaktadır. Çalışmamızda model genişliğimiz 500 km, derinliğimiz 165 km seçilmiş ve visko-plastik deformasyonu hesaplamak için sayısal sonlu elemanlar kodu olan ASPECT kullanılmıştır. Modellerin başlangıçtaki durumu, yaklaşık 20 milyon yıl önce Batı Anadolu ile uyumlu litosferik yapıyı yeniden üretecek şekilde tasarlanmıştır. Bu modelde, 25 km kalınlığında bir üst kabuk (ıslak kuvarsit), 25 km kalınlığında bir alt kabuk (ıslak anortit) ve 30 km kalınlığında bir manto litosferi (kuru olivin) oluşturulmuştur. Anahtar parametrelerin uygun bir aralıktaki etkisini araştırdığımız iki model takımı belirlenmiştir. Bunlar: (1) Modellerdeki açılma hızlarını  $V_{ext} = 1-4$  cm/yıl arasında, (2) Üst kabukta sürtünme katsayısı ( $f_c = 0,05$  ile  $0,8$  arasında) ve buna bağlı olarak da içsel sürtünme açısının  $\phi = 5$  ile  $40$  derece arasında değişen parametrelerden oluşturulmuştur. Modellerde bu iki parametrenin doğrudan fayların oluşum açılarını ve gelişimlerini kontrol ettiği görülmüştür. Ana faylar  $50-52^\circ$  ile oluşup, kabuğun açılmasına bağlı olarak gelişen izostatik dengede, açıları  $15-20^\circ$ 'ye kadar düşmektedir. Menderes Masifi'nin tektonik evrimine en uygun olarak, sürtünme katsayısının  $0,2$  ve açılma hızının  $V_{ext} = 3$  cm/yıl olduğu model referans model olarak seçilmiştir. Bu modelde, Menderes Masifi'ndeki sıyrılma faylarının bugünkü eğim açılarına ve simetrilere uyum sağladığı ve yükselen masifteki dom yapısı ile bu iki sıyrılma fayının birbirlerine  $100$  km uzaklıkları Batı Anadolu ile örtüştüğü görülmüştür. Referans model, Batı Anadolu için önerilen, kıvrım eksenleri açılma doğrultusuna dik olan metamorfik domlar ile ayrılan iki taraflı 'rolling hinge' mekanizmasını desteklemektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Batı Anadolu, jeodinamik modelleme, sıyrılma fayı

**Abstract:** Extensional tectonics in the western Anatolia-Aegean region feature exhumation of the metamorphic core complexes that is accommodated by low angle normal (detachment) fault systems. Specifically, the central Menderes massif contains two symmetrically developed outward facing (Gediz and Büyük Menderes) detachment faults, which accommodated large scale displacements. Additionally, there are many younger high-angle normal faults in conjunction with the initiation of extension and synextensional magmatism since the Early Miocene. The standard fault mechanical theory does not allow such orientations, the occurrence of these faults at low angle and the seismicity on them are still not well-understood. Here, we investigate the evolution of the normal fault systems on lithospheric scale using thermomechanical forward models. We employ the numerical finite element code ASPECT to compute the visco-plastic deformation within a model domain that is 500 km wide and 165 km deep. The initial condition of our model is designed to reproduce the first-order lithospheric structure at the onset of Western Anatolia extension approximately 20 million years ago and consists of an upper crust (25 km thick) with wet quartzite rheology, a lower crust (25 km thick) with wet anorthite rheology, and a mantle lithosphere (30 km thick) with dry olivine rheology. We conduct two model suits where we investigate the impact of key parameters within a plausible range: (1) we vary the extension velocities imposed on the margins of the model boundary from  $V_{\text{ext}} = 1-4$  cm/year full rate. (2) we vary the friction coefficient of the upper crust ( $f_c = 0.05$  to  $0.8$ ) corresponding to an internal friction angle of  $\phi = 5$  to  $40$ . Our models show that these two parameters directly control the initial dip angle and development of the normal faults. We find that major faults are formed initially at  $50-52^\circ$  dip but evolve towards shallower dipping angles,  $15-20^\circ$ , because of the isostatic adjustment due to thinning/exhumation of the crust. Basin ward migration of newer fault is formed in the hanging wall to accommodate strain. The tectonic evolution of the central Menderes region is best reproduced in our reference model with a friction coefficient of  $0.2$  and an extension rate of  $V_{\text{ext}} = 3$  cm/yr. Namely, this model agrees well with the detachment faults shallowing dip angles, outward facing faults and symmetry with respect to the central Menderes massif. In addition, the exhumed massif has a dome shaped structure and the distance to one another ( $100$  km) is comparable to those of Western Anatolia. We conclude that our reference model supports the two rolling-hinge detachment system separated by elongated metamorphic domes with fold axes perpendicular to the direction of extension.

**Keywords:** Detachment faults, geodynamical modelling, Western Anatolia



## Active Tectonics in Central and Northern Greece, Based on New Seismotectonic and Primary Geodetic Data

Ilias Lazos<sup>1</sup>, Spyros Pavlides<sup>1</sup>, Alexandros Chatzipetros<sup>1</sup>, Christos Pikridas<sup>2</sup>, Stylianos Bitharis<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Geology, School of Geology, Aristotle University, 541 24, Thessaloniki

<sup>2</sup>Department of Geodesy and Surveying, School of Rural and Surveying Engineering, Aristotle University, 541 24, Thessaloniki

(pavlides@geo.auth.gr)

**Abstract:** The broader area of central and northern Greece is deformed by various neotectonic and active faults, some of which are associated to destructive historical or instrumental earthquakes. Their strike is variable throughout the study area, while both extensional (central and northeastern part) and compressional (northwestern part) tectonic regimes contribute to the deformation. Aiming at a better, reliable and realistic contribution, towards the transition from active faults to seismogenic sources and to better understanding seismic hazard of the region, a new database of Active Faults (GreDaSS) has been used. The key-role of active faulting in the geodynamic setting of the broader Aegean region is examined.

In order to associate with as much precision as possible the tectonic setting with discrete active fault zones, an analysis based on geodetic data, has been applied. The geodetic data have been received from permanently installed GPS stations. The study area includes 58 permanent GPS stations of the NOANET and the HxGN/SmartNet-Greece networks, and the data used in this study are primary ones, collected during a 7-year period. Based on the calculated East and North velocity component of each GPS station and their error margins, the data were processed using a triangulation methodology. Taking into account the 58 GPS stations of the study area, the construction of 1,092 different triangles was performed. Then, the centroid of each triangle was determined, and the following parameters were calculated for each: 1) maximum horizontal extension, 2) total velocity, 3) maximum shear strain, 4) area strain and 5) rotation. Each parameter is assumed to be representative for the respective triangle. The calculated values were then interpolated into a grid pattern using a kriging method. Interpolated results show that low to medium values prevail, especially north of the inferred extension of the North Aegean Fault System, which plays a significant role in the geodynamics of the region separating the southern part of Greece with higher values of the same parameter, while slip rates are also higher, as well as recurrence intervals of large earthquakes. This confirms the geological and seismological data suggesting that the region is divided into two parts of different geodynamic and seismic behaviour.

**Keywords:** Active tectonics, geodynamics, geodesy, GPS, triangulation methodology, North Aegean



## From Mantle Dynamics to Continental Rifting and Basin Subsidence

**Hans Thybo**

*Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü, İstanbul Teknik Üniversitesi*

*Geologically Applied Geophysics at the University of Copenhagen, Denmark*

*(h.thybo@gmail.com)*

**Abstract:** The evolution of Earth's topography is ultimately driven by plate tectonics and mantle dynamics, and understanding of these processes requires knowledge of deep Earth structure. The memory of past processes is kept in the sedimentary record and topographic evolution, as well as in physical properties and heterogeneity of the crystalline crust and upper mantle. Therefore, to understand topographic evolution, including the evolution of sedimentary basins and passive margins, we need to know the properties of the lithosphere and the underlying mantle. Laboratory experiments show that the different physical properties of rocks are interlinked, and often not with a unique or linear relation. Because different geophysical techniques are sensitive to different types of physical rock parameters, we apply multi-technique studies, including application of a variety of remote sensing geophysical and numerical modelling methods.

Sedimentary basins can form in all types of plate boundaries and the plate interiors, and they are affected by processes in the whole lithosphere plate and by mantle dynamic processes. Rifting is a major process involved in the formation of sedimentary basins. Traditionally this process has been understood in terms of either active or passive processes, i.e. as the result of mantle dynamics or plate tectonics. Today we know that reality is an interplay between the two and, depending on this interplay, the evolution of continental rifts takes different evolutionary paths: Into ocean opening and formation of continental shelves or into rift failure with formation of intracontinental basins.

The most common model for basin evolution is the McKenzie stretching model, which relies on the beta-factor that determines the stretching and thermal history of the rift zone, and thereby its hydrocarbon potential. However, recent research has shown that this parameter is often underestimated, e.g. at the Baikal and Dniepr-Donetsk rift zones. One should further keep in mind, that stretching-related basin evolution also depends on pre-existing structure. Our analysis of depositional systems around the North Atlantic margins has further been applied to determination of the uplift and erosional history of the surrounding onshore areas.

Other basin types include intracratonic basins, which often are understood in terms of mantle dynamics, but our recent research indicates that metamorphic processes may play a major role for the subsidence, e.g. in the West Siberian Basin. Even compression within continents may potentially create wide, deep basins by lithospheric buckling, e.g. the North German Basin. Also back-arc basins in subduction systems may be major basin forming regions, but their role is presently not well understood.

I will show examples from the structure and evolution of rift zones and wide continental sedimentary basins, and also discuss some new findings regarding the origin of intra-continental basins.

**Keywords:** Mantle dynamics, continental rifting, basin subsidence





## Hareketli Kratonlar, Bindirme Tektoniği ve TTG'lerin Oluşumu

*Mobile Cratons, Imbrication Tectonics and Formation of TTGs*

Uğurcan Çetiner<sup>1</sup>, Oğuz Göğüş<sup>1</sup>, Antoine Rozel<sup>2</sup>, Carl Guilmette<sup>3</sup>,  
Jean H. Bédard<sup>4</sup>, Lyal Harris<sup>5</sup>

<sup>1</sup>*İstanbul Teknik Üniversitesi, Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü*

<sup>2</sup>*ETH Zurich, Department of Earth Sciences*

<sup>3</sup>*Université Laval, Geology and Geological Engineering Department*

<sup>4</sup>*Geological Survey of Canada, Natural Resources Canada*

<sup>5</sup>*INRS, Centre Eau Terre Environnement*

(*^cetineru@itu.edu.tr*)

**Öz:** Arkeen dönemi kratonik litosferinin ve TTG (Tonalit-Tronjemit-Granodiyorit) kayalarının oluşumu, o dönemdeki tektonik rejim iyi bilinmediğinden net olarak anlaşılamamıştır. Bu çalışmada test ettiğimiz levha tektoniği olmayan dünya teorisi; (i) duraysız, tek plakalı bir dünyada, manto yükselmeleri dolayısıyla açığa çıkan yoğun magmatizmanın kratonik çekirdekleri oluşturması ve (ii) çoğunluğu okyanusal kabuktan oluşan okyanusal litosferin, manto akışları tarafından tetiklenmiş hareketi sonucu bindirme ve anaergimesiyle kratonik kökleri kalınlaştırıp güçlendirmesi üzerinde durmaktadır.

2-boyutlu jeodinamik modeller kullanarak, konveksiyon halindeki manto ve kratonik kökler arasındaki diferansiyel hareketin, kratonu hareket ettirerek akresyonel bir orojen oluşturup oluşturamayacağı incelenmiştir. Çalışmada kullanılan StagYY konveksiyon kodu ile, model içerisine yerleştirilmiş bir kratonun okyanusal kabuğu itirmesi sonucu istikrarlı bir birikim ve yığılma hareketinin modellenmesi amaçlanmıştır. Kullanılan referans manto viskozitesi değerine bağlı olarak; kraton kenarlarında deformasyon gözlenebildiği gibi ( $10^{20}$  Pa s), yüksek viskozitelerde ( $10^{21}$  Pa s), manto kuvvetlerinin okyanusal kabuğu biriktirip, yığılmasına sebep olduğu gözlemlenmiştir. 40-60 km derinliklere gelindiğinde, bazaltik okyanusal kabuk eklojitleşme geçirmektedir. Daha yoğun olan bu kısımlar, koparak okyanusal kabuk üzerinde bölgesel incelemelere sebebiyet vermektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Arkeen, kraton, sayısal modelleme, TTG

**Abstract:** The formation Archaean cratonic lithosphere and TTG (Tonalite-Trondjemite-Granodiorite) suites is not well understood, in part because the style of global tectonics active at that time is uncertain. The non-plate tectonic hypothesis for formation and evolution of continents we test in this study involves (i) intense magmatism above mantle upwellings in an unstable, single plate regime to form cratonic nuclei and (ii) imbrication and anatexis of crust-dominated oceanic lithosphere at convergent margins driven by mantle flow, with build-up and thickening of cratonic keels by collisions.

We use 2D numerical geodynamic models to investigate whether differential motion between the convecting mantle and cratonic keels can induce horizontal motion of a craton to form an accretionary orogen. Using the convection code StagYY (featuring melting and crustal production), we attempt to model a self-consistent subcretion/imbrication of oceanic crust pushed by a pre-imposed craton. Depending on the reference viscosity of the mantle we use, cratonic lithosphere can experience deformation on the margins ( $10^{20}$  Pa s) or alternatively, with higher viscosity ( $10^{21}$  Pa s) mantle forcing helps imbricate and subcrete oceanic crust into the mantle as the continent advances. At 40-60 km depth, basaltic oceanic crust undergoes a phase transition, which corresponds to its eclogitization. These denser portions of the crust start to peel away, which leads to localized thinning of the oceanic crust on the offshore parts.

**Keywords:** Archaean, craton, numerical modeling, TTG



## Eriyik Üretimi ve Manto Damlama Mekanizması Çeşitleri

### *Melt Production And Types In Mantle Drip Mechanism*

**Barış Şen<sup>1</sup>, Oğuz Göğüş<sup>1</sup>, Kosuke Ueda<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye*

<sup>2</sup>*Yer Bilimleri Bölümü, ETH Zurich, Zürich, İsviçre (kosuke.ueda@erdw.ethz.ch)*

*(senmeh@itu.edu.tr)*

**Öz:** Kıtasal litosferin yitmesi/ortaya çıkması, yeryüzünde ve diğer gezegenlerde potansiyel olarak litosfer altı / astenosferik mantodan (örneğin mafik magmatizma) türetilmiş değişen eriyik hacmini açıklamak için ileri sürülmüştür. OIB-tipi (Ocean Island Basalts, yitim ile ilgili olmayan) volkaniklerin dağılımına dayanarak, Puna-Altiplano platosunun (merkezi And arka yayı) altında meydana gelmesi için delaminasyon veya konvektif litosferik yitim mekanizmalarının ortaya çıktığı öne sürülmüştür. Son zamanlarda, piroksenit ve peridotit eriyikleri, Puna bölgesi altındaki manto damlama magmatizması ile ilgili olarak erime miktarını ve sıcaklık değerlerini tahmin etmek için kullanılmıştır. Jeolojik-petrolojik yorumlar, sismik tomografi görüntüleri ile uyumlu olarak, litosferik yitim/ damlama / delaminasyon hareketleri üzerine tahminde bulunmuşlardır (çeşidi konusunda kesinlik yoktur). Bu çalışmada magma / eriyik tiplerini ve miktarlarını manto damlama / konvektif litosferik yitimi petrolojik-termomekanik nümerik modellerini kullanarak inceliyoruz. Deneylerde, modellerde kuru ve yaş (sulu) eriyik üretimini hesaplıyoruz. Kuru (düşük basınç) erime, kabuk altında göç eden litosferik damlanmanın çıkarılmasından sonra mafik magmatizmanın bir yaklaşımıdır, oysa, sulu erime, damlayan viskoz litosferin kısırılmasıyla üretilen, uçucu hale getirilmiş eriyiğe bir yaklaşımdır.

Delaminasyonla ve konvektif litosferik yitimi ile ilgili iki dizi deney yapıyoruz. Bu serideki erime sıcaklığı artışını ve eriyik üretimini, Puna platosundaki kısa zaman çizelgesi sinyalleriyle karşılaştırmak için inceliyoruz. Modellerin birincisi, küçük çaplı (50 km çapındaki) ve ikinci model setlerde, konvektif litosferik yitimden dolayı daha büyük miktarlarda eriyik üretimini dikkate alıyor. Erime sıcaklığının, Puna platosu için önerilen nispeten kısa zaman dilimi (1 - 2 myrs) üzerinde artış arttığını görmek için sonuçlarımızı özellikle karşılaştırıyoruz.

**Anahtar Kelimeler:** Kıtasal kabuk yitimi, damlama mekanizması, kısmi ergime

**Abstract:** The removal/foundering of the continental lithosphere has been put forward to explain varying volumes of melt production derived from sublithospheric/asthenospheric mantle (e.g mafic magmatism) on Earth, and potentially on other planets. Based on the distribution of OIB-type (Ocean Island Basalts, non subduction related) volcanics, delamination or convective removal mechanisms have been suggested to occur below the Puna-Altiplano plateau (central Andes back-arc). Recently, pyroxenite and peridotite melts, were used to approximate the amount of melting and the temperature constraints in relation to the mantle drip magmatism under the Puna region. In accord with geological-petrological interpretations, seismic tomography images, are in favour of lithospheric removal/drip/delamination (although

the style is not agreed upon). In this work, we explore magma/melt types and amounts by using petrological-thermomechanical numerical models of mantle drip/convective removal. In the experiments we calculate the volumetric melt production of dry and wet (hydrous) melting in the models. The dry (decompression) melting is an approximation of the mafic magmatism following the removal of the lithospheric drip migrating under the crust, whereas the hydrous melting is an approximation to the devolatilized melt produced by pinching off of the dripping viscous lithosphere.

We conduct two series of experiments, with delamination, and with convective removal. We analyze melting temperature increase and melt production in these series, to compare with the short timescale signals from the Puna plateau. Our first of models use the small-scale removal (50 km diameter) and second set of models consider larger volumes of melt production due to the convective removal. We specifically compare our results to see if the melting temperature increase over relatively short timescale (1 - 2 myrs) as suggested for the Puna plateau.

**Keywords:** Continental removal, drip mechanism, partial melt



## Dikey Manto Hareketleri İle Oluşan Corona'ların İncelenmesi

### *Exploring the Coronae Formation of Venus by Mantle Upwellings and Downwellings*

Açelya Ballı<sup>1</sup>, Oğuz Göğüş<sup>1</sup>, A.M. Celal Şengör<sup>1</sup>, Paul Byrne<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*İstanbul Teknik Üniversitesi, Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü, Jeodinamik*

<sup>2</sup>*North Caroline State University, Marine, Earth, and Atmospheric Sciences, Planetary Sciences*

*(acelyaballi@gmail.com)*

**Öz:** Venüs, Dünyada hakim olan plaka hareketine kıyasla tek plakalı bir gezegendir. Bu nedenle Venüs'te gerçekleşen tektonik ve magmatik proseslerin çoğu dikey kuvvetler nedeni ile oluşmaktadır. Yüksek yüzey sıcaklığı (470°C), düşük su içeriği (1-100 ppm) ve yüksek atmosferik basıncı (9,3 MPa) sonucu Venüs yüzeyinde çeşitli jeolojik yapılar (Coronae, Nova, Arachnoid) oluşmaktadır. Coronae genellikle manto sorguçlarının üstünde, büyük açılma bölgelerinde ve az kırıklıklı düzlüklerde oluşmaktadır. Simetrierine göre ikiye ayrılan tip-1 ve tip-2 coronae oluşumları yeteri kadar iyi anlaşılmamıştır.

Litosferik ölçekteki alçalma-yükselme hareketleri ve buna bağlı oluşan dinamik topografyanın corona oluşum sekansı üzerindeki etkileri, jeodinamik modelleme kullanılarak incelenmiştir. Gravitasyonel dengesizliği başlatmak için eklojitik/yoğun malzeme (50 km x 200 km) alt kabuğa eklenmiştir. Modellerde kabuk ve litosfer reolojisi ve yoğunlukları değiştirilmiştir. Model sonuçlarında üç farklı reolojik litosfer davranışı belirlenmiştir: (i) stabil, (ii) manto litosferinin dahil olduğu ve (iii) eklojitik malzemenin manto litosferini delip geçtiği. Topografik olarak sınıflandırılan coronae tipleri ile model sonuçlarımızdaki topografyalarda benzerlikler elde edilmiştir. Gelecek çalışmalarında zayıf alt kabuğa sahip asimetric coronae oluşumları incelenecektir.

**Anahtar Kelimeler:** Corona, dikey manto prosesleri, gezegen jeolojisi, sayısal modelleme

**Abstract:** Venus differs from the Earth with its single plate geodynamic regime compared with the subduction dominated Earth's plate tectonics. Therefore, the tectonic-magmatic processes in Venus are controlled by vertical forcing. Upwelling and downwelling processes cause various geological structures (Coronae, Nova, Arachnoid) due to the high surface temperature, low water content and high atmospheric pressure on Venus. More specifically, Coronae are formed on hotspots, around major rift zones and isolated fractures in plains throughout the Venus. Nevertheless, it is not well understood how Type-1 (symmetric) and Type-2 (asymmetric) coronae are formed in relation to mantle dynamics.

We use numerical geodynamic experiments to investigate the effects of lithospheric downwellings-upwellings as well as related dynamic topography on the corona formation sequence. To initiate the instability, we insert an eclogitic/dense body (50 km x 200 km) on the lower

crust. In the models, varying crustal and lithospheric rheologies, and densities are tested as a parameterized work. Our model results yielded three different rheological lithospheric behaviors; (i) stable (no instability), (ii) mantle lithosphere involved instabilities and (iii) pierce through of the dense body in the mantle lithospheric domain. Overall, our topography results are consistent with the coronae types that are classified by their topographic shapes. Future studies will try to explain the existence of the asymmetrically shaped coronae, in the presence of a rheologically weak lower crust, which is proposed to be the reason of decoupling process.

**Keywords:** Corona, numerical modeling, planetary geology, vertical mantle processes



## Ege-Batı Anadolu, Panoniyen ve Alboran (Akdeniz tipi) Yay-Ardı Rift Havzaları Nasıl Gelişti? Jeodinamik Modellerin Gözlemsel Verilerle Karşılaştırılması

*How did the Aegean-West Anatolia, Pannonian, and the Alboran Back-Arc Rifts Basins Form? Reconciling Model Predictions Against Observations*

**Oğuz Hakan Göğüş**

*Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü, İstanbul Teknik Üniversitesi  
(goguso@itu.edu.tr)*

**Öz:** Akdeniz'in son 30 milyon yıldaki jeodinamik evrimi geriye doğru çekilen yitim zonlarının (retreating subduction zones) meydana getirdiği kuvvet etkisinde; yaygın volkanizma (genelde kalk-alkaliden-alkalen'e geçiş gösteren), en az iki kat incelen/genişleyen taşküre/litosfer ( $\beta > 2$ ) ve yine en az 2 km tortul kalınlığına varan rift havzalarıyla temsil edilir. Doğu'dan batıya doğru, Ege-Batı Anadolu, Panoniyen, ve Alboran yay-ardı rift havzalarında sözü geçen jeodinamik evrimin ve jeolojik süreçlerin benzerlikleri dikkat çekmektedir. Ayrıca, jeolojik veriler bu rift havzalarının gelişiminden daha önce (40 Ma) taşkürenin sıkıştığına ve kıtasal çarpışma alanlarının (kenet/sütür zonlarının) var olduğuna işaret etmektedir. Bu çalışmada "Akdeniz tipi" rift havzalarının gelişimi üzerine yapılan jeodinamik modelleme çalışmaları sunulmaktadır. Bir dizi sayısal/jeodinamik modeller, yay-ardı rift sistemlerinin, (en az 2 km'lik tortullaşma, 2 kat incelen taşkürenin) gelişebilmesi için, okyanusal yitimin geriye çekilmesinin (retreating subduction and slab pull force) yeterli kuvvet oluşturamayacağına işaret etmektedir. Hesaplamalara/modellere göre, eğer yay-ardı litosferi daha önce parçalanmazsa, havzalarda çökme 1 km'yi geçmemekte ve kabuk kalınlığı ise 10 km'den daha fazla incelmektedir. Akdenizdeki rift havzaları için gözlemsel verilere en iyi yaklaşımda bulunan deney setleri, yay-ardında daha önce var olan kenet zonları boyunca litosfer sıkışıp/kalınlaşıp, duraysız hale gelmiş olabileceğini, yani litosfer parçalanmasının rift zonları oluşturmasında gerekli olduğunu ortaya koyan modellerdir. Litosferin parçalanması, sıcak astenosferin (mantodaki konveksiyon etkisiyle) kabuğun altına yerleşip, yumuşatarak girmesi ve bunun sonucunda rift sistemlerinin ( $\beta > 2$ ) gelişimini meydana getirmesine sebebiyet vermiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Ege, Batı Anadolu, Akdeniz, rift havzaları, jeodinamik, modelleme, manto, ısı

**Abstract:** The geodynamic evolution of the Mediterranean region in conjunction with retreating slab subduction and associated slab pull forces since 30 Ma is illustrated by the formation of rift basins in which magmatism, (progressively alternating from calc-alkaline to alkaline melt chemistry) stretching of the lithosphere by factor of 2 ( $\beta > 2$ ), and the subsidence/deposition of the sediments exceeding the thickness of 2 km. The classical examples for these basins which share such common geological features (from east to west) include; the Aegean-Western Anatolia, Panonian, and the Alboran basins. Furthermore, inferred by the geologi-

cal inferences the alleged continental collision occurred along these back-arc rifts before their development. Namely, a common view is agreed upon that the lithospheres of the current rifts were subjected to shortening/thickening during the orogenesis and the tectonic regime further changed to extension. Such post-orogenic collapse mechanism concentrated along the high Gravitational Potential energy of the crust has been attributed to the tectonic mode switching. Here in this work, I use numerical experiments to show lithospheric removal (in the form of delamination or convective instabilities) may be necessary develop in order to explain the magmatism, rift development and the subsidence of the basins (more than 2 km) in the Mediterranean region since 30 Ma. Overall, models predict that the anomalously thinned lithosphere and the resulting rift basins ( $\beta > 2$ ) may have potentially developed by combination of the; 1) flow of hot asthenospheric mantle softening the crust (after the post-orogenic thinning) and the mechanical stretching induced by the retreating slab. Otherwise, retreating subduction models without preexisting thermal and lithospheric heterogeneties do not render rift formations.

**Keywords:** Aegean, Western Anatolia, Mediterranean, rift basins, geodynamics, modeling, mantle, temperature





**JEOFİZİK YÖNTEMLER VE JEOLJİK UYGULAMALARI**

***GEOPHYSICAL METHODS AND THEIR APPLICATIONS TO GEOLOGICAL PROBLEMS***

Hans THYBO - Hayrullah KARABULUT - Argun KOCAOĞLU - Neslihan OCAKOĞLU

GÖKAŞAN - Turgay İŞSEVEN - Emin ULUGERGERLİ- Ebru ŞENGÜL ULUOCAK

---

***Sözlü Sunumlar/Oral Presentations***

***ÖZ/ABSTRACT***





## İznik Gölü'ndeki Tektonik Yapının Manyetik Anomaliler ile Ön Değerlendirmesi

### *Preliminary Assesment of Tectonic Structures in İznik Lake with Magnetic Anomalies*

Gülten Aktaş<sup>1</sup>, Z. Mümtaz Hisarlı<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Gümüşhane Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi Jeofizik Mühendisliği Bölümü, Gümüşhane

<sup>2</sup>İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Mühendislik Fakültesi Jeofizik Mühendisliği Bölümü, Avcılar, İstanbul

(gultenaktas@gumushane.edu.tr)

**Öz:** Yerkürenin manyetik alanında ortaya çıkan ve tabandaki kayaların manyetik özelliklerinden kaynaklanan anomalilere bağlı olarak yer altı yapısının incelenebilmesi için manyetik anomaliler oldukça önemlidir. Bu çalışmada, Kuzey Anadolu Fayı güney kolu denetiminde yer alan İznik Gölü'nde yüksek hassasiyetli Geometrics G-858 Sezyum manyetometresi kullanılarak 30 profil K-G/ G-K, 4 profil D-B / B-D profillerden 1 saniyelik aralıklarla olarak alınan manyetik ölçümlerin sonuçları sunulacaktır. İznik Gölü'nün yüksek hassasiyette toplam manyetik anomali haritasını elde etmek için ilk aşamada yer altı kaynaklı gürültüler çıkarılmış, manyetik alanda meydana gelen günlük değişim düzeltmesi uygulanmış, yönlü olarak alınan profillere yön düzeltmeleri yapılmıştır. Toplam manyetik alan haritası Geosoft Oasis Montaj programı kullanılarak "minimum curvature" gridleme yöntemi ile oluşturulmuştur. İlk veri-işlem değerlendirme sonuçlarına göre manyetik veriler incelendiğinde, İznik Gölü'nün kuzey kesiminde KB-GD doğrultulu belirgin bir manyetik anomali gözlemlenmektedir. Bu anomalilerin, Orhangazi fayının varlığı ile ilişkili olduğu düşünülmüştür. Gölün güney kesiminde ise Kuzey Anadolu Fayının güney kolunun göl içindeki varlığından kaynaklanan manyetik anomaliler gözlemlenmiştir. Elde edilen sonuçlar sadece ön araştırma bulguları olup, bu manyetik veriler jeoloji ve diğer jeofizik yöntemlerden elde edilen diğer veriler ile birlikte değerlendirilerek bölgenin tektonik evrimi ayrıntılı olarak ortaya çıkarılacaktır.

**Anahtar Kelimeler:** İznik Gölü, Kuzey Anadolu Fay Sistemi, manyetik, tektonik

**Abstract:** Magnetic anomalies observed in the magnetic field of the Earth are very important for the investigation of the subsurface structure since these anomalies arise from the variation of magnetic properties of the rocks at depth. In this study, we present the results of the magnetic measurements taken in İznik Lake which is under the control of the southern branch of the North North Anatolian Fault. The measurements are taken at 1-second intervals along 30 profiles in N-S / S-N directions, and 4 profiles in E-W / W-E directions using the high precision Geometrics G-858 Cesium magnetometer. In order to obtain a high resolution magnetic anomaly map of İznik Lake, first, subsurface noise is removed, then data were corrected for

the diurnal variations in the magnetic field and heading corrections have been made to the directional profiles. The total magnetic field map are created by Geosoft Oasis Montaj program using the“minimum curvature” grid method. When the magnetic data is analyzed based on the preliminary data processing results, a prominent magnetic anomaly in NW-SE direction is observed in the northern part of the İznik Lake. The possible sources of this anomaly could be related to the presence of the Orhangazi Fault. The southern branch of the North Anatolian Fault passes through the southern part of the lake and magnetic anomalies observed in this area is interpreted to be caused by the presence of this fault. The results obtained are only preliminary and high-resolution magnetic data will be interpreted together with geological as well as other geophysical data to reveal the tectonic evolution of the region in detail.

**Keywords:** Lake İznik, North Anatolian Fault System, magnetic, tectonic



## Manisa Köprübaşı Demirköprü Barajı Kuzeydoğu Bölgesi Manyetik Haritasının Yorumlanması ve Sınır Saptama Yöntemiyle Olası Fayların Belirlenmesi

*Manisa Köprübaşı Demirköprü Dam Northeast Region Magnetic Map Interpretation and Determination of Possible Faults with Boundary Method*

**Fethi Ahmet Yüksel<sup>1</sup>, Hazel Deniz Toktay<sup>1</sup>, Davut Aydoğan<sup>1</sup>**

*<sup>1</sup>İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Mühendislik Fakültesi, Jeofizik Müh. Böl. Avcılar, İstanbul*

*(fethiahmety@gmail.com)*

**Öz:** Köprübaşı İlçesi Manisa İl merkezinin 120 km doğusunda yer alır. Köprübaşı'nın güneydoğusunda Demirköprü Baraj Gölü yer almaktadır. İlçenin Selviler, Saraycık, Gökveliler ve Armağan Mahalleleri çalışma alanı içinde yer almaktadır. Araştırma sahasının ortasından KD-GB doğrultuda Demirci Çayı bir vadi içinden akmaktadır. Bölge topoğrafik olarak çok engebeli bir morfolojiye sahiptir. Bölgesel tektonik yapı bölgenin drenaj ağını denetlemektedir. Bölgede KD-GB çizgisellikler hakimdir. Bu çizgisellikler DB grabenleri sıralayan tektonik hatlardan farklıdır. Sahanın akarsu rejimi ve topoğrafyasının çizgiselliklerle ilişkisinin belirlenmesi için, bölgenin toplam manyetik alan haritası analiz edilmiştir.

Araştırma alanında kuzeydoğu-güneybatı yönelimli tektonik çizgisellikler hakimdir. Bölgede kuzeydoğu-güneybatı gidişli grabenler bulunmaktadır. Bölge jeotermal potansiyele sahiptir. Demirköprü Baraj Gölünün kuzey ve kuzeydoğu kesiminde, 100 km<sup>2</sup> alanda, proton manyetometresi kullanılarak, 500x250 m kareli köşelerinde toplam 1500 noktada yer manyetik alanının toplam bileşeni ölçülmüştür. Oluşturulan total manyetik anomali haritasına yatay sınırların saptanması amacıyla Eğim Açısı (Tilt Angle) ve Otomatik Kazanç Kontrolü (Automatic Gain Control) algoritmaları kullanılmıştır. Yatay sınırların saptanması yöntemiyle yüzeyde görülmeyen yeni KD-GB, KB-GD doğrultulu çizgisellikler belirlenerek haritalanmıştır. Genelde az eğimli, fakat dik fay düzlemlili düşey atımlı çizgiselliklerdir. Bu çizgiselliklerin üzerinde ve yakın çevresinde makro ve mikro depremler oluşmaktadır. Ayrıca bölgedeki mevcut jeotermal alanlar da bu çizgiselliklerle uyumludur.

**Anahtar Kelimeler:** Eğim açısı, jeotermal, kenar saptama, Manisa-Köprübaşı, ootomatik kazanç kontrolü, toplam manyetik alan.

**Abstract:** Köprübaşı District is located 120 km east of Manisa Province. Demirköprü Dam Lake is located in the southeast of Köprübaşı. Selviler, Saraycık, Gökveliler and Armağan districts are located within the study area. Demirci Stream flows through a valley in the NE-SW direction from the middle of the research area. The region has rugged terrain morphology. Regional tectonic structure controls the drainage network of the region. The NE-SW line is dominated in the region. These lineaments are different from the tectonic lines which sort the

DB grabens. In order to determine the relationship of the river flow regime and topography with the linearities, the total magnetic field map of the region was analyzed.

In the research area, tectonic lineaments with northeast-southwest orientation are dominant. There are grabens in the northeast-southwest direction in the region. The region has geothermal potential. In the northern and northeastern part of the Demirköprü Dam Lake, the total component of the magnetic field was measured at a total of 1500 points at 500x250 m squares by using proton magnetometry at 100 km<sup>2</sup> area. The tilt angle and automatic gain control algorithms were used to determine the horizontal boundaries of the total magnetic anomaly map. The new NE-SW, NW-SE oriented linearities were identified and mapped in order to determine the horizontal boundaries. They are generally low slope, but they have vertical fault linearity. Macro and micro earthquakes occur in and near this linements. In addition, the geothermal areas in the region are compatible with these lineaments.

**Keywords:** Automatic gain control, edge detection, geothermal, Manisa-Köprübaşı, tilt angle, total magnetic field.



## Komut Dizisine Dayalı Sınır Analizi Paket Programı: GravEdgeR

### Command Sequence Based Boundary Analysis Toolbox: GravEdgeR

Nedim Gökhan Aydın<sup>1</sup>, Turgay İşseven<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye*

(aydinn@itu.edu.tr)

**Öz:** Sınır analizi teknikleri yerbilimlerinde gravite ve manyetik gibi potansiyel alan verilerindeki anomalilerin kaynağı olan süreksizliklerin sınırlarını yakalamak için kullanılmaktadır. Bu süreksizlikler gömülü bir kütle için çevre sınırlarını gösterebileceği gibi faylanma ya da sokulum gibi yapıların da konumları ile ilgili bilgi verirler. Sınır analizi tekniklerinin büyük çoğunluğu anomalilerin yatay ve düşey türevlerinin hesaplanmasına dayanmakta olup, birinci ve ikinci türevler sınır kestirimi için doğrudan bilgi verir. Toplam Yatay Türev (TYT), Tilt (Eğim) Açısı (TA), Analitik Sinyal (AS) ve Theta Map (TM) yaygın olarak kullanılan tekniklerdendir. Blakely-Simpson tekniği ise türev hesaplamadan doğrudan anomali üzerinde gezdirilen bir işlem hücresi kullanılarak hesaplanabilen bir sınır analizi tekniğidir. Alışıl gelmiş sınır analizi teknikleri dışında, günümüzde görüntü işlemek için kullanılan bir takım teknikler de özellikle yüksek çözünürlüğe sahip verilerde sınır analizi görevi görmekte olup, potansiyel verilere uygulanması halinde yorumlanabilir sonuçlar vermekte olduğu görülmüştür.

Sınır analizi teknikleri farklı anomali içeriğine sahip verilerde farklı yeterlilikte sonuçlar vermektedir. Verinin gürültü içermesi, odaklanılan bölge dışında kestirilen sınırların genliklerinin baskın olması ya da genlik aralığının çok geniş olması sınır analizi yorumlamasını güçleştirmektedir. Bu durumda araştırmacılar sınır analizi öncesi ve sonrasında bir takım ek işlemler uygulama gereği duyabilir ve yeterli sonuç vermesi durumunda aynı işlemleri aynı sırayla farklı verilere uygulamak isteyebilirler.

**GravEdgeR** MATLAB tabanında çalışmak üzere yazarlar tarafından hazırlanmış bir sınır analizi veri işlem paketidir. Daha önce sözü edilen türeve dayalı, türeve dayalı olmayan ve görüntü işleme tekniklerine dayalı sınır analizi tekniklerinin tümünü uygulayabilmektedir. Bunun yanı sıra kullanıcıya veriyi kesme, interpolasyon, kayan ortalama, aykırı nokta ayıklama, genlik kırpması gibi pek çok ek fonksiyonu da kullanma imkanı vermektedir. **GravEdgeR** kullanıcının girdiği komutları hafızasında tutarak bir işlem dizisi oluşturur, bu diziyi kullanıcıya cümleler halinde görüntüler ve hesaplamaya başlamadan önce değişiklik yapma imkanı verir. Kullanıcının onayıyla birlikte veri işlem dizisi sırayla çalıştırılır ve sonuçlar arayüzdeki eksenlere yansıtılır. Kullanıcı isterse bu işlem dizisini farklı verilere uygulamak üzere kaydedebilir ve yeniden çağırabilir. Bu çalışmada, **GravEdgeR** yapay ve gerçek gravite verileri kullanılarak test edilmiş ve elde edilen sonuçların yorumlamaya yeterliliği tartışılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Sınır analizi, paket program, matlab, gravite, potansiyel alan.



**Abstract :** Boundary analysis (edge detection) methods are used in Earth sciences to determine the boundaries of discontinuities that are causing the anomalies in potential field data (i.e. gravity and magnetic data). These discontinuities may point out a buried body's peripheral boundaries, as well as give information about the positions of faults or intrusions. Most of the boundary analysis methods depend on the horizontal and vertical derivatives of the anomalies, since the first and second order derivatives of the anomalies are directly related to changes in anomaly amplitudes. Total Horizontal Derivative (THT), Tilt Angle (TA), Analytical Signal (AS) and Theta Map (TM) are commonly used boundary analysis methods. Blakely-Simpson method, on the other hand, is applied using a calculation cell on the anomaly itself, without calculating the derivatives. Aside from well-known boundary analysis methods, some of recently used image enhancing methods can be used on high resolution potential field data to get an interpretable edge detection result.

The interpretability of a boundary analysis result depends on the anomaly content of the data. Noisy data, wide amplitude ranges or the dominant amplitudes outside the area of interest make the interpretation harder. In this case, researchers may need to apply supplementary processes before and after the boundary analysis; furthermore, they may want to apply the verbatim procedure on different sets of data.

**GravEdgeR** is a boundary analysis toolbox for MATLAB and is developed by the authors. Previously mentioned derivative-dependent, derivative independent and image processing methods are all available to be applied within the toolbox. Alongside the standard boundary analysis methods, the toolbox allows its user to apply various other processes such as cropping, interpolation, moving average, outlier removal, amplitude trimming and so on. **GravEdgeR** stores the commands that are input by the user into its memory as a sequence, displays these commands as comprehensible sentences and allows user to change the process before actual calculation. Upon the user's confirmation, all the commands are run in order and the results are plotted on the axes on the graphical user interface. It is possible for user to save the sequence into a file and load for different sets of data to apply verbatim procedures. In this study, **GravEdgeR** is tested using artificial and actual gravity data. The results are then discussed in the aspect of interpretability.

**Keywords:** Boundary analysis, edge detection, toolbox, matlab, gravity, potential field



## Zemin-Sismik Anakaya Bloğunun Mühendislik Değeri

### *Importance of the Soil-Seismic Bedrock Block in Earthquake Engineering*

**Mehmet Utku<sup>1</sup>, Mustafa Akgün<sup>1</sup>, Özkan Cevdet Özdağ<sup>2</sup>, Özer Akdemir<sup>1</sup>,  
Hasan Sözbilir<sup>3</sup>, Ahmet Turan Arslan<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, 35160  
Buca-İzmir

<sup>2</sup>Dokuz Eylül Üniversitesi, Ege Bölgesi Araştırma ve Uygulama Merkezi (DEÜ-EBAMER),  
35430 İnciraltı-İzmir

<sup>3</sup>Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 35160  
Buca-İzmir

(mehmet.utku@deu.edu.tr)

**Öz:** Bir yapı sahası için Deprem Mühendisliği yönünden zemin yüzeyindeki deprem etkisinin tanımlanması, sismik anakayadan itibaren zemin yüzeyine kadar olan tüm tabakaların elastik özelliklerinin bilinmesiyle mümkündür. Düşey yöndeki kayma dalga hızı ( $V_s$ ) düzensizliği, sismik empedans oranları ile maksimum kayma modülü ( $G_{max}$ ) değerlerinde de ani değişimlere neden olmaktadır. Ayrıca, düşey yöndeki  $V_s$  hızları ile tabaka kalınlıklarındaki ani değişimler, zemin yüzeyinde oluşacak pik periyot aralığını da etkilemektedir.

İzmir Körfezi çevresindeki yeraltı yapısı bu anlamda iyi bilinmektedir. Bu amaçla, mikrotremor tek nokta ve dizin ölçümleri (MSPAC) ile yüzey dalgası yöntemleri (MASW, ReMi) birlikte kullanılarak elde edilen Rayleigh dalgası dispersiyon eğrilerinin ters çözümünden, yüzeyden sismik anakaya seviyesine kadar  $V_s$  hızları kestirilmiştir. Buna göre sismik hızı 3000 m/sn olan sismik anakaya derinliğinin 1200 m civarında olduğu görülmektedir. Sismik anakaya üzerinde sismik empedans oranı yaratabilecek,  $V_s$  hızları ve yoğunlukları farklı, 6 katman vardır. Bunların  $V_s$  hızları 200-1200 m/sn, yoğunlukları 1,6-2,5 gr/cm<sup>3</sup> arasında değişmektedir.  $G_{max}$  değerleri ise 288000-640 kg/cm<sup>2</sup> arasındadır. Bu katmanlar arasındaki sismik empedans oranları da 0,5 ile 3,1 arasında değişmektedir. Ayrıca,  $V_s$  hızları düşey yönde sürekli artış sunmamaktadır. Kalınlığı 250 m'yi bulan düşük hız tabakası vardır. Bu durumda, zemin yüzeyinde oluşabilecek periyot değişim aralığının ( $T_A-T_B$ ) 0,33-5 sn arasında olma olasılığı söz konusudur.

Sonuç olarak İzmir İç Körfezi çevresi zeminleri için yapılacak zemin tepki analizi çalışmalarında, zemin-sismik anakaya modellerinin tanımlanması sırasında, sismik anakaya seviyesine kadar  $V_s$  hızlarının esas alınması gerekir. Zemin dinamik analizi çalışmalarında taban seviye seçilirken, zemin yüzeyinden itibaren çalışma alanına özgü ilk 3 katmanın yanal ve düşey yöndeki  $V_s$  hızlarının bilinmesi zorunludur.

**Anahtar Kelimeler:** İzmir, kayma dalga hızı ( $V_s$ ), kayma modülü, sismik anakaya, sismik empedans oranı, zemin

**Abstract:** Identification of the earthquake effect on the soil surface in terms of Earthquake Engineering for a building field is possible by knowing the elastic properties of all layers from the seismic bedrock to the soil surface. The irregularity of the shear wave velocity ( $V_s$ ) in the vertical direction also causes sudden changes in the seismic impedance ratios and in the maximum shear modulus ( $G_{max}$ ) values. In addition, the sudden changes in the  $V_s$  velocities in the vertical direction and in the layer thicknesses also affect the peak period range to occur on the soil surface.

The underground structure around the Gulf of İzmir is in this sense well known. For this purpose, the  $V_s$  velocities from the surface to the seismic bedrock level were estimated from the inversion of the Rayleigh wave dispersion curves obtained by collectively using the microtremor single point and array monitoring (MSPAC) and surface wave methods (MASW, ReMi). Accordingly, it is seen that the seismic bedrock depth with a seismic velocity of 3000 m/sec is around 1200 m. On the seismic bedrock are 6 layers which may create a seismic impedance ratio and which have different  $V_s$  velocities and intensities. Their  $V_s$  velocities range from 200 to 1200 m/sec and their intensities from 1.6 to 2.5 g/cm<sup>3</sup>. Their  $G_{max}$  values are in the range 288000-640 kg/cm<sup>2</sup>. The seismic impedance ratios between these layers vary between 0.5 and 3.1. Furthermore, the  $V_s$  velocities do not present a continuous increase in the vertical direction. There is a low velocity layer with a thickness of up to 250 m. In this case, the period change range ( $T_A-T_B$ ) likely to occur on the soil surface will probably vary between 0.33 and 5 sec.

In conclusion, the  $V_s$  velocities up to the seismic bedrock level should be taken as the basis when defining the soil-seismic bedrock models in the studies of the soil response analysis to be made for the soils around the inner coastal area of the Gulf of İzmir. When selecting the base level in the studies of the soil dynamic analysis, one has to know the  $V_s$  velocities in the lateral and vertical directions for the first 3 layers unique to the study area starting from the soil surface.

**Keywords:** Izmir, seismic bedrock, seismic impedance ratio, shear modulus, soil, shear wave velocity ( $V_s$ )

**JEOFİZİK YÖNTEMLER VE JEOLJİK UYGULAMALARI**

***GEOPHYSICAL METHODS AND THEIR APPLICATIONS TO GEOLOGICAL PROBLEMS***

Hans THYBO - Hayrullah KARABULUT - Argun KOCAOĞLU - Neslihan OCAKOĞLU  
GÖKAŞAN - Turgay İŞSEVEN - Emin ULUGERGERLİ- Ebru ŞENGÜL ULUOCAK

---

***Poster/Posters***

---

***ÖZ/ABSTRACT***





## Kayaçlarda Yüzey Kırık Derinliğini Belirlemek İçin Ultrasonik Tekniklerin Karşılaştırmalı Değerlendirmesi

### *A Comparative Evaluation of Ultrasonic Techniques for Determining Near Surface Fracture Depth in Rock*

**Levent Selçuk**

*Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü Van/Tuşba, 65080, Türkiye  
(lselcuk@yyu.edu.tr)*

**Öz:** Ultrasonik teknikler kayaçların fiziksel ve mekanik özelliklerini tahmin etmek ve/veya zayıflık zonlarını belirlemek için yaygın olarak kullanılmaktadır. Diğer jeofizik yöntemlerde olduğu gibi, ultrasonik ses hızının belirlenmesinde, kırıklar özellikle dalga yayılımında önemli rol oynamaktadır. Her bir kırık, sönümleyici ve dağıtıcı olarak davranış sergiler. Bir ultrasonik dalga bir kırığa çarptığında sahip olduğu enerjinin bir kısmı iletilir bir kısmı sönümlenir. İletilen kısım malzeme özelliklerinin değerlendirilmesine olanak sağlar. Yapılarındaki kırılma derinliğini tahmin etmek için Tc-To Yöntemi, T Yöntemi, İngiliz Standartları Yöntemi (BS Metodu) ve Elips Yöntemi gibi kırınım tekniklerine dayanan ultrasonik ses hızı testleri (UPV) kullanılmaktadır. Ultrasonik ses hızı test cihazı, inşaat uygulamalarında yüzey kırılma derinliklerinin yerinde incelenmesinde önemli bir araç olmasına rağmen, doğal yapı malzemelerinde ve/veya kayaçlarda kırık derinliğini değerlendirmeye yönelik uygulaması sınırlı kalmıştır.

Bu araştırmanın amacı, bir kaya bloğundaki kırılma derinliğini tahmin etmede ultrasonik tekniklerin güvenilirliğini ve doğruluğunu değerlendirmektir. Ultrasonik ses hızı ölçümleri, suni kırıklar oluşturulan kaya blokları üzerinde gerçekleştirilmiştir. Her bir tekniğin güvenilirliği ve doğruluğu, kaya yüzeyi boyunca farklı uzunluklarında tekrarlanan ölçümlerin karşılaştırılmasıyla değerlendirilmiştir. Ayrıca yöntemlerin performansı dolgu koşulları simüle edilerek tekrarlanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Ultrasonik ses hızı, kırık derinliği, kırınım

**Abstract:** Ultrasonic techniques are widely used in engineering applications to determine the weaknesses zones and to estimate the physical and mechanical properties of rocks. As with other geophysical techniques, fractures play an important role, especially in the wave propagation. Each fracture acts as an attenuating and dispersing medium. When an ultrasonic wave impinges a fracture, part of the energy is transmitted and part of it is reflected. The transmitted part is detected and enables evaluation of the characteristics of the material. To estimate the fracture depth on structures, ultrasonic pulse velocity test (UPV) based on ultrasonic diffraction techniques such as Tc-To Method, T Method, British Standards Method (BS Method) and Ellipse Approach have been utilized. While the ultrasonic pulse velocity tester is a major tool for in-situ examination of surface fracture depths in construction industries, there are limited studies on evaluating the depth of fractures in rock or natural building materials.

The objective of this investigation is to assess the reliability and the accuracy of ultrasonic diffraction techniques to estimate the fracture depth in a rock block. Laboratory measurements were carried out on rock blocks with artificial saw-cut fractures. The reliability and accuracy of each technique was assessed by comparison of the repeated measurements at different path lengths along the rock surface. The performances of these techniques were also evaluated for the infilling conditions in which the fracture was filled with another material.

**Keywords:** Ultrasonic pulse velocity, fracture depth, diffraction



## Diyarbakır Çalışma Sahasında Üç Boyutlu Vibrosismik Yöntem ile Kaynak Parametrelerinin Testi

### *Testing of Source Parameters with Three Dimensional Vibroseismic Method in Diyarbakır Study Area*

**Ahmet Yavuz Toksoy<sup>1</sup>, Cengiz Kurtuluş<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı Arama Daire Başkanlığı Adıyaman-Diyarbakır Bölge Sorumluluğu*

<sup>2</sup>*Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, Kocaeli-İzmit  
(atoksoy@tpao.gov.tr)*

**Öz:** Vibrosismik, çeşitli frekanslar içeren sürekli sinuzoidal titreşimleri kontrollü olarak yaratan, uygulayan ve vibratör'ün enerji kaynağı olarak kullanıldığı bir sismik yöntemdir. Dünyada sismik ekiplerin %75'i hidrokarbon aramalarında vibratörü tercih etmektedirler. Vibratörün yere gönderdiği sinyal tarama (sweep) sinyal olarak adlandırılır ve hidrokarbon aramalarının çoğunluğunda doğrusal tarama sinyali uygulanır. Hidrokarbon amaçlı üç boyutlu sismik veri toplama çalışmalarında sismik çalışmaların hedeflenen başarıya ulaşması için kaynak parametrelerinin seçimi önemli yer tutmaktadır ve bu parametrelerin belirlenmesi adına test çalışmaları yapılmaktadır. Bu çalışmada Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı tarafından hidrokarbon araştırması için üç boyutlu vibrosismik yöntem kullanılarak Diyarbakır çalışma sahasına en uygun kaynak parametreleri test edilmiştir. Testin temel amacı en kısa sürede en uygun Sinyal/Gürültü oranını ve hedef seviyelerden yansımaları elde edebilecek referans sinyal parametrelerini belirlemektir ve bu amaç için bir program dizayn edilmiştir. Test programının her aşamasında sadece bir parametre değiştirilmiştir ve diğer tüm tarama, vibro ve kayıt parametrelerinin sabit kalmıştır. Veri toplama parametrelerinden alıcı aralığı 50 m, atış aralığı 50 m, alıcı hattı aralığı 300 m ve atış hattı aralığı 400 m olarak seçilmiştir. Kayıt uzunluğu 5 sn, örnekleme aralığı da 2 ms'dir. Bu çalışmada gerçekleştirilen test parametreleri; Tarama başlangıç frekansı testi, tarama bitiş frekansı testi, tarama uzunluğu testi, tarama sayısı testi, vibratör sayısı testi, vibratör dizilim testi ve tarama tipi testidir. Aktif kanal sayımızın en yüksek olduğu bir bölgede aynı nokta üzerinde farklı test parametreleri ile atışlar yapılmıştır. Bu çalışmada hedef derinliğimize uygun olacak 14 adet parametre test atışı yapılmıştır. Her bir atıştan elde edilen veriye ait ham veri kayıtları, frekans spektrumları incelenmiştir. Tarama sinyalinin bitiş frekansı daha önce bölgede yapılan çalışmalar da incelenerek 72 Hz olarak belirlenip, 8 ve 10 Hz başlangıç frekansları test edilmiştir. 10 Hz frekansının sonucu en uygun frekans olarak seçilmiştir. 10 Hz değeri sabit tutularak 72, 80, 88 ve 96 Hz bitiş frekanslarının testi yapılmıştır ve 72 Hz sonucu uygun bulunmuştur. Sonrasında 8,10,12 ve 16 saniye tarama uzunlukları test edilmiştir. Tarama uzunluğu 8 saniye veya 16 saniyede Sinyal/Gürültü oranı daha yüksek gözlemlenmiştir. 8 saniye tarama boyu daha ekonomik olacağı için bu tarama boyu çalışmada tercih edilmiştir. Bir atış noktası için 1,2,4,6,8 ve 12 tarama sayıları test edilmiştir ve 4 tarama sayısı yeterli olmuştur. Çalışma sahası için vibratör sayısı testinde 4 vibro uygun bulunmuştur. Dizin testinde çalışma sahasında daha önce yapılan en uygun dizilim düzeninin kullanılması tercih edilmiş, 1x4 doğrusal vibro düzeni uygulanmıştır. Doğrusal tarama atışlarda düşük



frekanslarda dalga boyu daha az sönümlendiği bilindiği için, doğrusal ve doğrusal olmayan atış kayıtlarına bakıldığında doğrusal tarama atışların daha iyi sonuç verdiği gözlemlenmiştir. Yapılan test atışları sonucunda kaynak parametreleri 10-72 Hz Frekans Bandı, 8 saniye tarama uzunluğu, 4 vibratör, 4 tarama ve doğrusal tarama tipi olarak belirlenmiştir. Bu parametreler doğrultusunda üretime başlanmış ve test çalışmaları sonlanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Üç boyutlu vibroseismik, hidrokarbon aramaları, kaynak parametre testi, tarama sinyali

**Abstract:** Vibroseismic is a seismic method which creates and applies controlled, sinusoidal vibrations containing various frequencies and used vibrator as an energy source. 75% of the seismic crews in the world prefer the vibrator for hydrocarbon explorations. The signal that the vibrator sends to the ground is called the sweep signal and the linear sweep signal is applied in the majority of the hydrocarbon researches. The selection of the source parameters is crucial in the three-dimensional seismic data acquisition for hydrocarbon studies and test studies are carried out to determine these parameters. In this study, most convenient source parameters are tested with 3-D vibroseismic method in Diyarbakır study area by the Turkish Petroleum. The main purpose of the test is to determine the most appropriate Signal/Noise ratio and reference signal parameters which can obtain the reflections from the target levels. Only one parameter was changed at each stages and all other sweep, vibro, and recording parameters remained constant. The receiver interval is 50 m, the shot interval is 50 m, the receiver line interval is 300 m, the shot line interval is 400 m. The recording length is 5 s, the sampling interval is 2 ms. Test parameters are sweep start frequency, sweep end frequency, sweep length, number of sweep, number of vibrator, vibrator array and sweep type. In this study, 14 parameter test shots were applied, raw data and frequency spectrums were obtained. The end frequency of the sweep was investigated from previous acquisition and the start frequencies of 8 and 10 Hz were tested. The result of the 10 Hz is chosen as the most suitable frequency. At 10 Hz, 72, 80, 88 and 96 Hz end frequencies were tested and 72 Hz was found more proper. After that, sweep lengths of 8,10,12 and 16 seconds were tested. Sweep length was observed in 8 s or 16 s highest S/N ratio. 8 s sweep length was preferred due to economical conditions. For a shot point, 1,2,4,6,8 and 12 number of sweeps were tested and 4 sweep were qualified. The number of vibrator test for the study area was approved to be a 4 vibro. In the array test, it was preferred to use the most appropriate array order in the study area called 1x4 linear vibro order. It is observed that linear sweep shots give better results when linear and non-linear shot recordings are compared because linear wavelength is less attenuated at low frequencies. As a result of the test shots, the source parameters were determined as 10-72 Hz Frequency Band, 8 seconds sweep length, 4 vibrators, 4 sweeps and linear sweep type. Production started in accordance with these parameters and the test studies were completed.

**Keywords:** Hydrocarbon research, source parameter testing, sweep signal, three-dimensional vibroseismic method

**JEOKRONOLOJİ VE İZOTOP JEOLJİSİ / *GEOCHRONOLOGY AND ISOTOPE GEOLOGY***

Nilgün GÜLEÇ - Ersin KORALAY - Quentin CROWLEY - İsmail Onur TUNÇ

---

***Sözlü Sunumlar/Oral Presentations***

---

***ÖZ/ABSTRACT***





## **Kuluncak F-NTE-Th Yatağının (Malatya-Türkiye) Radyojenik (Sr, Nd, Pb) ve Duraylı (B, O, C) İzotop Sistematiği: Skarn-Tipi Cevherleşmenin Kanıtları**

*Radiogenic (Sr, Nd, Pb) and Stable (B, O, C) Isotope Systematics of the Kuluncak F-REE-Th Deposit (Malatya-Turkey): Evidences for Skarn-Type Mineralization*

**Okay Çimen<sup>1</sup>, Antonio Simonetti<sup>2</sup>, Corinne Kuebler<sup>2</sup>, Loretta Corcoran<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Munzur Üniversitesi, Coğrafya Bölümü, Tunceli 62000, Türkiye

<sup>2</sup>Notre Dame Üniversitesi, İnşaat ve Çevre Mühendisliği ve Yerbilimleri Bölümü, South Bend, IN 46556, ABD

(okaycimen@gmail.com)

**Öz:** Kuluncak F-NTE-Th yatağı doğu-orta Anadolu'da yer almakta ve Geç Kretase-Erken Paleosen yaşlı çarpışma-sonrası intrüzif kayaçlar ile birlikte bulunmaktadır. Bölgede, Başören plütonik kayaçları küçük stoklar halinde gözlenmektedir ve genellikle siyenit, kuvars siyenit ve nadiren monzonit bileşimlidir. Geç Kretase yaşlı Karapınar kireçtaşı bu stoklar tarafından kesilmekte ve kontak zonlarda oluşan F-NTE-Th cevherleşmesine ev sahipliği yapmaktadır. Bu yatak Türkiye'deki önemli bir NTE cevherleşmesini temsil etmesine rağmen, önceki çalışmalar oldukça sınırlı olup detaylı radyojenik ve duraylı izotop verileri bulunmamaktadır. Bu çalışma, karbonat kayaçlarında gözlenen cevherleşme için iz element, duraylı (B, C ve O) ve radyojenik (Nd, Pb ve Sr) izotop verilerini sunmakta ve cevherleşmenin kökenine ilişkin ilk bilgileri vermektedir.

Detaylı olarak, F-NTE-Th cevherleşmesi içeren karbonatlar mantlo-kökenli karbonatitlere kıyasla daha düşük toplam nadir toprak element (TNTE) içerikleri (5,13 ile 55,88 ppm arasında) ve daha ağır  $\delta^{13}\text{C}$  (-0,14 ile -0,75‰ arasında),  $\delta^{18}\text{O}$  (+27,36 ile +30,61‰ arasında) ve  $\delta^{11}\text{B}$  (+5,38 ile +6,83‰ arasında) izotop oranları ile karakterize edilmektedir. Bunun yanında, birarada değerlendirilen ilksel  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  (0,70741 ile 0,70759 arasında) ve  $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$  (0,512238 ile 0,512451 arasında) izotop değerleri dünya genelindeki karbonatitlere kıyasla farklı olup, önemli oranda kabuksal katkıya işaret etmektedir. Bunun aksine; siyenit, florit ve mangan oluşumlarından elde edilen iz element ve radyojenik izotop verileri ise, bunların ortak bir manto kaynağından türediğine işaret etmektedir. Ek olarak, cevherleşmenin olduğu bir damardan elde edilen geri saçılma elektron (GSE) görüntüleri ve mineral kimyası verileri F-NTE-Th fazlarının karbonatlar içerisinde, Si'ca zengin hidrotermal/magmatik akışkanlar ile taşındığını ortaya koymaktadır.

Genel olarak, duraylı ve radyojenik izotop verileri F-NTE-Th cevherleşmesinin ana kayacının herhangi bir manto-kökenli karbonatit oluşumundan ziyade hidrotermal olarak metasomatizmaya uğramış kireçtaşından oluştuğuna işaret etmektedir. Başören plütonik kayaçları ve Karapınar kireçtaşları arasındaki reaksiyonlar ile gelişen bu cevherleşme, bölgedeki yaygın çarpışma-sonrası magmatizma ile ilişkili hidrotermal/magmatik akışkanlar tarafından türetil-

miş olabilir. Kuluncak yatağı Türkiye'deki en önemli skarn-tipi NTE cevherleşmesini temsil etmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Doğu-orta Anadolu, duraylı ve radyojenik izotoplar, GSE görüntüleri, Kuluncak skarn-tipi F-NTE-Th cevherleşmesi, metasomatize kireçtaşı.

**Abstract:** The Kuluncak F-REE-Th deposit is located in east-central Anatolia and associated with Late Cretaceous-Early Paleocene post-collisional intrusive rocks. In the region, the Başören plutonic rocks occur as small stocks and is mainly composed of syenite, quartz syenite, and rare monzonite. The late-Cretaceous Karapınar limestone is cut by these stocks and hosts the F-REE-Th mineralization that formed in contact zones. Although this deposit represents an occurrence of significant REE mineralization in Turkey, the number of previous studies is quite limited and lacks detailed radiogenic and stable isotope data. This study here reports trace element, stable (B, C, and O) and radiogenic (Nd, Pb, and Sr) isotope data for the carbonate-hosted mineralization and gives the first insights into its genesis.

In detail, the carbonates which host the F-REE-Th mineralization are characterized by lower total rare earth element (TREE) concentrations (5.13 to 55.88 ppm), and heavier  $\delta^{13}\text{C}$  (-0.14 to -0.75‰),  $\delta^{18}\text{O}$  (+27.36 to +30.61‰), and  $\delta^{11}\text{B}$  (+5.38 to +6.83‰) isotope ratios compared to mantle-derived carbonatites. Moreover, the combined initial  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  (0.70741 to 0.70759) and  $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$  (0.512238 to 0.512451) isotope values are distinct compared to those for worldwide carbonatites, and therefore indicate significant crustal input. Contrarily, the trace element and radiogenic isotope data from syenite, fluorite, and manganese occurrences indicate derivation from a common mantle source. In addition, back scatter electron (BSE) images and mineral chemistry data from a mineralized vein reveal that the F-REE-Th phases were transported into the carbonates by Si-rich hydrothermal/magmatic fluids.

Overall, stable and radiogenic isotope data indicate that the host rock to the F-REE-Th mineralization consists of hydrothermally metasomatized limestone rather than any mantle-derived carbonatite. This mineralization, which formed through reactions between the Başören plutonic rocks and the Karapınar limestone, may have been generated by hydrothermal/magmatic fluids associated with extensive post-collisional magmatism in the region. The Kuluncak deposit represents the most important skarn-type REE mineralization in Turkey.

**Keywords:** East-central Anatolia, stable and radiogenic isotopes, BSE images, Kuluncak skarn-type F-REE-Th mineralization, metasomatized limestone.



## Datça Yarımadası'nda (Muğla, Türkiye) Depolanan Distal Nisiros Kyra Tefrasının Farklı Jeokronolojik Yöntemlerle Yaşlandırılması

*Dating of Distal Nisyros Kyra Tephra Deposited on Datça Peninsula (Muğla, Turkey) by Using Different Geochronological Methods*

**Gonca Gençalioglu-Kuşcu<sup>1</sup>, Göksu Uslular<sup>1</sup>, Martin Danişik<sup>2</sup>,  
Anthony Koppers<sup>3</sup>, Daniel P. Miggins<sup>3</sup>, Bjarne Friedrichs<sup>4</sup>, Axel K. Schmitt<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>*Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Kötekli, 48000, Muğla, Türkiye*

<sup>2</sup>*John de Laeter Centre, School of Earth and Planetary Sciences, Curtin University, Perth, Avustralya*

<sup>3</sup>*College of Earth Ocean and Atmospheric Sciences, Oregon State University, Corvallis, ABD*

<sup>4</sup>*Institute of Earth Sciences, Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg, Heidelberg D-69120, Almanya*

([gkuscu@mu.edu.tr](mailto:gkuscu@mu.edu.tr))

**Öz:** Datça kıyılarından yaklaşık 25 km batıda bulunan aktif Nisiros (İncirli Ada) volkanının evrimi boyunca sekiz tefra birimi oluşmuş, ancak bu tefra birimlerinin yaşları günümüze dek başarılı bir şekilde ortaya konulamamıştır. Önceki çalışmalarda genellikle tefrada K-Ar veya paleosolden radyokarbon yaşlandırması gerçekleştirilmiş, ancak stratigrafiyle uyumlu yaşlar elde edilememiştir. Son olarak Nisiros güncel kalderasını oluşturan ve sonrasında patlamalar neticesinde meydana gelen Alt Pomza (AP) ve Üst Pomza (ÜP) birimleri U-Pb (Th dengesizlik doğrulaması ile) yöntemi ile yaşlandırılmış ve elde edilen yaşların (AP için  $124 \pm 35$  ky; ÜP için  $< 70 \pm 24$  ky) göreceli olarak Nisiros volkanostatigrafisi ile uyumlu olduğu görülmüştür.

Bu çalışmada, Nisiros'un yaklaşık 30-45 km kuzeydoğusunda Datça yarımadasında depolanan Nisiros Kyra distal tefrasının farklı yöntemlerle (apatit ve zirkon kristallerinde U-Th/He, plajiyoklaz ve hornblend kristallerinde Ar-Ar) yaşlandırılması amaçlanmıştır. Böylece Nisiros volkanizması için daha önce kullanılmayan birkaç farklı yöntemle bütünlük şeklinde elde edilecek yaşlarla Nisiros volkanizmasının anlaşılmasına ve Datça'nın Kuvaterner jeolojisine katkı yapılmasına hedeflenmektedir. Andezitik ( $\sim\% 54-59$  SiO<sub>2</sub>) distal Kyra tefrasından, (U-Th)/He yöntemi ile apatit (tekli ve çoklu) ve zirkon kristallerinden elde edilen yaşlar sırasıyla  $135 \pm 18$  ky ( $2\sigma$ ,  $n = 12$ , MSWD = 0,21),  $139 \pm 11$  ky ( $2\sigma$ ,  $n = 5$ , MSWD = 0,78) ve  $127 \pm 6$  ky ( $2\sigma$ ,  $n = 8$ , MSWD = 0,82) şeklindedir. Ayrıca, Ar-Ar yöntemi ile de plajiyoklaz ve hornblend kristallerinden sırasıyla  $145 \pm 27$  ky ( $2\sigma$ ,  $n = 17$ , MSWD = 0,61) ve  $152 \pm 20$  ky ( $2\sigma$ ,  $n = 27$ , MSWD = 1,41) yaşları belirlenmiştir. Elde edilen tüm yaş verilerinin ağırlıklı ortalama değeri  $134 \pm 3$  ky ( $2\sigma$ ,  $n = 89$ , MSWD = 1,25) olarak hesaplanmış ve bu yaşın gerek Nisiros AP ve ÜP tefralarına ait güncel yaş verileri ile gerekse volkanostatigrafisiyle uyumlu olduğu görülmüştür.

Datça yarımadasında depolanan Nisiros Kyra distal tefrasından elde ettiğimiz yaş verisi, Kyra

birimiyle ilgili mevcut yaşların (24ky, ~39ky) doğru olmadığını ve Nisiros'un kaldera öncesi birimlerinin önceden bilinenin aksine kısa bir zaman aralığı içinde oluştuğunu ortaya koymuştur. Bu nedenle, hem jeokronolojik hem de jeokimyasal olarak karakterize edilen distal Kyra tefrasına ait verilerin Nisiros volkanizması ve özellikle de Akdeniz civarında belirlenmiş/belirlenecek olan "tanımlanmamış" andezitik bileşimli tefraların ayırt edilmesi için önemli olduğu düşünülmektedir. Bu çalışma Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi BAP 15/070 ve 15/077 nolu projelerle desteklenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Andezit, zirkon, apatit, plajiyoklaz, hornblend, (U-Th)/He, Ar-Ar

**Abstract:** Despite the occurrence of eight tephra units in the evolution of the active Nisyros volcano located 25 km west of Datça coast, ages of these tephra units have not been successfully determined to date. Previous studies generally applied K-Ar geochronology or radiocarbon dating of paleosols, but these ages were stratigraphically inconsistent. Recent ages obtained by U-Pb zircon geochronology after correction for  $^{230}\text{Th}$  are  $< 124 \pm 35$  ka and  $< 70 \pm 24$  ka for the caldera-forming Lower Pumice (LP) and post-caldera Upper Pumice (UP) tephra, respectively. These ages are consistent with the Nisyros stratigraphy.

In this study, we applied different geochronological methods (apatite and zircon U-Th/He, and plagioclase and hornblende  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ ) on the distal Nisyros Kyra andesitic tephra (~54-59 wt%  $\text{SiO}_2$ ) deposited on Datça peninsula that will certainly contribute to the understanding of Nisyros volcanism and Quaternary geology of Datça. Apatite (U-Th)/He ages are  $135 \pm 18$  ka ( $2\sigma$ ;  $n = 12$ ; MSWD = 0,21) and  $139 \pm 11$  ka ( $2\sigma$ ;  $n = 5$ ; MSWD = 0,78) for individual and multi-grain aliquots, respectively. The zircon (U-Th)/He age by the same method is  $127 \pm 6$  ka ( $2\sigma$ ;  $n = 8$ ; MSWD = 0,82). In addition,  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  dating of plagioclase and hornblende yielded plateau ages of  $145 \pm 27$  ka ( $2\sigma$ ;  $n = 10$ ; MSWD = 0,61) and  $152 \pm 20$  ka ( $2\sigma$ ,  $n = 27$ , MSWD = 1,41). We calculated the weighted average of all data as  $134 \pm 3$  ka ( $2\sigma$ ,  $n = 89$ , MSWD = 1,25), and this age is well correlated with the recent age data for LP and UP and Nisyros tephra stratigraphy.

Newly reported ages from distal Nisyros Kyra tephra on Datça reveal that previously reported K-Ar ages for Kyra tephra (24 ka, ca. 39 ka) are erroneous and the time interval amongst the successive pre-caldera tephra units was probably less than previously thought. Therefore, we propose that our geochronological and geochemical data for distal Kyra tephra are especially important in identification and correlation of andesitic tephra or cryptotephra in the Aegean or Mediterranean cores marked as "unknown". This research was funded by the Muğla Sıtkı Koçman University BAP research grants 15/070 and 15/077.

**Keywords:** Andesite, zircon, apatite, plagioclase, hornblende, (U-Th)/He, Ar-Ar

**JEOMORFOLOJİ / GEOMORPHOLOGY**  
Atilla ÇİNER - Cengiz YILDIRIM - Tolga GÖRÜM

---

**Sözlü Sunumlar/*Oral Presentations***

---

**ÖZ/*ABSTRACT***







## Jeomorfolojik ve Yasal Perspektifte Yapay Kıyılar

### *Artificial Coasts From The Geomorphological And Legal Perspective*

**Hüseyin Turoğlu**

*İstanbul Üniversitesi, Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Ordu Cad. No: 196, Fatih-İstanbul*

*(turogluh@istanbul.edu.tr)*

**Öz:** Yerleşim amaçlı olduğu kadar aynı zamanda ulaşım, turizm, ticaret, rekreatif ve sportif faaliyetler için avantajlı koşullara sahip olduğu için kıyı alanları, daima çok fazla ilgi gösterilen cazibe merkezleri olmuştur. Aynı zamanda bu yoğun ilgi, doğal kıyıların; dolgu ve çeşitli kıyı yapıları ile bozulmasına, değiştirilmesine de neden olmaktadır. Çeşitli amaçlar için kıyılarda gerçekleştirilen dolgu ve diğer kıyı yapıları, karasal ve denizel kıyı morfolojilerini değiştirmektedir. Böylece yeni, yapay kıyılar oluşmaktadır. Yapay kıyılar, sadece doğal çevre ile ilgili değil aynı zamanda yasal olarak da önemli problemlere neden olur.

Kıyı; jeomorfolojik bir ünedir ve çok önemli iki unsur kıyının tanımlanmasında belirleyicidir. Bunlardan biri; onu tanımlayan fiziki coğrafya ama özellikle jeomorfolojik delilleridir. Diğer ise bu delillerin mutlak güncel olmasıdır. Bazı hallerde; kıyı yapıları ile doğal kıyıya müdahale edilerek, doğal kıyı kısmen ya da tamamen değiştirilir ve yeni bir kıyı oluşturulur. Bu durumda, kıyı yapıları öncesindeki doğal kıyı; gerek dinamik etken ve süreçler ve gerekse kıyı elemanları bakımından güncelliğini yitirmiş olur ve doğal kıyı, eski (paleo) kıyı haline dönüşür. Kıyı dinamik süreçleri yapay kıyı jeomorfolojisi koşullarında etkili olmaya devam eder.

Jeomorfolojik perspektifte kıyı tanımlaması; güncel kıyı elemanları ve kıyı tipi özelliğinin tespitini içerir. Bu kapsamda; kıyının bölümleri, Kıyı çizgisi ve Kıyı Kenar Çizgileri bilimsel delillere dayandırılarak belirlenir. Doldurularak oluşturulan derin su yapay kıyılarda denizel ve karasal kıyı kenar çizgileri ile kıyı çizgisi çakışır. Ve kıyının bölümleri olan yakınkıyı, önkıyı ve artkıyı olmaz. Kıyı tanımlayıcı diğer jeomorfolojik deliller de görülmez. Konun yasal boyutunda; sadece kıyı ve onun sınırları değil ayrıca mülkiyet açısından da kıyının doğal ya da yapay olması önem taşır. Problem olan yapay kıyılarda dolgu ile kazanılan alanın mülkiyet özellikleridir. Bu durumda iki husus önem kazanır. Bunlardan biri dolgu alanının sınırları ve alanıdır. Diğer husus ise bu alanın mülkiyetinin kime ait olduğudur. Bu konulara ait problemlerin çözümünde; 3621 sayılı Kıyı Kanunu ve Uygulanmasına Dair Yönetmelikler esas olmak üzere, problemin geriye dönük hikâyesine göre, kıyı ile ilgili önceki kanun ve yönetmelikler de dikkate alınır.

**Anahtar Kelimeler:** Jeomorfoloji, yapay kıyı, kıyı elemanları, kıyı çizgisi, kıyı kenar çizgileri.

**Abstract:** Coastal areas, which have advantages in terms of transportation, tourism, trade, recreational and sporting activities as well as for settlement, have always been of great inte-

rest. At the same time, this intense interest has caused change and degradation by filling and constructing various coastal structures on natural coasts. The filling and coastal structures built for various purposes have changed the terrestrial and marine coastal morphologies. Thus, new artificial coasts are being formed. Artificial coasts are not only related to the natural environment, but also cause legal problems.

A coast is a geomorphological unit and two crucial elements determine the definition of a coast. One is the existence of physical geography, but more particularly, the geomorphological evidence that identifies it. The other is that this evidence is current and active. In some cases, the natural coast has been partially or completely changed and a new coast is created combining the natural coast with coastal structures. In this case, the natural coast is no longer active in terms of both dynamic factors, processes and coastal elements and thereby loses its character as a natural coast and becomes an old (paleo) coast. Coastal dynamic processes continue to be effective in artificial coastal geomorphological conditions.

The definition of a coast from the geomorphic perspective encapsulates determining the current coastal elements and coast-type features. Within this scope, parts of the coast, shore line and coastal boundaries are determined based on scientific evidence. The shoreline overlaps with the marine and terrestrial coastal borderline on artificial coasts with the deep water created by filling. As a consequence, parts of the coast such as nearshore, foreshore, and backshore cease to exist anymore. Other geomorphological evidence of the coast is not seen. From the legal dimension of the subject, it is important that not only the coast and its borders but also the coast itself is either natural or artificial from the point of view of ownership. The problem with artificial coasts is the properties of the area acquired by filling. In this case, two aspects gain importance. One is the boundaries of the artificial land and its areal dimensions. The other is “ownership of the new area”. To solve such basic problems, the Coastal Law (1990/3621) and its relevant regulations was passed. In addition, according to the retrospective history of the issue, previous coastal laws and relevant regulations were also taken into consideration.

**Keywords:** Geomorphology, artificial coast, coastal elements, shoreline, coastal border lines.



## Güney Karadeniz Şelfi Cide-Sinop Açıklarında Deniz Tabanı Morfolojisini Denetleyen Etkenler

*Factors Controlling the Sea Floor Morphology of Offshore Cide-Sinop in The Southern Black Sea Shelf*

Neslihan Ocakoğlu<sup>1</sup>, Yeliz İşcan<sup>2</sup>, Fatmagül Kılıç<sup>3</sup>, Oğuz Özel<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Jeofizik Mühendisliği Bölümü, Maden Fakültesi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Maslak, İstanbul

<sup>2</sup>Jeofizik Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, İstanbul Üniversitesi, Avcılar, İstanbul

<sup>3</sup>İnşaat Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Yıldız Teknik Üniversitesi, Esenler, İstanbul  
(neslihan@itu.edu.tr)

**Öz:** Bu çalışmada Cide-Sinop açıklarının deniz tabanı morfolojisini denetleyen faktörler, Deniz Kuvvetleri Komutanlığı Seyir, Hidrografi ve Oşinografi Dairesi Başkanlığı ve Türkiye Petrolleri tarafından sahada toplanmış olan çok ışınlı batimetri ve çok kanallı sismik yansıma verileri ile TUBİTAK114Y057 numaralı Araştırma Projesi kapsamında incelenmiştir. Veriler yaklaşık -100 m derinlikte, güney Karadeniz şelfinde göreceli geniş (~25 km) bir şelf düzlüğünün varlığını ortaya çıkarmıştır. Sismik veriler şelf düzlüğünü bir aşınım yüzeyinin oluşturduğunu ve bu aşınım yüzeyi üzerinde güncel denizel çökellerin depolanmadığını göstermiştir. Geniş şelf düzlüğü kuzeye doğru şelf yamacı ile birlikte hızla derinleşerek yer yer sualtı heyelanları ile -500 metre derinliklere ulaşmaktadır. Şelf düzlüğünde yaygın olarak D-B uzanımlı eoliyen ve fluvial süreçlerle oluştuğu düşünülen ve yükseklikleri 15 m'lere kadar ulaşan kum tepeleri ile bu tepelerin arasında kapalı düzlükler şeklinde bulunan paleogöller haritalanmıştır. İnebolu açıklarında BKB-DGD uzanımlı aşınmış bir antiklinal deniz tabanında yüzeylenmiştir. Morfolojik unsurlar çoğunlukla fay kontrollüdür. Şelf düzlüğündeki bu morfolojik özelliklerin günümüze değin korunmuş olması, sahanın çok yakın bir döneme kadar kara olduğuna ve hızla sular altında kaldığına işaret etmektedir. Söz konusu eski kıyı zonu olasılıkla Akdeniz-Karadeniz su bağlantısı ile ilişkili olarak, Karadeniz'in son transgresyon dönemindeki hızlı deniz seviyesi yükselimi öncesi morfolojik unsurlarını yansıtmaktadır. Derinlik ve eğim analizleri ile belirlenen eski kıyı çizgisi, İnebolu açıklarında -125 m, Çatalzeytin'de -110 m ve Ayancık açıklarında -130 m civarındadır.

**Anahtar Kelimeler:** Aşınım, Cide-Sinop açıkları, çok ışınlı batimetri, eoliyen kum tepeleri

**Abstract:** In this study, the factors controlling the seafloor morphology of offshore Cide-Sinop were investigated under the Research Project (TUBİTAK-114Y057) with the multi-beam bathymetric and multi-channel seismic reflection data collected by the Turkish Navy, Department of Navigation, Hydrography, and Oceanography and the Turkish Petroleum Corporation respectively. The data revealed a relatively wide (~ 25 km) shelf plain in the narrow southern Black Sea shelf at a depth of about -100 m. The seismic data indicated that the flat shelf plain

was formed by an erosional surface, and that the recent marine sediments were not deposited on this erosion surface. The shelf plain deepens up to -500 meters along the shelf slope to the north where the landslides are partly existed. The E-W oriented sand-dunes reaching up to 15 meters heights and the form of closed plains between these hills indicating paleo-lakes, were widely mapped in the shelf plain and it is thought that these structures are developed by aeolian and fluvial processes. In the offshore İnebolu, an eroded anticline is outcropped with a WNW-ESE orientation. Morphological features are mostly controlled by faults. The effective protection of morphological features on the seafloor indicate that offshore Cide-Sinop was once a terrestrial landscape that was then abruptly submerged. Thus, these morphological features should have developed at low sea level before the latest sea level rise in the Black Sea.

**Keywords:** Aeolian dunes, erosion, multi-beam bathymetry, offshore Cide-Sinop.

### **KATKI BELİRTME**

Bu çalışma, 114Y057 numaralı Araştırma Projesi ile TÜBİTAK-ÇAYDAG tarafından desteklenmiştir. Proje kapsamında hizmet alımı şeklinde desteklerine başvurulmuş diğer iki kuruluş Dz. K.K. Seyir, Hidrografi ve Oşinografi Dairesi Başkanlığı (SHOD) ve Türkiye Petrolleri A.O. (TP)'dir. Yazarlar, projenin gerçekleşmesinden dolayı İTÜ, TÜBİTAK, SHOD ve TP kurum koordinatörlerine ve araştırmacılarına teşekkür ederler.



## Türkiye'nin Akdeniz Kıyılarında İlk Kıyı Eoliniti Bulgusu: Dana Adası Eoliniti ve Jeoarkeolojik Önemi

*The First Record of Coastal Eolianite on the Mediterranean Coast of Turkey: Eolianite of Dana Island and Its Geoarchaeological Importance*

Ahmet Evren Erginal<sup>1</sup>, Hakan Öniş<sup>2</sup>, Savaş Sarıaltun<sup>3</sup>, Oya Erenoğlu<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Çanakkale

<sup>2</sup>Akdeniz Üniversitesi, Akdeniz Uygurlukları Araştırma Enstitüsü, Antalya

<sup>3</sup>Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Çanakkale

(aerginal@comu.edu.tr)

**Öz:** Türkiye'nin Akdeniz kıyı çizgisinden 2,3 km uzaklıktaki Dana Adası Jura rekristalize kireçtaşlarından oluşan, toplam 2,716 km<sup>2</sup> alana sahip bir adadır. Adanın Anadolu'ya bakan kuzeybatı kıyısı yüksek açılı normal fay düzlemleri önünde birikmiş ve sıkı çimentolanmış yamaç döküntüleri ile ara katmanlı eolinitlerden oluşur. Oldukça yoğun fosil bitki kök kalıpları (rizolit) içeren kıyı eolinitleri ada için aynı zamanda çok önemli jeolojik miras unsurlarıdır. İnce kesit ve taramalı elektron mikroskobu görüntülerinde kuvars, mercan ve alg parçaları yanı sıra oldukça yoğun ooid varlığı tanımlanmıştır. Henüz mutlak yaş verisi bulunmamakla birlikte yer yer gözlenen kırmızı renkli kalın paleosol, eolinit ve eolinit tabakaları içinde gömülü olarak bulunan organosedimanter yapılar, göreceli yağışlı/kurak iklimsel salınımların son sıcak buzularası dönemde ve izleyen buzul çağındaki deniz seviyesi değişikliklerinin kayıtlarını tutmaktadır. Eolinitin bir tırmanan kumul olarak Jura kireçtaşı üzerinde 90 metreye kadar izlenmesi ise kumul kumlarının çökelişini denetleyen eolien aktivitesinin boyutunu açıklamaktadır.

Kireçtaşları üzerindeki dalga aşınım düzlüklerini örten bu istifler antik tersanede kaya oyu/kesme yapıdaki çekek yerleri için kullanılmış ve şekillendirilmiştir. 3000 yıl öncesinde adadaki bu tersane faaliyeti esnasında bu ara tabakalı birimlerde dikdörtgen şekilli 274 çekek yeri ve 300 kadar sarnıç açılmıştır. Özellikle eolinitlerin KB yönünde düşük eğimli tabaka düzlemleri çekek rampaları olarak kullanılmıştır. Kıyı çizgisi boyunca günümüz deniz seviyesinin 1 metre kadar altında uzanan dalga aşınım platformları tersane alanının kullanıldığı 3000 yıl önce deniz seviyesinin 1 metre daha alçak olduğunu göstermektedir. Kıyı çizgisi yakınındaki sarnıç tabanlarının günümüz deniz seviyesinde bulunması da son 3 bin yılda deniz seviyesindeki yükselme ile açıklanabilir.

**Anahtar Kelimeler:** Eolinit, yamaç breşi, paleosol, antik tersane, çekek yeri, dana adası

**Abstract:** Located 2.3 km away from the Mediterranean coastline of Turkey, the Dana Island is composed of Jurassic recrystallized limestone and has a total area of 2,716 km. The north-west coast of the island facing the Anatolia is composed of eolianites deposited in front of high-angle normal fault planes as being intercalated with tightly cemented slope breccia. Coastal

eolianites, which contain dense fossil plant root molds (rhizoliths), are also very important geological heritage elements for the island. Quartz, coral and algae fragments as well as very intense ooid have been described in thin sections and scanning electron microscopy images. Albeit the lack of absolute age data, red-colored thick paleosol observed in some places, eolianite and organosedimentary structures embedded within the eolianite record the relatively rainy/arid climatic oscillations and changes in sea level during the last warm interglacial period and ensuing glacial. The presence of the eolianite above the limestone as a climbing dune structure up to 90 m explains the extent of the eolian activity that have controlled deposition of the dune sands.

These deposits covering wave-cut surfaces on limestone have been used and shaped for rock-cut slipways in the ancient shipyard. During the shipyard activity on the island 3200 years ago, 274 rectangle-shaped slipways and 300 cisterns were cut in these intercalated units. Particularly, low-angle bedding planes of the eolianites inclined towards the NW were used as slipway ramps. Wave-cut platforms lying at 1 meter below the present sea-level reveals that sea-level was lower 3200 years ago than that in present when the shipyard area was in use. The base level of the cisterns near the coastline can also be explained by the rise in sea level during the last 3 ka.

**Keywords:** Eolianite, slope breccia, paleosol, antique shipyard, slipway, Dana sland.



## Horseshoe Adası ve Calmette Yarımadası'nın Jeomorfolojisi, Marguerite Körfezi, Antarktika

### *Geomorphology of Horseshoe Island and Calmette Peninsula, Marguerite Bay, Antarctica*

Cengiz Yıldırım<sup>1</sup>, Attila Çiner<sup>1</sup>, Hasan Hakan Yavaşoğlu<sup>2</sup>, Adil Enis Arslan<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Istanbul Teknik Üniversitesi Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü*

<sup>2</sup>*Istanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi Geomatik Mühendisliği Bölümü*

(cyildirim@itu.edu.tr)

**Öz:** Marguerite Körfezi Antarktika kıtasının batısında yer alan Antarktik Yarımadası'nın güneyinde yer alır. Körfezin içinde bulunan adalar takımı ve anakaradan uzanan küçük yarımadalar daimî buzul örtüsünün kısmen ortadan kalktığı ve buzullaşma sonrası karaların jeomorfik evriminin incelenmesi açısından en uygun alanlardan birini oluşturur. Bu çalışmada körfez içerisinde yer alan Horseshoe Adası ile Calmette Yarımadası üzerindeki yerçekilleri 1:5000 ölçekli olarak haritalanmıştır. Haritalama çalışması çalışma alanındaki örtü buzulunun çekilmesinden sonra buzul morfolojisinin vadi ya da dağönü buzulları şeklinde faaliyet gösterdiği görülmektedir. Bu buzullara ait morenlerin haritalanması sonucu örtü buzullarının çekildikten sonra vadi buzullarının da 3-4 evrede çekildiği görülmektedir. Buzulların çekilmesi aynı zamanda izostatik olarak bu alanların yükselmesine de sebep olmaktadır. Bu izostatik yükselimin en güzel jeomorfik kanıtları basamak şeklinde yükselmiş kıyı çizgileridir. Kıyı çizgileri genel olarak kaba taneli (10-15 cm) plaj çakıllarından oluşmaktadır. Kıyı çizgilerinin alansal dağılışına bakıldığında bunların körfezin değişik yerlerinde 10 m ile 40 m arasındaki farklı yüksekliklerde yer aldığı görülmektedir. Bu durum sahada buzulların çekilmesine kabuğun izostatik tepkisinin yeknesak olmadığını ve mekânsal olarak farklılık gösterdiğini ortaya koymaktadır. Sahada yaygın olan diğer bir yerçekli grubu döküntü yelpazeleridir. Mekanik ayrışma sonucu oluşan döküntü malzemelerinin yerçekimi ile harekete geçmeleri sonucu akarsu şebekelerine benzer şekilde drenaj desenleri ve bunların önünde akarsu birikinti yelpazelerine benzer şekilde döküntü yelpazeleri oluşmakta ve geniş alanlar kaplamaktadır. Tüm bu yerçekilleri ve birbirleri ile etkileşimleri Marguerite Körfezi'nde buzullaşma sonrası arazinin vadi buzullaşması, izostatik süreçler ile birlikte ayrışma ve yerçekimi süreçlerinin ortak çalışması ile şekillendiğini, ayrıca iklimin hala akarsu süreçlerinin etkili olmasına izin vermediğini göstermektedir. Bu çalışma T.C. Cumhurbaşkanlığı himayesinde, T.C. Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı uhdesinde ve İTÜ Kutup Araştırmaları Uyg-Ar Merkezi tarafından koordine edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Antarktika, jeomorfoloji, Marguerite Körfezi, horseshoe, Calmette Yarımadası

**Abstract:** The Marguerite Bay is located in the south-western part of the Antarctic Peninsula. The presence of ice-free areas on the archipelago and small peninsulas of the mainland pro-



wide promising conditions to investigate relative sea-level changes and post-glacial landscape evolution. In this study, the geomorphology of the Horseshoe Island and Calmette Peninsula were mapped in 1:5000 scale. Geomorphic mapping of the area indicates that ice-sheets were replaced by valley and piedmont glaciers. Geomorphic map of the moraines associated with piedmont glaciers show 3 to 4 phases of deglaciation subsequent to the retreat of ice-sheets from the gulf. The retreat of ice-sheets gave also rise to the isostatic uplift of these areas. The most evident geomorphic markers associated with the isostatic uplift are uplifted shorelines that are commonly made up of coarse-grained (10-15 cm) beach cobbles. The spatial distribution of the shorelines reveals 10 m to 40 m uplifts along the coasts of the Gulf. This situation indicates differential isostatic uplift in the area. The most commonly encountered landforms across the Marguerite Bay are debris fans. Mechanical weathering is the dominant surface process here and produce abundant debris material and gravitational processes enable this material to flow along channels like river networks. Debris fans cover large areas at the outlet of these networks. All these landforms and their interaction imply that valley glaciation, isostatic rebound, mechanical weathering and gravitational processes are dominant processes that sculpt the landscape and yet the current climatic setting does not allow the activity of the fluvial processes in the area. "This study was carried under the auspices of Turkish Republic Presidency, supported by the Ministry of Science, Industry and Technology, and coordinated by Istanbul Technical University (ITU) Polar Research Center (PolReC).

**Keywords:** Antarctica, geomorphology, Marguerite Bay, orseshoe Island, Calmette Peninsula



## Fluvial Response to Tectonic Deformation in the Western Flank of the Turkish Central Pontides; Inferences From OSL-Ages

Kevin McClain<sup>1</sup>, Cengiz Yıldırım<sup>1</sup>, Attila Çiner<sup>1</sup>, Sefa Şahin<sup>1</sup>, M. Akif Sarıkaya<sup>1</sup>,  
Orkan Özcan<sup>1</sup>, Nafiye Güneç Kıyak<sup>2</sup>, Tuğba Öztürk<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Istanbul Technical University, Eurasia Institute of Earth Science, Maslak, 34469, Istanbul,

<sup>2</sup>Istanbul OSL Research and Archeometry Lab, Maslak, 34398, Istanbul, Turkey

<sup>3</sup>İşık University, Department of Physics, Faculty of Arts and Science, Maslak, 34980,  
Istanbul

(kevin.geo@zoho.com)

**Abstract:** The Central Pontides of north-central Turkey are a transpressional orogenic wedge along the northern margin of the Central Anatolian Plateau (CAP), compromising the area between the North Anatolian Fault Zone (NAFZ) and Black Sea basin. The antecedent Filyos River incises through the uplifting Karabük Range, creating the ~1.5 km-deep Filyos River Gorge. In this gorge a fluvial strath terrace staircase comprising eight preserved levels was formed on the hanging wall of the Karabük Fault. OSL-ages from five terrace levels were measured, revealing an unsteady pattern of uplift during the last  $539.8 \pm 23.7$  ka. Uplift rates ranged from between 2 and 1.14 mm/yr before  $362 \pm 21.2$  ka, followed by lower rates of ~0.1 and 0.3 mm/yr until present. The hanging wall of the Karabük Fault shows a dynamic environment, where tectonic activity steepens hillslopes that trigger large landslides capable of blocking channels and creating epigenetic gorges. The OSL-ages put temporal constraints on these events, where three wind gaps formed. The modern channel morphometry has existed since  $448.6 \pm 28.8$  ka, but the Filyos River likely used considerable erosional power to remove landslide debris, an episode of thick sedimentation at  $362 \pm 21.2$  ka, and preexisting paired terraces. These factors suggest lower post-362 ka uplift rates may be underestimates. Compared to similar studies on the eastern flank of the Central Pontides, the relatively higher uplift rates of this study confirm a link with distance to the NAFZ restraining bend and uplift, while the dynamic conditions resulting from local tectonic deformation make precision of uplift rates more challenging.

**Keywords:** Central Pontides, uplift rate, orogenic wedge, OSL-dating



## Cosmogenic Data About Uplifted River Terraces: Implications Regarding The Central North Anatolian Fault Segment And The Central Pontide Orogenic Wedge Bstract Title

Aurélia Hubert-Ferrari<sup>1</sup>, Laureen Drab<sup>2</sup>, Lucilla Benedetti<sup>3</sup>,  
Jérôme Van Der Woerd<sup>4</sup>, Jean Van Campenhout<sup>1</sup>

<sup>1</sup>University of Liège, Department of Geography, Clos Mercator 3, 4000, Liège, Belgium

<sup>2</sup>Beicip Franlab, 92502 Rueil-Malmaison, France

<sup>3</sup>CEREGE, Aix-Marseille Université, 13545 Aix En Provence, France

<sup>4</sup>EOST-IPGS, 5 rue René Descartes, 67000 Strasbourg, France

(aurelia.ferrari@uliege.be)

**Abstract:** Shortening in the Central Pontide in Turkey occurs in a wide orogenic wedge centered on the central segment of North Anatolian Fault (NAF) and is tied to the NAF broad restraining bend in that region. The present study provide new insights regarding deformation along the central NAF, and shortening rate in the Pontides deduced from incision rates along the Kızılırmak River, which flows along the NAF in that region. <sup>26</sup>Al, <sup>10</sup>Be, <sup>36</sup>Cl cosmogenic dating on two staircase strath terraces labeled T2 and T3 in the Kamil Basin standing respectively 90m and 75 m above the present riverbed constrains two different episodes of river incision occurring at 89±15 ka and around 67±8 ka ago. Two aggradation phases occurred later forming younger fill terraces T1 and T0. Some terraces are offset by the NAF. T0 is offset by 14 ±2m recording lateral offsets by the 1668 and 1943 earthquakes. The T3 terrace shows a minimum cumulative displacement of 750 m.

Terrace formations are likely to be a response to climatic fluctuations. The MIS 5a T3 terrace and the MIS 4 T2 terrace are coeval with the formation of terraces and pediments in the Gökırmak tributary just to the north, suggesting a regional signal linked to climatic and vegetation changes. Similarly, the terrace formation along the Kızılırmak River in the Anatolian Plateau was inferred to be due to a relative high discharge sediment/supply ratio during Glacial Periods in Turkey resulting from valley down cutting. The younger fill terrace T1 could be also contemporaneous to aggradation along the Kızılırmak River in The Anatolian Plateau and be related to a more negative hydraulic balance during the glacial/interglacial transition leading to fluvial aggradation.

The obtained incision rate from the two strath terrace levels are ranging from 1 to 1.1 mm/yr which is significantly larger than the 0.28 mm/yr fluvial incision in the nearby Gökırmak tributary north of the NAF. The later would indicate a higher tectonic shortening close to the NAF positive flower structure than further north in the larger orogenic wedge formed across the NAF bend. Finally exposure ages put some constraints on the minimal 750 m lateral offset documented across the NAF implying a maximum slip rate of 14 mm/yr over the last 89 ka. This rate is compatible with the 15 mm/yr geological offset inferred considering the present 30 km cumulative offset of the Kızılırmak River over the last 2 Ma.

**Keywords:** Cosmogenic exposure dating, terrace formation, Kızılırmak River, North Anatolian Fault, uplift



## Dedegöl Dağı Geç Kuvaterner Kozmojenik <sup>36</sup>Cl Buzul Jeokronolojisi ve PISM Buz Akış Modeli

### *Late Quaternary Cosmogenic <sup>36</sup>Cl Glacial Geochronology and PISM Ice Flow Model of Mount Dedegöl*

Mehmet Akif Sarıkaya<sup>1</sup>, Oğuzhan Köse<sup>1</sup>, Adem Candaş<sup>1</sup>, Attila Çiner<sup>1</sup>,  
Ömer L. Şen<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü, İstanbul Teknik Üniversitesi, Maslak-İstanbul, 34469

<sup>2</sup>Makine Mühendisliği Bölümü, İstanbul Teknik Üniversitesi, Beyoğlu-İstanbul, 34437

(masarikaya@itu.edu.tr)

**Öz:** Bu çalışmada, Batı Toroslar Dağ kuşağı üzerinde bulunan Dedegöl Dağı'ndan elde edilen kozmojenik <sup>36</sup>Cl buzul kronolojileri ve sayısal buzul akış modeli ile elde edilen paleoklim çıkarımları sunulmuştur. Dedegöl Dağı'ndaki (2992 m, Beyşehir Gölü'nün ~ 15 km batısı) üç buzul vadisinde, morenlerden alınan toplam 25 örnek kozmojenik <sup>36</sup>Cl yüzey tarihlendirmesi ile tarihlendirilmiştir. K-KD yönlü Sayacak, Kisbe ve Karagöl vadilerinin jeomorfolojik haritalanması ve üretilen <sup>36</sup>Cl buzul kronolojisi, LGM öncesinden (LGM: Son Buzul Maksimumu) Erken Holosen dönemine kadar birkaç buzul dönemini ortaya çıkarmıştır. LGM öncesi buzullaşmalar, Sayacak Vadisi'nin kuzeyindeki 29,7 ± 2,9 bin yıl ile tarihlenen bir tümseksi moren kompleksi ile temsil edilmektedir. Bu tümseksi morenlerden elde edilen yaşlar, küresel LGM'den önce buzul gelişimi hakkında önemli kanıtlar sunmaktadır. Aynı vadiye, buzullar LGM'de en geniş konularına ulaştılar ve 19,7 ± 1,6 bin yıl önce yan morenleri depoladılar. Geç Buzul dönemi morenleri, doğuya bakan Karagöl vadisinde 16,4 ± 0,7 bin ve 12,0 ± 1,0 bin yılları arasında tarihlendirilmiştir. En genç buzul safhaları Dedegöl Dağı'nda Genç Dryas (11,5 ± 0,8 bin yıl önce) ve Erken Holosen (9,8 ± 1,4 bin yıl önce) sırasında meydana gelmiştir. Bulgularımız, Dedegöl Dağı'ndan elde edilen buzul kronolojisinin, Anadolu ve Balkan Yarımadası'nın başka yerlerinde elde edilen jeokronolojiler ile uyumlu olduğunu doğrulamaktadır. Buzulların kapladığı alan ile bilgisayarda üretilen sayısal buzul rekonstrüksiyonlarının eşleştirmesiyle paleoklim koşulları tahmin edilebilir. Bu amaçla, Parallel Ice Sheet Modeling (PISM) isimli açık kaynak kodlu bir yazılım, Türkiye'nin güneybatısındaki küçük bir buzul takkesi üzerinde LGM iklim koşullarının modellenmesi için kullanılmıştır. En uygun eşleşmeleri gösteren sonuçlar, LGM sırasında sıcaklığın Anadolu'daki vekil veriler tarafından önerilen 8-11°C düşük aralığında, yağışın bugünkü değerden azami % 40 daha yüksek olması gerektiğini göstermektedir.

**Anahtar Kelimeler:** <sup>36</sup>Cl yüzey yaş tayini, Son Buzul Maksimumu, Holosen, PISM, Dedegöl Dağ.

**Abstract:** We present the timing of glaciations and paleoclimate reconstructions based on ice flow models in the western Taurus Mountain Range of Turkey during the Late Quaternary. Twenty-five boulders from prominent moraines in three glacial valleys of Mount Dedegöl

(~15 km west of Lake Beyşehir) were dated by cosmogenic  $^{36}\text{Cl}$  surface exposure dating. The geomorphological mapping of N-NE trending Sayacak, Kisbe and Karagöl valleys and their in-situ produced  $^{36}\text{Cl}$  glacial chronology revealed several glacial episodes during the late Quaternary from Pre-LGM (pre-Last Glacial Maximum) to early Holocene. Pre-LGM glaciations are represented by a push-hummocky moraine complex in the northern Sayacak Valley and dated to  $29,7 \pm 2,9$  ka ago. The ages obtained from these hummocky moraines give substantial evidence about ice accumulation prior to the global LGM. In the same valley, glaciers reached their maximum positions at LGM and deposited lateral moraines at  $19,7 \pm 1,6$  ka ago. Late-glacial moraines were dated to between  $16,4 \pm 0,7$  ka and  $12,0 \pm 1,0$  ka in a nearby east-facing Karagöl valley. The youngest glacial stages occurred during the Younger Dryas stadial ( $11,5 \pm 0,8$  ka) and early Holocene ( $9,8 \pm 1,4$  ka) in the Mount Dedegöl. Our results confirm that the glacial geochronologies of the Mount Dedegöl are consistent with the geochronologies obtained elsewhere in Anatolia and Balkan Peninsula. The area covered by glaciers can be matched with the results produced by computer-based numerical glacier reconstruction. For this purpose, an open source software, named Parallel Ice Sheet Modeling (PISM) was used to reconstruct the LGM climate conditions. Results showing the best-fit matches indicate that if temperatures during LGM were 8-11°C colder than today, proposed by the proxy data in Anatolia, precipitation should range from same as today to up to 40% higher than present.

**Keywords:** Quaternary, moraine, cosmogenic  $^{36}\text{Cl}$ , Taurus Mountains, Lake Beyşehir



## Tektonik Aktivite Değerlendirmesine Jeomorfometrik Bir Yaklaşım Menderes Masifi, Batı Anadolu, Türkiye

*Geomorphometric Approaches for Assessment of Tectonic Activity in  
Menderes Massif, Western Anatolia, Turkey*

Şeyma Yıldız<sup>1</sup>, Tolga Görüm<sup>1</sup>, Cengiz Yıldırım<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü, İstanbul Teknik Üniversitesi, Maslak-İstanbul, 34469  
(yildizse18@itu.edu.tr)

**Öz:** Depremler, dağlık topografyanın oluşumunun arkasındaki itici güçlerden biridir. Dağlık topografya üzerinde, akarsu kanal özellikleri, dağ cephesinin görünümü, drenaj yoğunluğu, drenaj şebekesi ve eğim kırıkları aktif tektoniğin varlığının kanıtlarıdır. Belli bir bölgede, fay segmentlerinin göreceli tektonik aktivitesinin jeomorfik kanıtı, deprem tehlike haritalarının tahmin kapasitesini arttırmak için önemli veriler sağlamaktadır. Bu çalışmada, deprem potansiyelini ve bölgesel sismik tehlikeyi açıklığa kavuşturmaya yardımcı olması için, farklı fay segmentlerine ait dağ cephesi ve akarsu morfolojisi, tektonik aktivite düzeyi değerlendirmesinin bir vekili olarak analiz edilmiştir. Tektonik aktivite düzeyinin belirlenmesi için bu morfolojik unsurlar kullanılarak dağ cephesi eğriliği, vadi tabanı genişliği-vadi yüksekliği oranı, akarsu-uzunluk gradyan indisi, akarsu kanal sarplık indisi gibi morfolojik indisler kullanılmıştır. Bu kapsamda Menderes Masifi, Batı Anadolu'daki sismik olarak aktif bölgelerden biri olan bir test alanı olarak seçilmiştir. Seçilen bu alan için Yüksek ve düşük açılı aktif faylar yüksek alanları grabenden ayıran alanlardır ve bu alanlar tarihi dönemlerden bugüne kadar birçok yıkıcı depreme tanık olmuştur. Tarihi döneme ait yıkıcı depremler, Anadolu ile Ege Denizi arasında bağlantı sağlayan önemli ticaret yollarının bulunduğu graben sistemlerinde, Efes, Milet ve Kaunos gibi önemli antik kentlerde derin izler bırakmıştır. Fay segmentleri arasındaki göreceli aktivite seviyesi, Menderes Masifi'ndeki segmentasyon ilişkili aktivite sınıflamasına göre belirlenmiştir. Bu çalışmada elde edilen sonuçlar ışığında, tektonik aktivite sınıflaması, deprem potansiyelinin belirlenmesinde ve deprem tehlike haritalarının tahmin kapasitesinin artırılmasında, diri fay sınıflaması ve paleosismolojik verileri destekleyen bir yöntem olarak uygulanmıştır. Fay segmentleri temelinde uygulanan morfolojik analizler, farklı dağ cephesindeki tektonik aktivite düzeyine göre çalışma alanındaki düşük, orta ve yüksek olarak üç aktivite sınıfını göstermektedir. Morfolojik indislerden elde edilen sonuçlara göre Menderes Masifi'nde yüksek tektonik aktiviteye sahip alanlar Alaşehir Grabeni, Karacasu Grabeni ve Aydın civarı olduğu belirlenmiştir. Yüksek tektonik aktiviteye sahip alanların, gelecekte sismik tehlike yaratabileceği ortaya konmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Menderes Masifi, tektonik indisler, jeomorfometri, sismik tehlike değerlendirilmesi

**Abstract:** Earthquakes have long been recognized one of the driving engines behind the creation of mountainous topography. River channel characteristics, drainage density, drainage network and knickpoints, sinuosity of the mountain range front demonstrate presence of active tectonics. In a given region, the geomorphic evidence of relative tectonic activity of fault

segments provides important data for promoting the estimation capacity of earthquake hazard maps. In this study, we analyze mountain fronts and stream morphology of the different fault segments as a proxy for fault activity degree assessment, which may further help to elucidate the earthquake potential and regional seismic hazard. In order to determine the tectonic activity level, morphometric indices such as mountain front curvature, valley base width-valley height ratio, stream-length gradient index, stream channel steepness index were used. Within this scope, we select the Menderes Massif as a test area, which is one of the seismically active regions in the Western Anatolia. The area has many high and low angle active faults that separate from highlands to graben and has experienced many devastating earthquakes from historical periods to present. The devastating earthquakes that occurred in historical periods have left deep traces on important ancient cities such as Ephesus, Miletus and Kaunos on the graben systems where important trade routes providing the connection between Anatolia and the Aegean Sea. The level of relative activity between fault segments has been determined by segmentation-related activity classification in the Menderes Massif. In the light of the results obtained in this study, the classification of tectonic activity was applied as a method to determine the earthquake potential and to increase the estimation capacity of earthquake hazard maps, supporting the active fault classification and paleoseismological data. Morphometric analysis based on fault segments present three activity classes in the study area i.e. low, moderate and very high, according to the rate of tectonic activity in different mountain fronts. According to the results obtained from the morphometric indices, areas with high tectonic activity in the Menderes Massif were determined to be Alaşehir Graben, Karacasu Graben and Aydın province. Areas with high tectonic activity are likely to cause seismic hazards in the future.

**Keywords:** Menderes Massif, tectonic indices, geomorphometry, seismic hazard assessment



## Dolin Morfometrisinin Morfotektonik Çalışmalar Açısından Önemi: Orta Toroslar'dan Örnek Çalışmalar

*Importance of Doline Morphometry in Terms of Morphotectonic Studies:  
Case Studies From Central Taurus Mountains*

**Muhammed Zeynel Öztürk<sup>1</sup>, Mehmet Furkan Şener<sup>1</sup>, Mesut Şimşek<sup>2</sup>,  
Mustafa Utlu<sup>3</sup>, Murat Poyraz<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Fen Edeb. Fak., Coğrafya Bölümü, Merkez Yerleşke  
Niğde

<sup>2</sup>Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Edeb., Fak. Coğrafya Bölümü, Hatay  
<sup>3</sup>Bingöl Üniversitesi Fen Edeb. Fak., Coğrafya Bölümü, Bingöl

<sup>4</sup>Ahi Evran Üniversitesi Fen Edeb. Fak., Coğrafya Bölümü, Kırşehir  
(muhammed.zeynel@gmail.com)

**Öz:** Karst morfolojisi Akdeniz Bölgesi'nin fiziki coğrafyasının önemli bir bileşenidir ve Türkiye'nin güney kesimi boyunca kesintisiz bir kuşak şeklinde uzanan Toros Dağları dünyadaki en büyük ve en önemli karstik sistemlerden bir tanesidir. Tektonik hareketler karstik alanların şekillenmesinde önemli bir rol oynadığı için Toros Dağları'ndaki karstik şekiller yapısal çizgisellikleri takip eder. Dairesel ve yarı dairesel çözünme dolinleri (kapalı depresyonlar) Toroslar'daki yüksek karstik platoların en özgün yüzey şekilleridir. Tektonik yapı, özellikle çatlak yoğunluğu ve yönelimi, bu yüksek karstik platolar üzerinde dolin gelişimi, yoğunluğu, yönelimi ve dağılışını kuvvetli bir şekilde etkilemektedir. Bu nedenle dolin yönelimi karstik bölgelerdeki tektonizmanın özelliklerinin belirlenmesinde etkili bir gösterge olarak kullanılır. Özellikle dolinlerin uzun eksen yönelimleri dolinlerin gelişiminde etkili olan çatlak sistemleri hakkında önemli ipuçları sağlar. Bu çalışmada dolinlerin alansal dağılış ve morfometrik özelliklerinin belirlenmesinde 1/25.000 ölçekli topografya haritaları kullanılmıştır. Topografya haritalarında dolini oluşturan en üst kapalı izohips eğrisi CBS ortamında poligon olarak sayısallaştırılmış ve bu poligonun birbirine en uzak iki noktasını birleştiren çizgiye göre dolinlerin yönelim (azimut) özellikleri belirlenmiştir. Ardından dolin uzun eksen yönelimlerine göre gül diyagramları oluşturulmuştur. 1/25.000 ölçekli haritalara göre Batı ve Orta Toros Dağları üzerinde toplamda 13,189 km<sup>2</sup> alan kaplayan 11 yüksek karstik plato üzerinde 140,070 dolin tespit edilmiştir. Orta Toroslar'daki her bir kütleye göre (Anamas, Gidengelmez ve Geyik Dağları, Ermenek Platosu ve Bolkar platosu) üzerindeki dolinlerin uzun eksen yönelimlerine oluşturulan gül diyagramları, dolin yöneliminde iki yönün (KB-GD, KD-GB) egemen olduğunu ortaya koymuştur. Bununla birlikte her bir kütle kendi içerisinde değerlendirildiğinde, kütlelerdeki dolin yönelimlerinin Toros Dağları'nın orografik uzanımına paralel olduğu görülmüştür. Egemen uzanım doğrultusu, Orta Toroslar'ın doğusunda KD-GB iken, batı kesimde KB-GD doğrultuludur. Elde edilen bu sonuçlara göre dolin yönelimleri Orta Toroslar içerisinde, alanın tektonik evrimine uygun olarak bir yay çizdiğini göstermektedir.



**Anahtar Kelimeler:** Dolin, karst topografyası, tektonik, Toros Dağları, uzun eksen, yönelim.

**Teşekkür:** Bu *çalışma* Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TUBİTAK) tarafından desteklenmiştir (Proje numarası: 115Y580). Katkılarından dolayı TUBİTAK'a teşekkür ederiz.

**Abstract:** Karst morphology is a significant component of the physical geography of the Mediterranean region and the Taurus Mountains, which are one of the largest and most important karstic terrains of the world, form continuous karst belt across southern Turkey. Tectonic movements played an important role on information of karstic landforms, as karstic landforms follow structural lineaments in the Taurus Mountains. Circular or semicircular solution dolines (closed depressions) are the most specific surface landforms of high karstic plateaus of the Taurus Mountains. Tectonic structure, especially joint intensity and orientation, has a strong effect on doline development, density, orientation and distribution on these plateaus. Hence, dolines orientations are used as a sensitive indicator for tectonic activity in a karstic region and orientation of the doline long axes provides important clues about their joint systems. In this study, 1/25,000 scale topographic maps were used to determine the spatial distribution and morphometric parameters of dolines. The uppermost closed contour lines of dolines were delineated as polygons in a GIS and the orientation angles of dolines were calculated as an azimuth of the line connecting the two farthest points (long axis) within the doline. Later, rose diagrams were drawn using the azimuths of the long axis of the dolines. According to the 1/25.000 scale topographic maps, 140.070 dolines were determined within 13,189 km<sup>2</sup> on 11 high karstic plateaus of the Western and Central Taurus Mountains. In the Central Taurus (Anamas, Gidengimez and Geyik Mt., Ermenek and Bolkar plateaus), rose diagrams reveal two dominant directions in doline orientations (NW-SE and NE-SW). Additionally, dolines directions are found to be parallel to the general orographic elongation of Taurus Mountains. Dominant directions are NE-SW at eastern and NW-SE at western part of the Central Taurus. According to these results, doline orientations show an arc shape, which is formed by the tectonic evolution of the Central Taurus Mountains.

**Keywords:** Doline, karstic landforms, long axis, orientation, Taurus Mountains, tectonic.

**Acknowledgement:** This study supported by the Scientific and Technological Research Council of Turkey (TUBİTAK) (Project number: 115Y580). We express our sincere thanks for their financial support.



## Anadolu Platosunun Kuzey Yamaçlarındaki Büyük Anakaya Heyelanlarının Dağılım Karakteristikleri

### *Distribution Characteristics of Large Bedrock Landslides on the Northern Margin of the Anatolian Plateau*

**Tolga Görüm**

*Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü, İstanbul Teknik Üniversitesi, Maslak – Sarıyer, İstanbul  
(tgorum@itu.edu.tr)*

**Öz:** Dağ kuşakları sadece dağcılar ve adrenalin bağımlıları için değil, aynı zamanda bu kuşakların yükselmesinin nasıl ve ne oranda sınırlandığını anlamaya çalışan yerbilimciler için de zorluklar içerir. Dağlık alanların sarp topoğrafyası; tektoniğe bağlı yükselme, akarsuların vadileri boyunca yaptığı derine doğru aşındırma ve kütle hareketlerine bağlı yamaç erozyonu arasındaki etkileşimlerden kaynaklanmaktadır. Kütle hareketleri ve yüzey akışı, tektonik olarak aktif Anadolu Platosu'nun kuzey kenarındaki aşınımı kontrol eden ana jeomorfik süreçlerdir. Genel olarak, platonun kuzey kenarı aşırı orografik yağışlar ile iklim ve tektonik açıdan hızlı yükselme ile karakterize edilmektedir. Tektonik, iklim ve Anadolu Platosu kenarlarındaki aşınım arasındaki dinamik bağlantı hakkında çok az çalışma mevcutsa da, plato kenarının bu kısmı geniş ve hızlı topografik değişikliklere neden olabilecek diğer kenar kuşaklara kıyasla büyük anakaya heyelanlarla temsil edilmektedir. Bu çalışmada, uzun süreli aşınımın dağlık alanlardaki önemli bir süreç bileşeni olan büyük anakaya heyelanları ve topografik rölyef arasındaki ilişki, literatürde önerilen yamaç aşınım indeksi kullanılarak, bu indisin geçerliliği test edilmiştir. Anadolu Platosu'nun kuzey kenarındaki 260,406 km<sup>2</sup>'lik bir alan üzerinde 1290 büyük (> 1 km<sup>2</sup>) anakaya heyelanı haritalanmıştır. Bu haritalama sırasında yüksek çözünürlüklü uydu görüntüleri kullanılmış ve haritalama sonuçları Türkiye Heyelan Haritası ile de karşılaştırılmıştır. Çalışmada, büyük anakaya heyelanlarının üç ana zona yoğunlaştıkları ve bu heyelan yüksek yoğunluk alanlarından ikisinin topografik rölyefin önerilen üst dayanım limitine yakın olan eğimin en sarp olduğu %6'lık kesime karşılık geldiği ortaya konulmuştur. Buna karşın önerilen eşik yamaç eğimliğine bağlı aşınım eşitliliğine uymayan üçüncü heyelan yüksek yoğunluk alanı Kuzey Anadolu Fay Zonu içerisinde yer alır. Bu alan diğer alanların aksine sismik sarsıntılarının ve tektoniğin topoğrafyanın yamaç eşik değerlerine ulaşmış olmasından bağımsız olarak dikkat edilmesi gereken önemli bir faktör olduğuna işaret etmektedir. Çalışmada alanında 1-22 km<sup>2</sup> arasında değişen farklı tipte (ağırlıklı olarak kaya kayması/çığı, kompleks düzlemsel ve rotasyonel kaya ve moloz kaymaları gibi) toplam 1290 adet kütle hareketi haritalanmıştır. Bu kütle hareketlerinin: (1) akarsu havzalarının üst akaçlama sistemlerini dönemsel veya varlığını halen koruyan set gölleri oluşturarak, dolayısıyla akarsu gradyanını değiştirerek sistemi alüvyal boğulmaya zorladığı, (2) akarsu kanallarını öteleyerek mendereslenmeye ve akarsu gömülmesine neden olduğu, (3) taşıma limitli havzalarda yamacı aşınımına karşı korurken, tam tersi taşıma limitli olmayan havzalarda gravitasyonel aşınımın artmasını sağlayarak plato yamaçlarının uzun dönem jeomorfolojisi üzerinde etkili olduğu saptanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Heyelan, aşınım, jeomorfoloji, iklim, tektonik, Anadolu Platosu.

**Abstract:** Mountain belts also have difficulties for not only climbers and adrenalin addicts, but also for earth scientists who try to understand how and to what extent these rises are limited. The steep topography of mountain areas is the result of the complex interactions between the uplift, river incision along the valleys and hillslope erosion due to mass movements. Mass movements and surface runoff are the main geomorphic processes controlling the erosion in the northern margin of the tectonically active Anatolian Plateau. In general, the northern margin of the plateau is characterized by extreme orographic precipitation and rapid uplifts in terms of climate and tectonics. Very few studies are available on the dynamic coupling between tectonics, climate, and erosion at the margins of the Anatolian Plateau, although this section of the plateau margin comprises most of the large bedrock landslides compared to other margins which can cause extensive and rapid topographic changes. This study tests the proposed concept that hillslopes adjust to rapid uplift and bedrock incision through an increase in the rate of relief-limiting landsliding rather than gradual slope steepening by investigating the relationship between mean local relief, which I take to be a proxy of long-term erosion rates, and the occurrence of 1290 large ( $>1 \text{ km}^2$ ) bedrock landslides over an area  $260,406 \text{ km}^2$  in the northern margin of the Anatolian Plateau. During the landslide mapping I used high-resolution satellite imagery, and I also cross-checked the mapping results with Turkey Landslide Map. I found that large landslides have concentrated in three main zones and two of these peak areas of landsliding corresponds to the steepest 6% slope of the topography, where relief is close to its proposed upper strength limit. However, it has been presented that the other incompatible area is mainly located within the deformation zone of North Anatolian Fault, suggesting that the seismic shaking should be considered as an important factor, irrespective of whether threshold hillslopes have developed or not. In the study, a total of 1290 mass movements were mapped in different types (mainly rock slides/avalanches, complex planar rocks and debris slides) ranging from  $1\text{-}22 \text{ km}^2$ . Furthermore, this study shows that the large bedrock landslides able to disturb the river systems and can change the rivercourse and network systems from meandering to braided channels (1) they are capable to limit sediment dynamics (2) large bedrock landslides are effective on the long-term geomorphology of the plateau slopes by increasing the gravitational erosion while protecting against erosion and vice versa (3).

**Keywords:** Landslide, erosion, geomorphology, climate, tectonic, Anatolian Plateau.



## Investigation of Geomorphic Indices Through Digital Elevation Model : A Case Study of Barkhan, Balochistan, Pakistan

Jahanzeb Qureshii<sup>1</sup>, Syed Amer Mehmood<sup>1</sup>, Pervez Khalid<sup>2</sup>, Javed Sami<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Department of Space Sciences, University of the Punjab 54590 Lahore, Pakistan

<sup>2</sup> Institute of Geology, University of the Punjab 54590 Lahore, Pakistan

(jzebqureshipu@gmail.com)

**Abstract :** The western margin of Indian plate is neo- tectonically active area comprising of numerous faults along with the transform boundary between Indian and Eurasian plates. Severe active surface deformation that causes change in local topography and can be computed through geomorphometric indices. We utilized geomorphometric indices such as the hypsometric integral and isobase to decipher active tectonics in the Barkhan and surrounding region in Balochistan (Southern Pakistan). The results obtained show that the hypsometric curves, integrals and isobase levels indicate that the values of these indices are high near the hanging walls of thrust faults. The relative uplift in the context of concave-up hypsometric curve and higher isobase values is observed which is due to the increasing seismicity due to the active Chaman fault (980 kms long) in the region.

**Keywords:** Neo-tectonics, geomorphometry, remote sensing, Barkhan, Balochistan



**JEOTERMAL ENERJİ / GEOTHERMAL ENERGY**

Gültekin TARCAN - Mehmet Furkan ŞENER - Ayşen DAVRAZ -  
Arzu FIRAT ERSOY - Ozan DENİZ

---

**Sözlü Sunumlar/*Oral Presentations***

**ÖZ/ABSTRACT**





## Ungaran Jeotermal Sahasında (Endonezya) Olası bir CO<sub>2</sub> Enjeksiyonunun Denge ve Kinetik Modellemesi

*Equilibrium and Kinetic Modeling of a Possible CO<sub>2</sub> Injection in Ungaran Geothermal Field, Indonesia*

**Gagas P. Utomo, Nilgün Güleç**

*Department of Geological Engineering, Middle East Technical University 06800 Ankara  
(gagas.utomo@metu.edu.tr)*

**Öz:** Karbon Yakalama ve Depolama (CCS), atmosferik karbon emisyonunu azaltmaya yönelik olarak, CO<sub>2</sub>'in yakalanmasını ve bir jeolojik formasyon içinde depolanmasını içeren bir yöntemdir. Olası enjeksiyon alanlarından biri jeotermal rezervuarlardır. Bu çalışmada, bir jeotermal rezervuar içindeki CO<sub>2</sub> davranışını simüle etmek için Endonezya'nın bilinen jeotermal alanlarından biri olan Ungaran sahasında mevcut akışkan ve rezervuar kayaç mineralojisine ilişkin veriler PHREEQC programında analiz edilmiştir. Simülasyon, denge ve kinetik modellemeye dayanmaktadır; reaktif taşınma modellemesi bu çalışmanın kapsamı dışındadır. Ayrıca modelleme, sabit bir sıcaklıkta ve basınçta simülasyon sırasında tek aşamalı bir CO<sub>2</sub> enjeksiyonunu varsayar. Denge modellemesi, CO<sub>2</sub>-akışkan-rezervuar kayacı arasında denge sağlandıktan sonra su kimyasındaki değişimin yanı sıra rezervuar kayacının mineral bileşimi ve gözeneklilik değerindeki değişimi anlamak için, kinetik modelleme ise mineraller arasındaki kimyasal reaksiyonların, CO<sub>2</sub> enjeksiyon döneminden dengeye ulaşana kadar nasıl geliştiğini anlamak için yapılır. Modelleme sonuçları, kalsit çökelinin CO<sub>2</sub> kapanlanmasının ana mekanizması olduğunu işaret etmiştir; kalsit çökeli ise rezervuar litolojisinde mevcut olan anortitin CO<sub>2</sub>'in enjeksiyonu ile çözünmesi süreci tarafından kontrol edilmektedir. Ayrıca, rezervuar porozitesinde küçük bir azalma (~% 0,4) ve pH değerinde hafif bir artış (~ 2,4) gözlemlenmiştir. Enjeksiyondan 10 yıl sonra denge durumuna ulaşılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** CO<sub>2</sub> depolama, jeotermal rezervuar, denge modellemesi, kinetik modelleme

**Abstract :** Carbon Capture and Storage (CCS) is a method to reduce atmospheric carbon emission which involves capturing and storing CO<sub>2</sub> inside a geologic formation. One of the possible injection sites is geothermal reservoirs. In this study an attempt was done to simulate the behavior of CO<sub>2</sub> inside a geothermal reservoir using PHREEQC program and the data available in one of the well known geothermal fields of Indonesia, namely, the Ungaran field. The data used include both brine chemistry and reservoir rock mineralogy of the field. The simulation is based on equilibrium and kinetic modelling, reactive transport modelling is outside the scope of this study. Further, modelling assumes a single stage CO<sub>2</sub> injection during simulation at a constant temperature and pressure. Equilibrium modeling is done to understand the change in mineral composition and porosity value of the reservoir rock as well as the change in brine chemistry after equilibrium is achieved between CO<sub>2</sub>-brine-reservoir rocks. Kinetic modeling



is done to understand how chemical reactions between minerals proceed from CO<sub>2</sub> injection period until equilibrium is achieved. The modeling results in identifying calcite precipitation as the major mechanism of CO<sub>2</sub> trapping whereby calcite precipitation is controlled by the dissolution of anorthite in the reservoir lithology with the introduction of CO<sub>2</sub>. Minor porosity decrease (~ 0.4%) and pH increase (~ 2.4) is also observed. Equilibrium is achieved 10 years after injection.

**Keywords:** CO<sub>2</sub> storage, geothermal reservoir, equilibrium modelling, kinetic modelling



## İki Fazlı Akış Koşullarında Karbondioksit-Buhar Oranı Belirleme Yöntemleri

### *Determination Methods of Carbon dioxide-Steam Ratio in Two Phase Flow Condition*

**Taylan Akın**

*Pamukkale Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü  
(takin@pau.edu.tr)*

**Öz:** Sıvı fazlı jeotermal rezervuarda termal su kuyu içerisinde yükselirken basınç düşmesi neticesinde buharlaşmakta ve CO<sub>2</sub> gibi çözülmüş uçucu bileşenler gaz fazına geçmektedir. Bunun sonucunda termal su adiabatik soğumakta ve bazı mineraller kuyu içerisinde çökelmektedir. Yüzeyle ulaşan jeotermal akışkanın fizikokimyasal özellikleri rezervuardan farklılaştığı için yüzeyden alınan akışkan örneklerinin kimyası rezervuar özelliklerini temsil etmemektedir. Jeotermal suyun rezervuar karakteristiklerini belirleyebilmek için akışkan kimyasının yanında CO<sub>2</sub>-buhar oranının da belirlenip rezervuara indirgenmesi gerekmektedir. Böylece, rezervuardaki akışkanın pH, mineral doygunluk, çökelen bileşenlerin ilksel değerleri (inhibitör Optimizasyonu için), çözülmüş CO<sub>2</sub>'nin rezervuardaki basıncı gibi özellikleri hesaplanabilmektedir. Ayrıca, kuyu içi basınç, sıcaklık ve akışkan kimyasındaki değişimlerin modellenmesi için de CO<sub>2</sub>-buhar oranı ölçümlerinin hassas bir şekilde yapılması gerekmektedir. Bu sayede, inhibitörün basılacağı derinlik jeokimyasal yöntemlerle belirlenebilmekte ve rezervuarda çift faz oluşturmadan kuyunun işletilebileceği maksimum debi hesaplanabilmektedir.

CO<sub>2</sub>-buhar ölçümleri pratikte yüzeydeki buhar hatları üzerinde veya kuyu başlarındaki sepratörler kullanılarak yapılmaktadır. Ölçümler yaygın olarak, kabarcık yöntemi ve gaz debimetresi kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Ayrıca, yoğunlaşmış su buharıyla beraber alınan gaz örneklerinin analiziyle CO<sub>2</sub>-buhar oranı belirlenebilmektedir. Ölçüm yöntemlerinin dışında, gerçek gaz denklemleri ve gaz fugasitesi gibi hesaplama yöntemleri kullanılarak CO<sub>2</sub>-buhar oranı hesaplanmaktadır. Bu çalışmada, rezervuar kimyasının belirlenmesinde ve rezervuar izleme çalışmalarında çok önemli bir parametre olan karbondioksit-buhar oranını belirleme yöntemleri ayrıntılarıyla gösterilecek olup, yöntemlerin birbirlerine göre avantaj ve dezavantajları tartışılacaktır.

**Anahtar Kelimeler:** Gaz-buhar oranı, NCG, CO<sub>2</sub>, jeotermal, rezervuar

**Abstract:** Thermal water in the liquid phase geothermal reservoir boils in wellbore as a result of a pressure drop and the dissolved volatile components such as CO<sub>2</sub> pass into the gas phase simultaneously. As a consequence, thermal water cools adiabatically and some minerals may precipitate in the wellbore. Since the physicochemical properties of the geothermal fluid reaching the surface differ from the reservoir, the chemistry of the fluid samples taken from the surface does not represent the reservoir characteristics. In order to determine the reservoir characteristics of geothermal water, the CO<sub>2</sub>-steam ratio must be determined and reduced to the

reservoir in addition to the fluid chemistry. Thus, properties of the fluid in the reservoir such as pH, mineral saturation, initial values of precipitated components (for inhibitor optimization), and pressure of dissolved CO<sub>2</sub> in the reservoir can be calculated. Moreover, the CO<sub>2</sub>-steam ratio measurements should also be done precisely in order to model the changes in the pressure, temperature and fluid chemistry in the wells. In this way, the depth where the inhibitor should be injected can be determined by geochemical methods and the maximum flow rate of the well can be calculated without creating two phase in the reservoir.

CO<sub>2</sub>-steam measurements are practically performed on the surface at the steam lines or by separators at the wellheads. Measurements are commonly performed using bubble method and gas flowmeter. In addition, CO<sub>2</sub>-steam ratio can be determined by analyzing the gas samples that taken with condensed steam. Besides the measurement methods, CO<sub>2</sub>-steam ratio can be computed by using calculation methods such as real gas equations and gas fugacity. In this study, determination methods of the carbon dioxide-steam ratio, which is a very important parameter in determining reservoir chemistry and reservoir monitoring study, will be shown in detail and the advantages and disadvantages of the methods will be discussed.

**Keywords:** Gas-steam ratio, NCG, CO<sub>2</sub>, geothermal, reservoir



## Jeotermal Kuyularda Akışkanın Jeokimyasal Evriminin Modellenmesi ve Sürdürülebilir Enerji Üretimi İçin Uygulanması

### *Modeling The Geochemical Evolution Of Fluids In Geothermal Wells And Its Implication For Sustainable Energy Production*

**Taylan Akın, Hulusi Kargı**

*Pamukkale Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü  
([takin@pau.edu.tr](mailto:takin@pau.edu.tr), [hkargi@pau.edu.tr](mailto:hkargi@pau.edu.tr))*

**Öz:** Jeokimyasal değerlendirme için jeotermal akışkanlar pratikte yüzey şartlarında örneklenmektedir. Ancak; jeotermal su rezervuardan yüzeye kuyu boyunca yükselirken mineral çökelişi, kaynama, gaz çıkışı ve soğuma gibi süreçler nedeniyle suyun fiziksel ve kimyasal özellikleri değişmektedir. Bu çalışmanın amacı, su fazlı jeotermal rezervuarların jeokimyasal karakteristiklerini tahmin etmek ve sürdürülebilir enerji üretimine katkı sağlayan parametrelerle ilgili bilgi sağlamak amacıyla kuyu içi jeokimyasal evrimi modellemektir. Bu amaç doğrultusunda, yaygın olarak kullanılan ve ticari olmayan bir yazılım olan PHREEQC için bir iş akışı geliştirilmiş ve Kızıldere jeotermal sahasında (GB-Türkiye) bulunan dört jeotermal kuyunun akışkan kimyası kullanılarak jeokimyasal modelleme yaklaşımı gösterilmiştir. Modellenen rezervuar kimyasına göre, Kızıldere’de rezervuar sıvı fazlıdır ve çözünmüş CO<sub>2</sub> ile buhar basınçları toplamı 135-160 atm arasında değişmektedir. Çalışmada kullanılan kuyuların örnekleme debileri için hesaplanan kuyu içi ilk gaz kabarcığı oluşum derinlikleri 1597, 1751, 1884, 1579m. dir ve inhibitör bu derinliklerin altına basılmalıdır. Rezervuardaki toplam kalsiyum ilksel konsantrasyonu 3,67, 5,93, 5,04, 6,01 mg/kg olarak hesaplanmıştır. Kalsitle beraber, silika polimorfları, amfibol, serpantin, piroksen, karbonat ve fillosilikat grubu minerallerden oluşan 16 mineral seperatör koşullarında çökeltme eğilimi kazanmaktadır. Rezervuar ve kuyularda mineral çökelmelerini engelleyerek sürdürülebilir enerji üretimi sağlamak için; inhibitörün kuyu içinde basılacağı derinlik, çökelen minerallerin türleri ve ilksel değerleri, rezervuarda çözünmüş toplam gaz ve buhar basıncı gibi gerekli parametreler, bu çalışmada önerilmiş iş akışı PHREEQC yazılımında kullanılarak herhangi bir sıvı fazlı jeotermal saha için belirlenebilir.

**Anahtar Kelimeler:** Jeokimyasal modelleme, CO<sub>2</sub>, kalsit çökelişi, phreeqc, jeotermal, Kızıldere

**Abstract:** In practice, geothermal fluids are sampled under surface conditions for geochemical interpretations. However, the physical and chemical properties of geothermal waters change as the waters flow from a reservoir to the surface along the well due to processes such as mineral scaling, degassing, cooling and boiling. The objective of this study is to estimate the geochemical characteristics of water-dominated geothermal reservoirs and to model the geochemical evolution of fluids in geothermal wellbores to provide information on the parameters that contribute to sustainable energy production. A workflow was developed for commonly used non-commercial software PHREEQC and geochemical modeling approach was demonstrated for fluid samples of four geothermal wells located in the Kızıldere geothermal field

(SW Turkey). According to the modeled reservoir chemistry, the reservoir type in the field is water-dominated, and the sum of partial pressures of dissolved CO<sub>2</sub> and steam in the reservoir varies from 135-160 atm. First gas bubble depths, where an inhibitor should be injected below, were calculated for relevant flow rates of the wells as 1597, 1751, 1884 and 1579 meters. The calculated initial total calcium concentrations in the reservoir are 3,67, 5,93, 5,04 and 6,01 mg/kg. Besides calcite, 16 minerals including silica polymorphs, amphibole, serpentine, pyroxene, carbonate and phyllosilicate groups, are gained precipitation tendency under the separator conditions. To provide sustainable energy production by preventing mineral scaling in reservoirs and wells, the required parameters such as; appropriate depth for inhibitor injection in wellbore, type and initial concentration of scaling minerals, total dissolved gas and steam pressures in reservoir to limit maximum flowrate can be determined for any water-dominated geothermal field by using the proposed workflow in the PHREEQC software.

**Keywords:** Geochemical modeling, CO<sub>2</sub>, calcite scaling, PHREEQC, geothermal, Kızıldere.



## **Tetiklenmiş Depremsellik ve Jeotermal Sistemler arasındaki İlişki: Gediz Grabeni Örneği, Batı Anadolu, Türkiye**

*Relation Between Induced Seismicity And Geothermal Systems: A Case Study from the Gediz Graben, Western Anatolia, Turkey*

**Hüseyin Uytun<sup>1</sup>, Hasan Sözbilir<sup>2</sup>, Alper Baba<sup>3</sup>, Kemal Yıldızdağ<sup>4</sup>, Murat Kar<sup>5</sup>**

<sup>1</sup>Manisa Yatırım İzleme ve Koordinasyon Başkanlığı Akmescit Mahallesi, 3713. Sk., 45110 Yunusemre/Manisa

<sup>2</sup>Dokuz Eylül Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Kaynaklar Yerleşkesi Pk:35370 Buca/İzmir

<sup>3</sup>İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Jeotermal Araştırma ve Uygulama Merkezi 35430 Urla/İzmir

<sup>4</sup>Freiberg Teknik Üniversitesi, Shepton-Mallet Ring 10 Hannover/Germany

<sup>5</sup>MSC Müh. Jeoteknik Sondajcılık San. Tic. Ltd. Şti. 1773 Sk. No:10/2 35540 Karşıyaka/İzmir  
(huytun@gmail.com)

**Öz:** Tetiklenmiş depremsellik insan aktivitesi sonucu olan sismik olayları ifade etmektedir. Bu tür sismik olaylara, jeotermal uygulamalar, baraj rezervuarları, atık su enjeksiyonları, hidrolik çatlatma, madencilik faaliyetleri, petrol-gaz sondajları gibi birçok faktör yol açabilir. Bu depremlerin özellikle, faydaki akışkan basıncı ile faydaki kayma hareketini önleyen sürtünme kuvveti arasındaki kritik dengenin aşılmasıyla oluştuğu bilinmektedir. Bu çalışmada, 2015 yılından bu yana Gediz Grabeninde jeotermal enerji üretimi sağlayan sistemlerin sismisite ile olan ilişkisi irdelenmiştir. Gediz Grabeninde, jeotermal amaçlı çok sayıda kuyu açılmıştır. Üretim ve reenjeksiyon amaçlı açılan bu kuyuların derinlikleri 1000 -3500 m arasında değişmektedir. Grabende akışkan özellikle Kuvaterner yaşlı düşük eğimli Gediz Sıyrılma Fayı ile yüksek açılı Holosen normal fay zonlarından alınmaktadır.

Bu çalışmada, Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü'nün (KOERI) ve Afet ve Acil Durum Başkanlığı'nın (AFAD) sismik verileri ile Manisa Yatırım İzleme ve Koordinasyon Başkanlığı'nın (YİKOB) jeotermal kuyu verileri değerlendirilmiştir. Üretim-reenjeksiyon verileri ile sismik veriler coğrafi bilgi sistemleri ortamında bölgenin tektoniği ve jeolojisiyle birlikte değerlendirilmiştir. Yapılan analizde özellikle reenjeksiyon amaçlı açılan jeotermal kuyuların çevresinde depremselliğin arttığı gözlenmiştir. Büyüklüğü 1-3 arasında olan depremlerin jeotermal faaliyetle ilişkili olduğu düşünülmektedir. Ancak reenjekte edilen akışkanların basıncı, debisi ve deprem büyüklüğü arasında doğrudan bir korelasyona rastlanmamıştır. Yüksek basınç ya da debideki reenjeksiyonun bir depremi tetiklediğine dair somut bir veri henüz gözlenmemiştir. Reenjeksiyon işleminin yanı sıra "hidrolik çatlatma" işleminin gerçekleştiği zamanlarda mikro depremlerin oluştuğu saptanmıştır. Konunun daha ayrıntılı incelenmesi için sismometrelerin santraller yakınlarına yerleştirilerek, litoloji, enjeksiyon debi ve basınçlarıyla ilişkisinin zamana bağlı olarak değişiminin ortaya konması gerekmektedir. Özellikle "geliştirilmiş rezervuarlar" uygulamalarının yapıldığı ülkelerde tahmin yöntemleri "traffic light system" denilen bir izleme programıyla takip edilmekte, gerektiğinde santraller-

deki üretim ve reenjeksiyon çalışmaları durdurulmaktadır. Batı Anadolu ölçeğindeki elektrik üretimi yapılan jeotermal santrallerde bu tip altyapı çalışmalarının tamamlanmasının ardından jeotermal üretim-reenjeksiyon faaliyetlerinin depremsellikle ilişkisinin tahminine yönelik daha ayrıntılı çalışmalar yapılabilir.

**Anahtar Kelimeler:** Tetiklenmiş depremsellik, aktif fay, jeotermal, reenjeksiyon, hidrolik çatlatma

**Abstract:** Induced seismicity refers to seismic events that are a result of human activity. Human activity can cause induced seismicity in many different ways. These human activities include geothermal operations, the reservoir behind dams, wastewater injections, and oil/gas operations such as hydraulic fracturing and mining. It is well known that induced seismicity associated with geothermal systems occurs when the fluid pressure in a fault or fracture reaches a critical value above which the friction preventing fault slip is overcome. This study has been focused on induced seismicity associated with operated geothermal systems since 2015 in the Gediz Graben. Geothermal fluid in Gediz Graben originates from structural zones of low angle Gediz detachment fault of Quaternary age and high angle normal faults of Holocene age. For the geothermal application, many wells with function of production and reinjection have been drilled with depth range from 1000 to 3500 m in the Graben.

In this study, the seismic data of Kandilli Observatory and Earthquake Research Institute and Prime Ministry Disaster and Emergency Management Authority and the geothermal well data of Manisa Investment, Monitoring and Coordination Directorates were used. Production - reinjection data and seismic data were evaluated together with the tectonics and geology of the region by using geographic information system-based program Quantum GIS. In that analysis, especially seismicity was observed around geothermal wells drilled for reinjection. It is concluded that earthquakes with magnitude 1-3 can be related to the geothermal activity. However, no direct correlation was found between the pressure, flow rate and the earthquake magnitude of the injected fluids. No correlation was observed between the high pressures or flow reinjection induced seismicity. In addition to the reinjection process, micro-earthquakes were observed during the hydraulic fracturing process which may occur due to reactivation of pre-existing faults. In order to examine the subject in more detail, the seismometers should be deployed near to the power plants and, following that the change of the relation of lithology, injection flow and pressure varying with time should be determined. A method called "traffic light system" has been using especially in countries where enhanced geothermal systems applications were used, in order to trace production and reinjection activities. In worst case, these activities in power plants can be halted using that method. Subsequent to ensuring such kind of infrastructure, concerning geothermal power plants in Western Anatolia, detailed studies can be then conducted to estimate the relationship between geothermal production-reinjection activities with seismicity.

**Keywords:** Induced seismicity, active fault, geothermal, reinjection, hydraulic fracturing.

## Aşağı Sakarya Jeotermal Alanının Hidrojeokimyasal İncelenmesi

### *Hydrogeochemical Investigation of Lower Sakarya Geothermal Area*

**Ertan Göllü<sup>1</sup>, Ali Ferhat Bayram<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Konya Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya

<sup>2</sup>Konya Teknik Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Konya

(ertangollu@gmail.com)

**Öz:** Bu çalışmada Aşağı Sakarya jeotermal alanının hidrojeolojik ve hidrojeokimyasal özelliklerinin incelenmesi amaçlanmıştır. Sakarya kıtası ve Rodop-Pontid (İstanbul-Zonguldak Zonu) fragmentinin, birbirlerine yaklaşması sonucu oluşan metamorfizma ve bölgede oluşan Kuzey Anadolu Fayı çalışma alanının evrimsel jeolojisini ortaya koymaktadır.

İnceleme alanındaki kaya birimleri, Batı Pontid zonu, Armutlu-Almacık-Arkotadağı zonu, Sakarya zonu ve örtü birimleri adı ile dört ana başlıkta incelenmiştir. Isı kaynağı, Kuzey Anadolu Fayı'na bağlı magmatik sokulumlar düşünülebilir. Rezervuar kaya ise gerek Sultaniye metamorfikleri içerisindeki kalk şist ve mermer düzeyleri gerekse Abant formasyonu içerisindeki kireçtaşları ve mermer bloklarıdır. Metamorfik kayaların killi şist düzeyleri kendi içerisinde örtü kayayı oluştururlar. Abant formasyonunun filiş karakteri gösteren seviyeleri ile şeyl ve çamurtaşı düzeyleri örtü kayayı oluşturur. Çaycuma, Yığılıca ve Örencik formasyonları genel anlamda geçirimsiz olup geçirimsiz düzeyleri örtü kayayı, taneli kısımları da bölgesel olarak ikincil rezervuarı oluşturur.

Çalışma alanında yedi farklı lokasyondan su örnekleri alınmış ve bu örneklerde katyon, anyon ve izotop analizleri yapılmıştır. İnceleme alanındaki sular genel olarak Na-Cl, Ca-Cl ve Na-Ca-Cl tipi sular olarak sınıflandırılabilir. Baskın katyon ve anyonlar bölgesel olarak değişmektedir. Örneklemeye yapılan jeotermal suları Cl-SO-HCO üçgen diyagramına göre çevresel su sınıfına girmektedir. İnceleme alanındaki sıcak sular Giggenbach diyagramına göre genel olarak olgun olmayan sular sınıfına girerken bir örnek kısmen denge durumda olan sular sınıfına girmektedir. Termal suların silis jeotermometrelerine göre hesaplanan rezervuar sıcaklıkları genel olarak 18 °C- 152 °C arasında değişmektedir. Katyon jeotermometreleri ile hesaplanan rezervuar sıcaklıkları ise 32 °C- 338 °C arasındadır. İnceleme alanında açılan jeotermal kuyu ve termal kaynakların 20 °C – 89 °C arasında değişen kaynak ve rezervuar sıcaklık değerleri dikkate alındığında silis jeotermometrelerinin katyon jeotermometrelerine göre daha sağlıklı sonuçlar verdiği görülmektedir. Termal suların  $\delta^2\text{H}$  değerleri -81,47 ile -71,63 arasında değişirken  $\delta^{18}\text{O}$  değerleri ise -11,97 ile -7,05 değişim göstermektedir.  $\delta^{18}\text{O}$ -  $\delta^2\text{H}$  grafiğine göre bölgede sıcak suların oksijen içeriğinin kaya-su etkileşimine bağlı olarak arttığı belirlenmiştir. Sıcak su numunelerinde kalsit, dolomit, aragonit, jips, anhidrit, kuvars ve kolosedon minerallerinin doygunluk indeksi hesaplamaları değerlendirilmiştir. Bütün numunelerin ortak özellikleri dolomit, kalsit ve aragonit minerallerinin aşırı doygun olması ile kuvars, jips ve anhidrit minerallerinin doygun olmamasıdır.

**Anahtar Kelimeler:** Aşağı Sakarya Havzası, Kuzey Anadolu Fayı, jeotermal sular, hidrojeoloji, hidrojeokimya



**Abstract:** The aim of this study was to investigate the hydrogeological and hydrogeochemical properties of the Lower Sakarya geothermal area. The metamorphism of the Sakarya continent and the Rhodope-Pontid (Istanbul-Zonguldak Zone) fragment, which are formed as a result of the approaching of each other, and the North Anatolian Fault formed in the region reveal the evolutionary geology of the study area.

The lithological units in the study area are classified as West Pontide zone, Armutlu-Almacık-Arkotdağı zone, Sakarya zone and cover units. The heat source is thought to be magmatic intrusions due to the North Anatolian Fault. The reservoir rocks consist of calc schist and marble levels of the Sultaniye metamorphics, limestone and marble blocks of the Abant formation. The clayish schist levels of the metamorphic rocks form the cover rock. The level of shales and mudstones of the Abant formation showing the flysch character forms the cover rock. Çaycuma, Yığılıca and Örencik formations are generally impermeable. The impermeable levels form the cover rock-whereas the granular parts are secondary reservoirs.

In this study, water samples were collected from seven different locations and were made cation, anion and isotope analyses. The waters show generally Na-Cl, Ca-Cl and Na-Ca-Cl types. The dominant cations and anions vary regionally in the study area. The geothermal waters sampled are classified as environmental water according to the Cl-SO<sub>4</sub>-HCO<sub>3</sub> triangle diagram. According to the hot Giggenbach diagram, hot waters in the study area generally fall into the class of immature waters except for one sample that falls into the partially equilibrated water class. Silica geothermometry result show that the reservoir temperatures of the thermal waters generally vary between 18 °C and 152 °C. The reservoir temperatures calculated by cation geothermometers range from 32 °C to 38 °C. Comparing the measured outlet temperatures of the geothermal wells and thermal springs having between 20 °C- 89 °C it is on opinion that silica geothermometers give more reliable results than cation geothermometers. δ<sup>2</sup>H values of thermal waters rang from -81.47 to -71.63, while δ<sup>18</sup>O values are between -11.97 and -7.05. According to the δ<sup>18</sup>O- δ<sup>2</sup>H graph, it was determined that the oxygen content of the hot water in the region enriched due to the rock-water interaction. Calculations of mineral saturation indices of calcite, dolomite, aragonite, gypsum, anhydrite, quartz and chalcedony minerals in hot water samples were evaluated. The common features of all samples are that the dolomite, calcite and aragonite minerals were oversaturated and that the quartz, gypsum and anhydrite minerals were under saturated.

**Keywords:** Lower Sakarya basin, North Anatolian Fault, geothermal waters, hydrogeology, hydrogeochemistry

**JEOTERMAL ENERJİ / GEOTHERMAL ENERGY**

Gültekin TARCAN - Mehmet Furkan ŞENER - Ayşen DAVRAZ -  
Arzu FIRAT ERSOY - Ozan DENİZ

---

**Poster/Posters**

---

**ÖZ/ABSTRACT**





## Akyazı-Kuzuluk (Sakarya) ve Yakın Çevresindeki Jeotermal Suların Hidrojeolojik ve Hidrojeokimyasal Özellikleri

### *Hydrogeological and Hydrogeochemical Features of the Thermal Waters in Akyazı-Kuzuluk (Sakarya) and Environs*

İ. Murat Altınata<sup>1</sup>, Özge Can Ataş Gündüz<sup>1</sup>, N. Hakan Akyol<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Kocaeli Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 41380, Kocaeli, Türkiye  
(maltinata@hotmail.com)

**Öz:** İnceleme alanını oluşturan Akyazı-Kuzuluk jeotermal alanı, Marmara Bölgesi'nin doğusunda Sakarya il sınırları içinde yer almaktadır. İnceleme alanı içinde, Paleozoyik'ten Kuvaterner'e kadar değişen süreçteki farklı formasyonlara ait jeolojik birimler bulunmaktadır. İnceleme alanı aktif kırık sistemine sahip Kuzey Anadolu Fayı'na ait segmentlerin kesişme noktasında yer almaktadır. Bu özelliği ile Kuzey Anadolu Fayı, bölgedeki kırılğan ve sert yapıdaki kayaları parçalayarak rezervuar özelliği kazandırmış ve bölgedeki jeotermal sistemlerin gelişmesinde etkin rol oynamıştır.

Akyazı-Kuzuluk ve civarındaki jeotermal alanların rezervuar kayasını Sultaniye Metamorfitleri içindeki kalkıştı ve mermer düzeyleri ile Abant Formasyonu içindeki kireçtaşı ve mermer blokları oluşturmaktadır. Bölgedeki jeotermal sistem için örtü kayayı metamorfik kayaların killi şist seviyeleri ile Abant Formasyonu'nun fliš karakteri gösteren seviyeleri ve Eosen-Pliyosen yaşlı Çaycuma, Yiğilca ve Örencik Formasyonlarına ait birimleri oluşturmaktadır. Bölgedeki soğuk suların rezervuarını ise ova içindeki tüm birimleri örten alüvyon ve yamaç molozları oluşturmaktadır.

İnceleme kapsamında bölgedeki farklı rezervuar, beslenme ve boşalım koşullarına sahip jeotermal alanların hidrojeolojik ve hidrojeokimyasal özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla bölgedeki farklı jeotermal sistemleri karakterize eden 5 adet jeotermal kuyu, 4 adet soğuk su kuyusu ve 1 adet maden suyu kaynağı incelenmiş, yağışlı ve kurak dönemi temsil etmesi amacıyla 2 dönem su örnekleme yapılmıştır.

Bölgedeki jeotermal sular  $\text{Na-HCO}_3$ , soğuk sular ise  $\text{Ca-HCO}_3$  su fasiyesine sahiptir. İnceleme alanı içindeki jeotermal kuyuların derinlikleri 195-1500 m arasında değişmektedir. Akyazı-Kuzuluk bölgesindeki ova düzlüğü üzerinde yer alan jeotermal suların kuyu başı sıcaklıkları  $60^\circ\text{C}$  ile  $85^\circ\text{C}$  arasında değişmektedir. Bölgedeki suların pH değerleri nötr-alkali (6,8-8,1) bir karakter sergilerken, elektriksel iletkenlik (EC) değerleri  $2092 \mu\text{S/cm}$ - $11390 \mu\text{S/cm}$  arasında değişmektedir. Harunusta (Akyazı) ve Çamlıca (Hendek) bölgelerindeki jeotermal suların sıcaklıkları ise sırasıyla  $36^\circ\text{C}$  ve  $26^\circ\text{C}$ 'dir. Bu bölgedeki sular bazik ( $\text{pH}=8,5-9,2$ ) bir karakter sergilerken, EC değerleri sırasıyla  $689 \mu\text{S/cm}$  ve  $248 \mu\text{S/cm}$ 'dir. Bu bölgedeki suların düşük sıcaklık ve elektriksel iletkenlik değerleri göstermesi jeotermal suların soğuk su ile karışımını göstermektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Akyazı-Kuzuluk, hidrojeokimya, jeotermal.

**Abstract:** The Akyazı-Kuzuluk geothermal area constituting the study area is located within the boundaries of the Sakarya province to the east of the Marmara region. In the study area, there are geological units belonging to different formations ranging from Paleozoic to Quaternary. The study area is located at the intersection of the segments of the North Anatolian Fault with an active fracture system. With this feature, the North Anatolian Fault has broken down the brittle and hard rocks in the region, has provided reservoir characteristics, and has played an active role in the development of geothermal systems in the region.

The reservoir rock of the geothermal areas in Akyazı-Kuzuluk and its vicinity is composed of calcschist and marble levels in the Sultaniye Metamorphic and limestone and marble levels in the Abant Formation. The geothermal system in the region includes cover rocks, clayey schist levels of metamorphic rocks, and flysch levels of Abant Formation and Eocene-Pliocene aged Çaycuma, Yığılca, and Örencik Formations. The cold water reservoir in the region constitutes an alluvium and alluvial fan covering all units in the plain.

The aim of this study was to determine the hydrogeological and hydrogeochemical characteristics of the geothermal areas with different reservoir, recharge, and discharge conditions in the region. For this purpose, 5 geothermal wells, 4 cold water wells, and 1 mineral spring were investigated, and two time periods were sampled for the purpose of representing the rainy and dry periods.

The geothermal waters in the region have Na-HCO<sub>3</sub>, and the cold waters have Ca-HCO<sub>3</sub> water facies. The depth of the geothermal wells in the study area varies between 195-1500 m. Geothermal waters located on the plain in the Akyazı-Kuzuluk region vary between 60°C and 85°C. The pH values of the waters in the region exhibit a neutral-alkaline (6.8-8.1) character while the electrical conductivity (EC) values vary between 2092 characters  $\mu\text{S}/\text{cm}$  -11390 -  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . The temperature of the geothermal waters in the Harunusta (Akyazı) and Çamlıca (Hendek) regions is 36°C and 26°C, respectively. While the waters in this region exhibit an alkaline (pH = 8.5-9.2) character, the EC values are 689  $\mu\text{S}/\text{cm}$  and 248  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , respectively. The low temperature and electrical conductivity values of the waters in this region indicate the mixture of geothermal waters with cold water.

**Keywords:** Akyazı-Kuzuluk, hydrogeochemistry, geothermal.

**KENT JEOLJİSİ / *URBAN GEOLOGY***

Halil KUMSAR - Yılmaz MAHMUTOĞLU - Evren ERDİN  
B. Murat DEMİR - Atiye TUĞRUL

---

***Sözlü Sunumlar/Oral Presentations***

***ÖZ/ABSTRACT***





## Yer Değiştir(mey)en Kent : PALU

(Un) Relocated City : PALU

**Fuat Şaroğlu<sup>1</sup>, Anıl Ardahanlıoğlu<sup>2</sup>, Efe Demirci<sup>2</sup>, Ahmet Doğan<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Jeolojik Mirası Koruma Derneği, P.K. 10, Maltepe/Ankara

<sup>2</sup>Ankara Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Tektonik Araştırma Grubu, Gölbaşı/  
Ankara

<sup>3</sup>T.C. Tarım Orman Bakanlığı, Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü,  
Yenimahalle/Ankara

(f.saroglu@gmail.com)

**Öz:** Palu, Elazığ iline bağlı, 2017 yılı nüfus sayımına göre 18.280 nüfuslu küçük bir ilçedir. Pliyo-Kuvaterner yaşlı büyük bir aşınım – birikim düzlüğünün sınırında, Fırat Nehri'nin açtığı, yarma vadinin tabanında bulunmaktadır.

Yörede yaptığımız araştırmalara göre; Palu'nun güneyinde yıkıcı deprem üretme özelliği olan Doğu Anadolu Fay Zonu bulunmaktadır. Geçmişte DAFZ'nin Palu segmenti üzerinde yıkıcı depremler olmuştur. Örneğin; 1789 yılında bu segment üzerinde meydana gelen depremde 40.000 kişinin öldüğü belirtilmektedir. Palu'dan geçen bu segment gelecekte yaklaşık  $M=7,03$  büyüklüğünde deprem üretebilecek bir potansiyele sahiptir. Bölgede depremin nerede ve ne büyüklükte olacağı tahmin edilebilmektedir. Fakat, ne zaman olacağı henüz yorumlanamamaktadır. Bölgede, deprem tekrarlanma periyotları bilinebilirse Palu'da gelecekte beklenen yıkıcı depremin ne zaman olacağı yorumlanabilecektir. Palu'da yapılan araştırmada, konuya ışık tutabilecek sanat yapılarının varlığını gözlenmiştir. Şöyle ki; Palu, Milattan önce 8.000 yılına dayanan tarihi geçmişe sahiptir. Çok sayıda devletin egemenliğine girmiş ve farklı adlarla adlandırılmıştır. Bilindiği kadarıyla bu yerleşim alanı var olduğundan bu yana en az 8 kez yer değiştirmiştir. Tespitlerimize göre bu değişen yerleşim alanları geçmişte de deprem, heyelan, nehir taşkınları gibi doğal afet kökenli tehlikelerle yüz yüze kalmıştır.

Yerleşim alanı ve yakın çevresinde Geç Kretase yaşlı ofiyolitler ile çamurtaşları ihtiva eden melanji; Geç Eosen-Oligosen yaşlı kireçtaşı, killi kireçtaşı, marnlar; Oligo-Miyosen yaşlı kırınıtlılar ve Pliyo-Kuvaterner yaşlı çökeller ile güncel alüvyonlar bulunmaktadır. Tüm birimlerde heyelana yatkın seviyeler mevcuttur. Güncel alüvyon düzlükleri sıvılaşma riski taşımaktadır. Palu güneyinde yıkıcı deprem üretme özelliği olan Doğu Anadolu Fay Zonu (DAFZ) bilinmektedir. Dolayısıyla Palu ilçesi başta deprem olmak üzere doğal afet riskleri taşımaktadır. Bu nedenle, kentin sık sık yerinin değiştirmesinin doğal afetlerden kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu yerleşimler arasındaki mesafelerin çok kısa olması dikkat çekicidir. Daha kuzeyde yerleşime uygun alanların olmasına rağmen aynı alanda kalınması, Fırat Nehri'ni terk etmek istememelerinden kaynaklandığı tahmin edilmektedir.

Palu'nun yer değiştirmesinin depremlere bağlı olduğu kabul edilerek tekrarlanma periyotları hakkında yorumlar yapılabilir. Yörede yıkılma izlerini taşıyan sanat yapıları da mevcuttur. Yıkım – Yapım tekniği tarihlendirile bilirse gelecekte olabilecek deprem zamanlamasına



katkı sağlayacağı muhakkaktır. Bu nedenle, var olan tarihi sanat yapılarının ilksel hallerini korunması araştırma yapmak için önem arz etmektedir. Bu risklere rağmen Paluların Fırat'ı terk etmemiş olması araştırılması gereken diğer önemli bir konudur.

**Anahtar Kelimeler:** Palu kenti, yer değiştiren kentler, doğal afetler, depremler

**Abstract:** Palu is a small district with a population of 18.280 according to the 2017 census in Elazığ Province. It is located at the bottom of a valley, which is carved by the Euphrates River, at the boundary of a large Plio-Quaternary aged erosion - deposition terrace.

According to our research in the area, in the south of Palu, there is the Eastern Anatolian Fault Zone (EAFZ), which is capable of generating destructive earthquakes. Destructive earthquakes occurred on the Palu Segment of the EAFZ in the past. For example, an earthquake in 1789, which caused the death of 40 thousand people occurred on this segment. An earthquake ( $M = 7.03$ ) is expected on this segment in the future. It is known where and how a big earthquake will be. However, it has not been interpreted yet that, when it will be occurring. If the recurrence periods of earthquakes can be known for the region, it can be interpreted that there will be a devastating earthquake in the future. In our research in Palu, works of art bearing which could shed light on this topic was observed, so Palu has a history dating back to 8,000 BC. As far as it is known, this settlement has been relocated at least 8 times since its existence. According to our observations, these changing settlements have occurred the dangers of were also threatened by natural disasters such as earthquakes, landslides, river floods in the past.

The geological units outcropping around the settlement area are; the melange which contains the Late Cretaceous Ophiolites and mudstones; the Late Eocene-Oligocene limestones, clayey limestones, marls; Oligo-Miocene clastics and Plio-Quaternary sediments and recent alluvial. Landslide levels are available in all units. Recent alluvial soils have a potential risk of liquefaction. In the south of Palu, there is the Eastern Anatolian Fault Zone (EAFZ), which is capable of generating destructive earthquakes. For these reasons, Palu is under the risk of natural disasters, especially earthquakes. Therefore, frequent relocation of city is thought to be caused by natural disasters. It is noteworthy that these relocations are in very short distances. Although there are suitable areas for settlement to the north, it was remained in the same area due to the fact that probably they did not want to leave the Euphrates River.

Considering that the displacement of Palu is related to the earthquakes, it is possible to comment on the recurrence periods. There are also works of art bearing traces of destruction in the region. If their demolition and building techniques can be dated, it will certainly contribute to the future earthquake timing. For this reason, preserving the primitive states of historical art artifacts is important to do research. Despite these risks, the people of Palu have not left the Euphrates, that is another important issue to be investigated.

**Keywords:** Palu, relocated cities, natural disasters, earthquakes



## Aksaray Bölgesinde Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Jeolojik Veriler Kullanılarak Yerleşim Uygunluğunun Belirlenmesi

*Determining Settlement Suitability Using Geographic Information Systems  
and Geological Data in Aksaray Region, Turkey*

**M. Murat Kavurmacı**

*Aksaray Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 68100, Aksaray, Türkiye  
(muratkavurmaci@yahoo.com)*

**Öz:** Son yüzyılda, hızla artan nüfus ve göç nedeniyle gelişmekte olan ülkelerde yeni yerleşim bölgelerine olan talep artmaya devam ediyor. Bugün, doğal afetlere karşı koruma için uygun yerleşim alanlarının belirlenmesi gerekli hale gelmiştir. Uygun yerleşim yerlerinin belirlenmesi zor ve karmaşık bir süreçtir. Bu çalışmada, jeoteknik ve hidrojeolojik veriler kullanılarak en uygun bölgeleri tahmin edebilmek için bir model geliştirilmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla Türkiye'nin Aksaray bölgesinde jeoteknik sondaj kuyularından 67 adet zemin örneği alınmıştır. Bu süreçte, örneklerden elde edilen veriler üzerinde Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) gibi karmaşık karar verme teknikleri kullanılmıştır. Bu sayede uygun yerleşim yerlerinin seçimi için uygunluk oranını gösteren bir skor elde edilmiştir. Elde edilen modelde, mükemmel, iyi, müsaade edilebilir ve uygun olmayan olmak üzere dört uygunluk sınıfı tanımlanmıştır. Çalışma alanında uygun yerleşim alanlarının konumsal dağılımını belirlemek için Kriging yöntemi kullanılmıştır. Bu haritalar, yerleşim yeri için mükemmel uygun alanların şehrin merkezi kısımlarında olduğunu göstermiştir. Model haritalarına göre, çalışma alanının yaklaşık % 33,2'si yeni yerleşim yerleri oluşturmak için iyi ya da mükemmel derece uygundur. Yerleşme için müsaade edilebilir ve uygun olmayan alanlar, şehrin kuzeybatı ve güneydoğu kesimlerinde yoğunlaşmıştır. Çalışma alanı, su tablasının yüzeye çok yakın olduğu kuzeybatı ve güneydoğu bölgelerinde de yüksek sıvılaşma riskine sahiptir. Bu çalışmanın bulguları kentleşme stratejilerinde kullanılabilir. Ayrıca, bu haritaların kullanılması doğal afetlerin neden olduğu zararları da azaltacaktır.

**Anahtar Kelimeler:** Aksaray, coğrafi bilgi sistemi, yerleşime uygunluk

**Abstract:** In the last century, the demand for new residential areas in developing countries continues to grow due to the rapidly increasing population and migration. Today, it has become necessary to determine the suitable settlement areas for protection against natural disasters. Determination of suitable residential locations are a difficult and complex process. In this study, to develop a model for the estimation of most suitable areas by using geotechnical and hydrogeological data was aimed. For this purpose, 67 soil samples were taken through geotechnical boreholes in Aksaray city of Turkey. In this process, complex decisionmaking techniques such as analytic hierarchy process (AHP) were applied on the data obtained from the samples. In this way, a score showing the suitability rate was obtained for the selection of suitable settlement locations. Based on this model, four suitability classes were defined as

excellent, good, permissible and unsuitable. Kriging method was used to determine the spatial distribution of suitable settlement areas in the region. It was shown that the areas with extremely suitable were in the central part of the city. According to the model maps, approximately 33.2 % of the study area is either suitable or extremely suitable to build new settlements. The less suitable or unsuitable areas for settlement are concentrated in the northwestern and southeastern parts of the city. The study area also has a high liquefaction risk in northwestern and southeastern parts where the water table is very close to the surface. The findings of this study can be used in urbanization strategies. Also, the use of these maps will reduce damages caused by natural disasters.

**Keywords:** Aksaray, geographic information system, settlement suitability



## Yeni Zigana Tüneli'nin Ulaşımına Katkıları

### *Contributions to Transportation of New Zigana Tunnel's*

Neşe Kılıç<sup>1</sup>, Aytuna Sayın<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Karayolları 10. Bölge Müdürlüğü (nesejeo@gmail.com)

<sup>2</sup>Karayolları 10. Bölge Müdürlüğü

**Öz:** Trabzon-Gümüşhane-Erzurum Devlet Yolu Türkiye'nin doğu bölümünde kuzey-güney bağlantısını sağlayan en önemli karayoludur. Bu yol, aynı zamanda Karedeniz bölgesini Doğu ve Güneydoğu Anadolu bölgesine bağlayan en uygun güzergahtır. Ancak mevcut karayolunun geometrik standardının düşük oluşu, yol boyunca meydana gelen kaya düşmeleri, sis ve karla mücadeleyi üst seviyede gerektirmesi, bu karayolunu can, mal ve trafik güvenliği açısından tehlikeli kılmaktadır. Bu nedenlerle Yeni Zigana Tüneli; Tarihi İpek Yolu üzerindeki Trabzon-Gümüşhane illeri arasında ve Doğu Karadeniz'i Doğu Anadolu'ya bağlayan en önemli geçitlerden Zigana Dağı'nın (2032m yüksekliğinde) eteğinde projelendirilmiştir.

Trabzon-Gümüşhane illeri arasındaki mesafeyi 7,76 km kısaltacak olan Yeni Zigana Tüneli, sol tüpü 14450m., sağ tüpü 14533m. uzunluğunda, ikişer şeritli, çift tüp olarak tasarlanmıştır. Bu tünelin yapımının tamamlanması ile mevcut yoldaki yüksek eğim ve küçük kurplar vb. düşük yol standartlarının iyileştirilmesi, yol kullanıcılarına güvenli ve konforlu seyahat imkânı sağlanması, iller arası mesafenin azaltılması ve oluşabilecek trafik kazalarının en aza indirilmesi hedeflenmektedir. Ayrıca, kış aylarında mevcut karayolu güzergahı boyunca ulaşımda yaşanan sis, kar ve buzlanma ile mücadele sorunlarının önemli bir kısmı ortadan kalkacak, yüksek maliyetli bakım ve işletme giderlerinden, tüketilen yakıttan ve zamandan büyük oranda tasarruf edilecektir.

Bu çalışma kapsamında; mevcut yolun standardı, özellikle kış aylarında yaşanan ulaşım sorunları, bölgenin morfolojisi, jeolojisi, iklim koşulları, sıklıkla yol boyunca kaya heyelanı olan kesimler, yol bakımının zorlukları ve trafik güvenliği değerlendirilmiştir. Ayrıca, tünel hattında yer alan formasyonların jeolojik-jeoteknik özellikleri, kazı ve destek sınıfları belirlenmiştir. Yeni Zigana Tüneli tamamlandığında Türkiye'nin ve Avrupa'nın en uzun karayolu tüneli olacaktır. Kasım 2018 tarihi itibarıyla tünelin %47'sinin kazı ve destek çalışmaları tamamlanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Tünel, ulaşım, Yeni Zigana

**Abstract :** Trabzon-Gümüşhane-Erzurum highway at the Eastern part of Turkey is the most important highway which connects north to south. This highway is also the most convenient route connecting the Blacksea between the Eastern and Southeastern Anatolia Regions. However, the low geometric standard of the existing highway, the rock falls along the road, the high level of fog and snow struggle makes this highway dangerous for life, traffic and traffic safety. Therefore, the New Zigana Tunnel designed at the foothill of the Zigana mountain (2032 m

elevation) and located on between Trabzon and Gümüşhane provinces on the Historical Silk Road and the most important crossings connecting the Eastern Black Sea to Eastern Anatolia.

The New Zigana Tunnel has designed as double tubes, each of them having two lanes and 14533 m long and may shortenes the distance between two cities around 7.76 km. It is aimed by completing the construction of this tunnel to improve the low road standards, high slopes and small curves in the existing alignment, to provide safe and comfortable travel for the road users, to reduce the distance between the provinces and to minimize the traffic accidents. In addition, a significant portion of the problems of struggle fog, snow and frost during transportation will be eliminated during the winter months and a considerable amount of savings will be saved from the high cost of maintenance and operating expenses, consumed fuel and time.

In this study were evaluated the standard of the existing road, especially the transportation problems in winter, the morphology, geology, climatic conditions of the region, the rock landslides along the way, the difficulties of road maintenance and traffic safety. In addition, the geological-geotechnical features of the formations, excavation and support classes in the tunnel line were determined. New Zigana Tunnel will be longest road tunnel Turkey's and Europe's when it is completed. As of November 2018, the excavation and support works of the tunnel have been completed of 47%.

**Keywords:** Transportation, tunnel, New Zigana



## Faylar Üzerindeki Kent Hayatı

### *Urban Life on Faults*

#### Çağdaş Coşkun

*İstanbul Üniversitesi - Cerrahpaşa, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü*

*(cagdasco@gmail.com)*

**Öz:** Sağlıklı ve dengeli bir çevrede yaşama ve bu çevrenin getirdiği şartlar ile şehirlerin özelliklerine göre düzenlenen planlar çerçevesinde sınırlı kalınması koşullarıyla bireylerin barınma hakları yasa koyucu tarafından açıkça ifade edilmiştir. Barınma yasalarında belirtildiği üzere bir hak olmasından ziyade insanoğlunun ihtiyacıdır. 17 Ağustos 1999 tarihine kadar sadece barınma ihtiyacı taşıyan konutların, aslında barınmadan çok daha önemli bazı temel konuları taşıyamadığı, jeolojik bir gerçekle hayatın doğal akışına dahil olmuş; 12 Kasım 1999 tarihinde ise bir kez daha farklı bir bölgede tekrar yüzeye çıkarak pek çok insanın hayatını önemli ve geri dönülmez bir şekilde değiştirmiştir.

Yakın bir zamanda yaşanılmış olan bu iki büyük felaket, aslında yerin içindekilerin de üstündekiler kadar önemli olduğunu gün yüzüne çıkarmakla birlikte, yer bilimlerinde bu konuya yeterli ve bilinçli olarak hak ettiği önemin verilmediği düşünülmektedir. Bu çalışmada gündelik yaşamın sürdüğü konutlar ile konutlara temel olan zemin ilişkisinin incelenmesi; farklı jeolojik koşullar ile bu koşullar üzerinde/içinde bulunan konutların değer değişimlerinin incelenmesi; bunun sonucunda yerbilimi ile gerek barınma gerekse bir yatırım aracı olan konutların ilişkisi farklı bir bakış açısından incelenmesi ve analiz edilmesi amaçlanmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Deprem, konut, değer

**Abstract:** Legislators have clearly expressed the right of individuals to live in a healthy and balanced environment, within the limited scope of plans in accordance with the characteristics of cities. The right to housing is a human need rather than just a law. The 1999 Earthquakes at the industrial and population core of Turkey fundamentally changed how people see the issue of housing beyond the satisfaction of the human need for shelter. Houses that were supposed to course only the need for housing were included in people's lives through a geological change in which they could not "fundamentally" carry some things that were much more important than shelter. On November 12, 1999, once again, but in a different region, it gotten to the surface of the ground again and changed the lives of many people in an important and irreversible way.

Two major natural disasters in 1999 showed that the underground is as important as the aboveground structures, but it is not thought that it can attain the necessary merit at a sufficient and conscious level. This study analyzes how the economic value of the houses changes in relation to the geological conditions of the ground upon which houses are founded.

**Keywords:** Earthquake, housing, value



## İstanbul-Beylikdüzü, Gürpınar Bölgesi Kıyı Kesiminde Görülen Heyelanların (Pekmez, Gölyaka ve Fener) Kent Jeolojisi Açısından Değerlendirmesi

*Urban Geological Evaluations of Istanbul-Beylikduzu, Gurpinar Region Coastal Area Landslides (Fener, Gölyaka, Pekmez)*

**Gökhan Şans<sup>1</sup>, Gülçin Türkkan Karaoğlu<sup>2</sup>, Anıl Sercan Delibay<sup>2</sup>,  
Remzi Karagüzel<sup>1</sup>, Yılmaz Mahmutoğlu<sup>1</sup>, Gürkan Akgün<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fakültesi, Ayazağa Kampüsü, İstanbul.*

<sup>2</sup>*İstanbul Beylikdüzü Belediyesi, Plan ve Proje Müdürlüğü, İstanbul.*

*(sangs@itu.edu.tr)*

**Öz:** Aktif fay kuşakları üzerinde yer alan kentlerimizde özellikle 1999 depremlerinden sonra geleneksel planlama anlayışının yeterli olmadığı görülmüştür. Buna rağmen, İstanbul metropolünde özellikle son yirmi yıllık dönemde yerleşime uygun olmayan kıyı kesimlerde de şehirleşmenin yoğunlaştığı görülmektedir. Bunun en çarpıcı örneği, birinci derece deprem bölgesinde bulunan, Büyükçekmece ve Küçükçekmece gölleri arasındaki kıyı kesimlerde izlenmektedir. Üst Oligosen-Alt Miyosen yaşlı Gürpınar formasyonu kökenli paleo-heyelanları ile bilinen bölge, yeterli düzeyde önlem alınmadan, yerleşim, ekonomi ve sosyo-kültür merkezi haline getirilmiştir.

Kentleşme süreçlerinin istenilen tasarım niteliklerinde sürdürülebilir şekilde planlanması için mühendislik jeolojisi değerlendirmeleri belirleyicidir. Mekansal planlamada çevresel değişkenlerin ve zemin davranışlarının belirlenmesi önemli bir yer tutar.

Bu çalışma kapsamında, İstanbul-Beylikdüzü Belediyesi sorumluluğunda kalan Gürpınar Beldesi'nin Marmara Denizi'ne bakan doğal yamaçlarındaki heyelanlı bölgenin yerleşime uygunluk açısından yerbilimsel değerlendirilmesi konu edilmektedir.

Çalışma amacına yönelik olarak, sayısal arazi modeli geliştirilmiştir. 1/1000 ölçekli mühendislik jeolojisi haritası ve sistematik kesitleri hazırlanmıştır. Yeraltı araştırmaları kapsamında 106 adet temel araştırma sondaj kuyusu açılmıştır. Arazi deneyleri yapılmış ve örselenmemiş örnekler alınmıştır. Arazi ve laboratuvar deneylerinden litolojik birimlerin jeomekanik özellikleri belirlenmiştir. Ayrıca, yeraltısuyu seviyesinin zamana bağlı değişimleri izlenmiştir. Araştırma bulgularından yararlanılarak bölgenin heyelan duyarlılık haritası hazırlanmıştır. Tüm bu çalışmaların bir bütün olarak değerlendirmesi sonucu kavramsal hesap kesitleri hazırlanmış ve duraylılık analizleri yapılmıştır. Araştırma bulgularından yararlanarak, doğal afetlerden korunma-kullanma dengesini gözeterek arazi kullanımına yönelik öneriler planıya sunulmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** duraylılık, duyarlılık, heyelan, jeomekanik, kent jeolojisi, mekansal planlama.

**Abstract:** After the 1999 earthquakes, it was observed that the traditional planning concept was not sufficient in our cities located on active fault lines. However, in the metropolitan area of Istanbul, especially in the coastal areas not suitable for settlement in the last two decades, urbanization has intensified. The most striking example of this is observed in the coastal areas between Büyükçekmece and Küçükçekmece in the first degree earthquake zone. The area known as the Upper Oligocene-Lower Miocene aged Peleo-landslides of the Gürpınar formation was transformed into a settlement, economy and socio-cultural center without adequate measures.

Engineering geology evaluations are decisive for the sustainable planning of urbanization processes in desired design qualities. Determination of environmental variables and soil behavior in spatial planning has an important place. Within the scope of this study, the geological evaluation of the landslide zone on the natural slopes of the Gürpınar District, which is under the responsibility of the Istanbul-Beylikdüzü Municipality, is observed.

For the purpose of study, digital terrain model has been developed. 1/1000 scale engineering geology map and systematic sections are prepared. In the scope of underground surveys, 106 basic drilling boreholes were opened. Land tests were performed and undisturbed samples were taken. Geomechanical properties of lithological units were determined from the field and laboratory experiments. In addition, time-dependent changes in groundwater level were monitored. The landslide susceptibility map of the region was prepared by using the research findings. As a result of evaluating all these studies as a whole, conceptual account sections were prepared and stability analyzes were performed. By using the findings of the research, suggestions for land use, which protects the protection-use balance from natural disasters, are presented to the planner.

**Keywords:** stability, sensitivity, landslide, geomechanics, urban geology, geospatial planning.





## Kentsel Alanda Tünel Kazılarına Bağlı Gelişen Yüzey Deformasyonları

### *Surface Deformations Induced By The Tunneling Activities In Urban Area*

**Candaş Topal**

<sup>1</sup>İTÜ Jeoloji Mühendisliği Bölümü

(candastopal@yahoo.com)

**Öz:** Özellikle nüfusu artan büyük şehirlerde, toplu taşıma araç ve hatlarının yetersizliği ve bu duruma paralel olarak artan nüfus oranına bağlı olarak, ana toplu ulaşım sistemleri şehirlerin altına taşınmaktadır. Kent yöneticileri ve mühendisler, şehrin mevcut yapısal dokusuna (binalar, yollar, tarihi ve kültürel yapılar, hastaneler, alışveriş merkezleri gibi.) zarar vermeden metro hatları inşa etmek için yeni teknikler üzerinde çalışmaktadırlar. Bu mühendislik girişimi, tünel açma faaliyetleri sırasında ortaya çıkacak olan zemin veya kaya yapısının davranışsal duyarlılığı nedeniyle çok dikkatli planlanmalı, tasarlanmalı ve uygulanmalıdır. Özellikle, kil, kum, silt veya bunların karışımı olan zayıf jeolojik oluşumlar, kayaya nazaran yeraltı kazılarına daha fazla hassastır ve bu sebepten dolayı yumuşak ve gevşek zeminlerde gerçekleştirilen tünel açma faaliyetleri daha güvenilir şartlar altında planlanmalı ve projelendirilmelidir. Bildiri kapsamında Marmaray Projesi Sirkeci İstasyon pilot tünel kazılarına bağlı gelişen kısa dönem drenaja bağlı oturmaların engellenmesi için uygulanan yöntem tanıtılacaktır.

**Anahtar Kelimeler:** Şehir tünelticiliği, yüzey deformasyonu, zayıf yer koşulları

**Abstract:** Particularly in the big cities, main mass transportation systems are being relocated beneath the cities due to lack of available public transport routes and increasing population ratio parallel to this circumstance. Governmental bodies and engineers are investigating the new techniques in order to construct the new metro lines in a short period of time without disturbing the existed urban structure (roads, malls, historical buildings, hospitals, houses etc..).

This engineering attempt should be planned, designed, and executed very carefully because of the behavioral sensitivity of the soil or existed rock structure, which will be excavated during the tunneling activities. Specifically, soft ground geological structures such as clay, sand, silt or mixture of these have more deformation trends than the rock structures and because of this reason tunneling activities, which are conducted in the soft ground, should be planned numerically and much precisely.

Within this paper, occurred surface deformations due to the twin pilot tunnel excavations and a taken technical measure in order to minimize the short term drainage behavior is described for the MARMARAY Project Sirkeci Station excavations.

**Keywords:** Soft ground conditions, surface deformations, urban tunneling



## Kentsel Planlamada Jeokimyasal Unsurların Önemi

### *The Importance of Geochemical Components In Urban Planning*

**Sabah Yılmaz-Şahin<sup>1</sup>, Yüksel Örgün-Tutay<sup>2</sup>, Namık Aysal<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Mühendislik Fak., Jeoloji Müh. Bölümü, Avcılar- İstanbul*

<sup>2</sup>*İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fakültesi, Jeoloji Müh. Bölümü, Maslak-İstanbul*

*(sabahys@istanbul.edu.tr)*

**Öz:** İnsan nüfusunun yoğun olduğu kentsel alanlar, insan ve endüstriyel faaliyetlerin etkisi ile pek çok çevresel sorunla karşı karşıya kalmaktadır. 2050 yılına kadar, tüm dünya nüfusunun üçte ikisinin şehirlerde yaşayacakları öngörüsü, kentlerin alt yapısının daha iyi planlanması gerekliliğini ortaya koymaktadır. Modern kentler, toksik metal kirlenmesi, organik kirlilik, duman, asit yağmuru ve sera gaz birikimi gibi birçok kirlilik kaynağından etkilenmektedir. 20. yüz yılın son çeyreğine kadar yapılan kentsel planlamalarda mühendislik jeolojisi özellikleri dikkate alınmış, ancak, jeolojik ortamın mineral hammadde potansiyelleri, hidrojeolojik, mineralojik ve jeokimyasal özellikleri yeterince dikkate alınmamıştır. Özellikle mineralojik ve jeokimyasal- jeomedikal özelliklerin göz ardı edilmesi, bir yandan jeolojik zenginliğin sürdürülebilir rasyonel kullanımlarını engellerken, diğer yandan da toplum sağlığının doğru bir biçimde planlanmasının önüne geçmiştir. Bu durumu tespit edebilen gelişmiş ülkeler, bölgesel ve kent planlamalarında insan sağlığının korunması ve toplumun yaşam ve çalışma şartlarının iyileştirilmesi sorununu ön sıralara almışlardır.

Doğadaki en etkin süreçlerden birisi olan kayaç ve topraklardan çevreye ağır metallerin salınması, kayaçlarda, toprakta ve suda, bitki-hayvan-insan besin zincirinin temel unsurları olan ana ve iz elementlerin içeriğinin artması ya da azalmasına neden olmaktadır. Bu durum ağır tıbbi sonuçlara yol açmakta ve sağlık açısından risk oluşturmaktadır. Dolayısıyla, sağlıklı bir toplum oluşturma mücadelesinde, jeolojik ortamın içerdiği elementler hakkında bilgi sahibi olunması ve jeolojik faktörler açısından özellikli alanların belirlenmesi, bu amaçla da jeokimyasal haritaların yapılması zorunluluğu öncelik kazanmaktadır.

Dünya genelinde, yüksek doğal radyoaktif element içeriği ile karakteristik radyoaktif alanların belirlenmesi, radyasyon epidemiyolojisi ve radyasyon-sağlığı açılarından büyük önem taşır. Uranyum ve toryum elementleri bazında yapılacak sistematik jeokimyasal araştırmalar ve dış ortam gama doz ölçümleri, uranyum-toryum dağılım haritalarının hazırlanmasına zemin oluşturacaktır. Böylece, radon riskinin derlendiği bu haritalarla, belli alanlarda yaşayan insan topluluklarının karşı karşıya kaldığı riski saptamak olanaklı olabilecektir.

Bu çalışmada jeokimyasal unsurların yaşam ortamı üzerindeki etkisini değerlendirmek üzere radyoaktif elementler seçilmiş ve İstanbul ve Çanakkale özelinde değerlendirilmiştir. Doğal radyoaktivitenin ana kaynakları esas olarak granitik ve volkanik kayaçlar olduğu bilgisinden yola çıkarak, İstanbul ve çevresinde yüzeyleyen granitoidlerde ölçülen U, Th ve K 'un yaratabileceği doğal radyasyon seviyesi hesaplanmıştır. Ayrıca Ezine-Çanakkale civarında, Kestanelbol granitik plütону ve volkanik kayaçlarda doğal radyasyon seviyesini belirlemek için, Ezine ilçe ve köylerinde dış ortam gama doz değerleri ve ev içi radon ölçümleri yapılmıştır. Bu iki

şehir örneği üzerinden yapılan doğal radyasyon çalışmalarından hareketle, doğal radyasyonun kent sağlığı üzerindeki önemi dünyadan örneklerle birlikte ele alınıp değerlendirilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Doğal radyasyon, granitik kayaçlar, halk sağlığı, jeokimyasal haritalar, kentsel planlama

**Abstract:** Urban areas, where the population of people are dense, face many environmental problems with the impact of human and industrial activities. Until 2050, the forecasting of two-thirds of the entire world population will live in cities, and the infrastructure of the cities should be better planned. Modern cities are affected by many pollution sources such as toxic metal pollution, organic pollution, smoke, acid rain and greenhouse gas accumulation.

In the urban planning carried out until the last quarter of the 20th century, engineering geological features were taken into consideration, however, the mineral raw material potentials, hydrogeological, mineralogical and geochemical characteristics of the geological environment were not taken into account sufficiently. The neglect of mineralogical and geochemical-geomedical characteristics, in particular, has prevented the sustainable rational use of geological wealth and prevented the proper planning of public health on the other. Developed countries, which can identify this situation, have taken the problem of protecting human health and improving the life and working conditions of society in regional and urban planning.

The release of heavy metals from rocks and soils, one of the most effective processes in nature, leads to an increase or decrease in the content of the main and trace elements, which are the basic elements of the plant-animal-human food chain in rocks, soil and water. This leads to severe medical consequences and poses a health risk. Therefore, in the struggle to create a healthy society, it is important to have knowledge about the elements contained in the geological environment and to determine the special areas in terms of geological factors, and to have geochemical maps for this purpose. It is of great importance for the determination of characteristic radioactive areas with high natural radioactive element content, radiation epidemiology and radiation-health throughout the world. Systematic geochemical investigations and external gamma dose measurements on the basis of uranium and thorium elements will be the basis for the preparation of uranium-thorium distribution maps. Thus, it can be possible to determine the risk that the human population living in certain areas is confronted with these maps where radon risk is compiled.

In this study, radioactive elements were selected and evaluated for İstanbul and Çanakkale in order to evaluate the effect of geochemical elements on the environment. Based on the knowledge that the main sources of natural radioactivity are mainly granitic and volcanic rocks, the natural radiation levels that U, Th and K can be measured in granitoids exposed in and around İstanbul were calculated. In addition, gamma dose values and in-house radon measurements were performed in Ezine districts and villages to determine the natural radiation level in the Kestanbol granitic pluton and volcanic rocks around Ezine-Çanakkale. The importance of natural radiation on urban health has been evaluated together with the examples from the world.

**Keywords:** Natural radiation, granitic rocks, urban health, geochemical maps, urban planning

**KENT JEOLJİSİ / *URBAN GEOLOGY***

Halil KUMSAR - Yılmaz MAHMUTOĞLU - Evren ERDİN  
B. Murat DEMİR - Atiye TUĞRUL

---

***Poster/Posters***

---

***ÖZ/ABSTRACT***





## Kıyı Kenar Çizgisinin Antalya Kıyılarında Arazi Kullanımı ve Çevre Koruma Açısından Önemi

### *Importance of Coast Edge Lines for Land Use and Environmental Protection in Antalya Coast*

Ali Türk<sup>1</sup>, Mehmet Özçelik<sup>2</sup>, Ziya Gençel<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Süleyman Demirel Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Şehir ve Bölge Planlama, Isparta

<sup>2</sup>Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği, Isparta

<sup>3</sup>Akdeniz Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Şehir ve Bölge Planlama, Antalya

(aliturk@sdu.edu.tr)

**Öz:** Yaklaşık 500 km uzunluğundaki Antalya sahili, Türkiye'nin en önemli turizm bölgelerinden biri olmuştur. Ülkemizin en önemli doğal kaynaklarından olan kıyılar, sanayi ve turizm yatırımları, su ürünleri, konut inşaatı, liman ve rıhtım gibi çeşitli amaçlarla kullanılmaktadır. Bu nedenle Antalya sahil şeridi yoğun inşaat faaliyetleri nedeniyle doğal çevrenin tahrip tehdidi ile karşı karşıya kalmaktadır. Özellikle son yıllarda kıyı bölgelerindeki uygulamalar kıyı özelliklerine özen gösterilmeden gerçekleştirilmiş ve bu durum nedeniyle kıyılarımız kirletici maddelerle ciddi şekilde tahrip edilmektedir.

Ülkemizde kıyı bölgelerine özgü ayrı bir yönetim modeli henüz üretilmemiştir. Kullanım planını yapma, planlarını onaylama ve görüş verme yetkisi ve görevi farklı kurumlar arasında dağıtılmaktadır. Farklı kurumların planlama alanındaki kanunlarla yetki sahibi olmaları, mahkemelere sunulan kurumlar arasında anlaşmazlıklara yol açmaktadır. Ayrıca, kurumlar arasında kıyı bölgelerinin kullanımına ilişkin makam üzerinde ihtilaflar bulunmaktadır.

Bu çalışmada, kıyı kenar çizgisinin özelliklerini belirlemede kurumlar arasında koordinasyon sağlamak için gerekli öneriler yapılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Kıyı kenar çizgisi, planlama, Antalya

**Abstract:** Antalya coast, which is approximately 500 km long, has been one of the most important tourism areas in Turkey. The coasts, which are one of the most important natural resources of our country, are used for various purposes such as industrial and tourism investments, water products, construction of domiciles, ports and docks. For this reason, Antalya coastline is faced with the threat of destruction of the natural environment due to intensive construction activities. Especially in recent years, coastal areas have been implemented without taking care of the coastal characteristics and our coasts have been severely damaged by pollutants.

A separate management model specific to coastal zones has not yet been produced in our country. The authority and duty to plan the utilization, to approve the plans and to give opinion are distributed among different institutions. The fact that different institution is entitled with

the authority by laws in the field of planning leads to disputes among the institutions that are brought to courts. Besides, there are disputes on the authority regarding the utilization of coastal zones among the institutions.

In this study, the necessary suggestions are made in order to provide coordination between institutions in determining the characteristics of coastal edge line.

**Keywords:** Coastal edge line, planning, Antalya

**KIYI, GÖL VE DENİZ JEOLJİSİ / COASTAL, LACUSTRINE AND MARINE GEOLOGY**

Erol SARI - Derman DONDURUR - Kadir Kürşat ERİŞ

Pierre HENRY - Mustafa AVCIOĞLU

---

**Sözlü Sunumlar/*Oral Presentations***

**ÖZ/ABSTRACT**







## Erdek Körfezi Karot Çökellerinin Ağır Metal Dağılımı Ve Kirlilik Derecesi

### *Distribution Of Heavy Metal and Degree of Contamination In Core Sediment From Erdek Gulf*

Tuğçe Nagihan Arslan Kaya<sup>1</sup>, Erol Sarı<sup>1</sup>, Mehmet Ali Kurt<sup>2</sup>, Dursun Acar<sup>3</sup>

<sup>1</sup>*İstanbul Üniversitesi, Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsü*

<sup>2</sup>*Mersin Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü*

<sup>3</sup>*İstanbul Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü*

([tugce.arslan@istanbul.edu.tr](mailto:tugce.arslan@istanbul.edu.tr))

**Öz:** Erdek Körfezi Marmara Denizi'nin güneybatısında bulunmakta, ortalama ve maksimum derinlikleri sırasıyla yaklaşık 34 m ve 55m'dir. Körfez Marmara Denizi'ndeki diğer (İzmit, Gemlik) körfezlere göre antropojenik kökenli kirleticilerle daha az kirlenmektedir. Körfeze başlıca tatlı su ve sediment kaynakları güneydeki Karabığa ve Gönen Nehirleridir. Bu nehirler Gönen ve Biga ilçeleri boyunca dolaşır ve evsel, tarımsal ve deri fabrikaları atık sularından gelen kirleticileri bünyesine alırlar.

Bu çalışmada Gönen Nehri ağzından -16 m su derinliğinden alınan karot çökel örneklerinde geçmişten günümüze antropojenik ve/veya doğal kökenli ağır metal kirlilik dağılımları incelendi. Bölgenin kirlilik derecesi ağır metal (Cu, Pb, Zn, Cr ve Co), tane boyutu ve toplam organik karbon (TOK) analizleri ile belirlendi. Sonuçlara göre, karot boyunca ortalama Cu, Pb, Zn, Cr ve Co değerleri sırasıyla 16, 68, 26,12 ve 14 ppm'dir. Ortalama çakıl, kum, silt ve kil içerikleri sırasıyla %0,1, 1, 70,5 ve 28,5'dir. TOK değerleri %0,5-1,9 arası dağılım göstermektedir.

Çalışma alanının kirlilik tarihçesini daha net ortaya koymak için karot boyunca Zenginleme Faktörü değerleri hesaplandı. Antropojenik kökenli kirleticilerin varlığını söyleyebildiğimiz karotun üst seviyelerinde (0-60 cm) ortalama EF değerleri; EF-Cr 3,7, EF-Co 0,7, EF-Cu 1,1, EF-Zn 1,3, EF-As 5,4, ve EF-Pb 12,8'dir. Metallerin düşey dağılımı ve EF değerlerine dayandırılarak karot çökel örneklerinin üst seviyesi As ve Pb ile önemli derecede, Cr ile de orta derecede Sutherland (2000) zenginleşme faktörü kirlilik derecesi sınıflamasına göre zenginleşmiştir. Çalışma alanı Co, Cu ve Zn bakımından kirlenmemiştir. EF-As, EF-Pb ve EF-Cr değerleri körfeze tarımsal, evsel ve endüstriyel kökenli artılmamış antropojenik kökenli atık suların verildiğini göstermektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Ağır metal, Gönen Nehri, karot sedimenti, antropojenik kirlilik, zenginleşme faktörü

**Abstract:** Gulf of Erdek is located in southwest Marmara Sea, with an average and maximum depths of around 34 m, and 55 m, respectively. It is more less polluted with pollutants of anthropogenic origin than the other gulfs (İzmit, Gemlik) in the Marmara Sea. The main source of

fresh water and sediments to the Gulf are the Gönen and Karabiga Rivers in the south. These rivers run through the towns of Gönen and Biga, and received pollution load from domestic, leather factories and agricultural waste water.

In this study, the core sediments were collected from mouth of Gönen river at -16 m water depth to investigate heavy metal pollutants distribution of anthropogenic and/or natural origin from the past to the present. The pollution level in the region was determined by analysing heavy metal (Cu, Pb, Zn, Cr and Co), grain size and total organic carbon (TOC) contents. According to the results, average Cu, Pb, Zn, Cr and Co values through the core are 16, 68, 26, 12 and 4 ppm, respectively. The mean concentration of gravel, sand, silt and clay are 0.1, 1, 70.5 and 28.5%, respectively. TOC contents values ranged between 0.5 and 1.9%.

Enrichment Factor were calculated through the core to reveal the pollution history more clearly of study area. Mean EF values for the upper levels of the core (0-60 cm) that level we might say presence of anthropogenic pollutants are 3.7 for EF-Cr; 0.7 for EF-Co, 1.1 for EF-Cu, 1.3 for EF-Zn, 5.4 for EF-As and 12.8 for EF-Pb. Based on the vertical distribution of trace metals and their EF values, upper levels of the core sediments were contaminated significantly with As and Pb, moderate contaminated with Cr according to Sutherland (2000) categorization. There was not any contamination of Co, Cu and Zn in the study area. The EF values of As, Pb and Cr indicated anthropogenic influence caused by the input of untreated industrial wastewater, domestic sewage and agricultural activities from the area around the gulf.

**Keywords:** Heavy metal, Gönen River, core sediment, anthropogenic pollution, enrichment factor



## Gülbahçe Körfezinin Sedimentolojik ve Jeokimyasal Özellikleri

### *Sedimentological and Geochemical Properties of Gulbahçe Bay*

**Ezgi Talas<sup>1</sup>, Atilla Hüsnu Eronat, Tarık İlhan, Filiz Küçüksezgin,  
Muhammet Duman**

<sup>1</sup>*Dokuz Eylül Üniversitesi Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Enstitüsü*

*(ezgi.talas@ogr.deu.edu.tr)*

**Öz:** Bu çalışmada, Gülbahçe Körfezi deniz tabanından alınan yüzey sedimentlerine ait, sedimentler ve jeokimyasal özellikler ile bu jeokimyasal özellikleri denetleyen faktörlerin araştırılması amaçlanmıştır. Gülbahçe Körfezi, deniz tabanından alınan 48 adet yüzey sediment örneğinde elek analizi, hidrometre, organik karbon, karbonat ve element analizleri yapılarak sedimentlerin tane boyu dağılımları ve jeokimyasal içerikleri belirlenmiş, element değerleri ile yer kabuğu referans karşılıkları mukayese edilmiş ve sedimentler içerisindeki element dağılımını etkileyen faktörler hesaplanmıştır. Sedimentler parametrelerin istatistik değerlendirmeleri sonucunda element gruplaşmaları ve etkileşimlerinin farklı etmenler altında geliştiği görülmüş, körfezden alınan örneklerin muhtemel kökenleri tanımlanmıştır. Bu çalışmada kullanılan faktör analizleri yöntemi özellikle karmaşık veri setlerinin ayıklanmasını sağlamakta ve araştırılan veri setindeki varyanslar üzerinde etkin olan değişken sayısını ortaya koymaktadır. Bu çalışma kapsamında, Gülbahçe Körfezinden alınan yüzey sediment örnekleri üzerinde yapılan incelemelerde, alan üzerinde etkili olan birincil faktörün toplam varyansın % 53,08'i oranında etkin olan antropojenik faktör olduğu belirlenmiştir. Bu faktör orta-yüksek dereceli pozitif oran gösteren; ince tane boyu, As, Co, Cr, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Ni, Pb, Sb ve Zn elementlerince temsil edildiği saptanmıştır. Sedimentler üzerinde etkili olan ve ağırlıklı olarak kalın tane oranı, CaCO<sub>3</sub>, Ca, Cd, Ce, Mg, Na, Nb, Ta, Th ve Zr elementleri ile karakterize edilen ikincil faktör % 12,99 etkinlik oranı ile biyojenik faktör olarak tanımlanmıştır. % 9,44 etkinlik oranına sahip üçüncül faktör Hidrotermal faktör olarak tanımlanmış olup orta yükseklikteki pozitif Ce, La, Th ve Ti elementlerince temsil edilmektedir. Dördüncü faktör % 6,32 etkinlik oranı ile Balık Çiftliği Etkisi (Na, P, S, Se, Sr ve Zn elementleri ile ilişkili) olup, beşinci faktör ise % 3,85 etkinlik oranı ile Litojenik faktör (ince tane oranı ve düşük pozitif değerlik gösteren Al, Ba, Co, Cr, Fe, Li, Mg, Mn, Sc, Se ve Ti elementleri ile ilişkili) olarak tespit edilmiştir. Analizi yapılan örneklerin tane boyu killi-silt ile kum boyutu aralığında değişim göstermektedir. Bu çalışmada Gülbahçe Körfezinin, kıyısız yerleşim bölgeleri ve balık çiftliklerinden kaynaklanan antropojenik parametrelerden etkilendiği gözlenmiştir. Ayrıca, İzmir Körfezinden denizel akıntılarla, Gülbahçe Körfezine taşınan çevresel kirlilikte, bu körfezi yoğun olarak etkilemektedir. İkinci en önemli parametre olan biyojenik etki ise körfez genelinde %37,3 oranında alan kaplayan *Posidonia oceanica* çayırlarından kaynaklanmakta ve bu çayırların yoğun olarak bulunduğu alanların çevre kirliliğinden daha az etkilendiği tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Ege Denizi, faktör analizi, Gülbahçe Körfezi, jeokimya, *Posidonia oceanica*, yüzey sedimentleri.

**Abstract:** This study was aimed to investigate the sedimentary and geochemical features of surface sediments from sea floor of Gulbahce Bay, and determinate to different factors controlling these geochemical features of sediments. The sieve, hydrometer, carbonate, organic carbon and element analysis were performed on 48 surface sediment samples to determine the sediment grain size distribution and geochemical composition. The results of element contents compared to the crustal averages. To interpret the geochemical analysis results, particularly to determine the relationships between the elements, statistical analyses were carried out. Statistical analysis of sedimentary parameters including element speciation was undertaken with a view to seeing the interrelationship between different variables and also to identify probable source components of Gulbahce Bay. Factor analysis has been used in the present work, which is essentially a data reduction technique that provides information on the number of variables explaining the observed variances in the data. These analyses showed the effective factors on the sedimentary parameters explained as that the main factor is anthropogenic factor explained 53.08 % of the total variance (comprised of variables like fine sediments size, As, Co, Cr, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Ni, Pb, Sb and Zn). The second factor called the biogenic factor explained 12.99 % (comprised of variables like labile coarse sediment size, CaCO<sub>3</sub>, Ca, Cd, Ce, Mg, Na, Nb, Ta, Th and Zr). The third factor called hydrothermal factor explained 9.44 % (comprised of variables like Ce, La, Th and Ti) of the variances, respectively. The fourth factor is aquaculture factor explained 6.32 % (comprised of variables like Na, P, S, Se, Sr and Zn) of the variances and the fifth factor is lithogenic factor (comprised of variables like fine sediments size, low degree positive variables of Al, Ba, Co, Cr, Fe, Li, Mg, Mn, Sc, Se and Ti) explaining 3.85 % of the variances. The grain sizes of the analysed samples ranged between clayey silt and sand size. In this study, it has been observed that the atropogenic effects of Gulbahce Bay caused by coastal settlements and fish farms. The Bay also heavily influenced by the environmental pollution carried from the Gulf of Izmir through marine streams. This study showed that the second important parameter, biogenic effect, is caused by *Posidonia oceanica* meadows which occupy 37.3% of the gulf area. The areas where these meadows are heavily wide spread are less affected by environmental pollution.

**Keywords:** Aegean Sea, geochemistry, Gulbahce Bay, factor analysis, *Posidonia oceanica*, surface sediments.



## Hatay Kıyılarının (GD Türkiye) Modern Siyah Kum Plajlarında Değişen Kaynak, Flüvyal ve Hidro-Morfo-Dinamik Koşullar: Kromit Plaserlerinin Oluşumu

*Changing Provenance, Fluvial And Hydro-Morpho-Dynamic Conditions On Modern Black Sand Beaches Along The Hatay Coasts From The SE-Turkey: Formation Of Chromite Placers*

**Mustafa Ergin, Zehra S. Karakaş, Erdoğan Tekin, Başak Eser, Koray Sözeri, Şükrü Koç**

*Ankara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Gölbaşı, Ankara 06830, Türkiye*

*(mergin@ankara.edu.tr)*

**Öz:** 14 km uzunluğunda ve gelgit kontrollü Hatay kıyılarında kromit içerikli ve siyah kumca zengin modern ağır mineral plaj plaserlerinin oluşumu ve süreçleri araştırılmıştır. 2012-2015 yılları arasında plajların yüzeyinden (ön plaj, arka plaj, kumul), akarsular, ofiyolitik kayalar ve kromitit madenlerinden toplam 225 örnek toplanmıştır. Hidrografik ve jeomorfolojik arazi gözlemlerine ilaveten, tane boyu ve ağır mineraller için petrografik analizler ve kısmen jeokimya gerçekleştirilmiştir. Her üç plaj alt ortamlarında orta kum en baskın tane boyu grubu olup, bunu ince kum ve bölgesel kaba-çok kaba kum izlemektedir. En az 25 geçici dereler ve büyük Asi Nehri kıyılarda çökelen sedimentlerin büyük bir kısmını sağlamaktadırlar ve dalga ve akıntılara bağlı mevcut hidro-morfo-dinamik koşullar da sedimenti dağıtmaktadırlar. Diğer taraftan, kıyı boyunca tek yönlü sediment taşınma modeli ve buna bağlı tane boyu değişimleri bu fluvial sistemlerin deşarjları ile kontrol edilmektedir. Bunun sonucu olarak kıyı boyunca tane boyunda küçülme veya büyüme eğilimi gösteren çeşitli bölgesel sektörler ortaya çıkmıştır. Tüm sedimentde değişen oranlarda kromit, magnetit, ilmenit, piroksen, amfibol ve olivin içeren toplam ağır mineraller (% 1-92 wt.) kıyı ve arkasındaki ofiyolitik kayalar (Hatay veya Kızıldağ ofiyolitlerinin mafik-ultramafik kompleksleri) ve içerdikleri kromititlerin varlığı ile oldukça ilişkilidir. Ağır mineral miktarlarında kuzeye doğru artma eğilimi büyük bir ihtimal ile kuzeydeki kaynak kayalara yakınlığın bir ürünüdür. Samandağ plajlarının tüm sedimentindeki Al (%1,7-6,6), Fe (%0,8-26,9), Cr (%<0,01-6,12) ve Mg (%4,1-11,6) miktarları ağır mineral zenginleşmesine bağlı olarak Yer Kabuğu ve kumtaşı kayalarının ortalamasından oldukça yüksektir. Bu miktarlar bölgedeki mafik ve ultramafik kaynak kayalar değerleri (Al: %0,5-12,19; Fe: %0,24-10,44; Cr: %0,01-14,31; Mg: %0,28-24,34) ile karşılaştırıldığında kaynak ve çökeltme faktörleri birbirleri ile çok yakın ilişkilidirler. Belliki, değişen sediment yapısı ve ağır mineral bileşimi ve bu nedenle Türkiye'nin güneydoğusunda Samandağ plajları boyunca kromitçe zengin siyah kum plaserlerinin oluşumu bölgesel değişebilen akarsuların drenajlarına, dalga ve akıntı hareketlerine, plaj morfolojisine ve kaynak kayalara yakınlığa bağlanabilir.

**Anahtar Kelimeler:** Ağır mineral, Hatay, plaj, plaser, sediment, Türkiye.

**Abstract:** Factors and processes forming the modern heavy mineral beach placers rich in chromite-bearing black sand were investigated along the 14 km long and microtidal Hatay coasts, southeastern Turkey. A total of 225 samples collected from the surface of beaches (from foreshores, backshores and dunes) and rivers, ophiolitic rocks and chromitites mines during the years between 2012 and 2015. In addition to hydrographic and geomorphological field observations, detailed petrographic analysis for grain size and heavy minerals and partly for geochemistry was performed. Medium sand is by far dominant grain size fraction in all the three beach subenvironments followed by fine sand and locally coarse to very coarse sand sediments also occurred. At least 25 ephemeral streams along with the major river Asi contribute most of the sediments deposited along the coasts where waves and currents further distribute in accordance with the prevailing hydro-morpho-dynamic conditions. On the other hand, unidirectional sediment transport model along the shore and thus changes in grain size distribution is controlled by discharges of these fluvial systems. This is resulted in formations of several sectors alongshore with increasing or decreasing tendencies of sediment grain sizes. Total heavy minerals of bulk sediments (1-92 wt.%) with varying portions of chromite, magnetite, ilmenite, pyroxenes, amphiboles and olivine are markedly related to the presence of ophiolitic rocks (mafic-ultramafic rock complexes of Hatay or Kızıldağ Ophiolites) and bearing chromitites on coastal hinterland. The tendency to increase in heavy mineral contents of sediments towards the north are likely to be the product of proximity of source rocks in the north. The concentrations of Al (1.7-6.6%), Fe (0.8-26.9%), Cr (<0.01-6,12%) and Mg (4.1-11.6%) in bulk Samandağ beach sediments are considerably higher than those of average Earth's Crustal rocks and sandstones due to enrichment of heavy minerals. When compared these concentrations with those from the mafic and ultramafic source rocks in the region (Al: 0.5-12.19%; Fe: 0.24-10.44%; Cr: 0.01-14.31%; Mg: 0.28-24.34%) in the region, the provenance and depositional factors are very closely interrelated. Obviously, changing sediment texture and heavy mineral composition and thus formation of chromite-rich black sand placers along the Samandağ beaches of SE Turkey can be related to spatial variations in drainage pattern of fluvial input, wave and current motions and beach morphology and the proximity to the source rocks.

**Keywords:** Beach, Hatay, heavy mineral, placer, sediment, Turkey.

**KIYI, GÖL VE DENİZ JEOLJİSİ / *COASTAL, LACUSTRINE AND MARINE GEOLOGY***

Erol SARI - Derman DONDURUR - Kadir Kürşat ERİŞ

Pierre HENRY - Mustafa AVCIOĞLU

---

**Poster/*Posters***

---

**ÖZ/*ABSTRACT***







## Marmaris Koyu'nun Oşinografisi ve Güncel Çökel Dağılımı

### *Recent Sediment Distribution and Oceanography Of Marmaris Bay*

Mustafa Eryılmaz<sup>1</sup>, Fulya Yücesoy Eryılmaz<sup>1</sup>, Umutcan Eryılmaz<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Mersin Uni, Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Çiftlikköy Kampusu, Mersin

<sup>2</sup>Kültür Mah., Ataç-2 Sok., Barış Apt., Kızılay-Ankara  
(meryilmaz@mersin.edu.tr)

**Öz:** Marmaris Koyu, Türkiye'nin güneybatısında, batıda Kadırga Burnu ile doğuda Turnalı Burun arasında yer alır. Ortalama eğimi %1-3 arasındadır. Marmaris Koyu, jeomorfolojik olarak iç liman ve dış liman olarak iki bölüme ayrılır. Maksimum derinlik iç limanda 37 metre, dış limanda ise 88 metredir. Dar kıyı yapısına sahiptir.

Çalışma alanında, deniz suyunun fiziksel parametreleri (su sıcaklığı, tuzluluk, pH, iletkenlik, direnç) CTD cihazı kullanılarak yerinde mevsimsel ölçülmüştür (15 istasyonda). Ayrıca 2 istasyonda mevsimsel akıntı ölçümleri yapılmıştır. Akıntı hız ve yönleri üç farklı derinlikte (yüze, orta ve dipte) kısa süreli olarak ölçülmüştür. 57 istasyondan orange-peel ve snapper türü grap örnekleyiciler ile yüzey çökel örnekleri alınmıştır. Çökel örneklerine, elek ve ıslak analiz yöntemleri uygulanmış, çökeller tane büyüklüğüne göre sınıflandırılarak bölgenin 1:10.000 ölçekli çökel dağılım haritası hazırlanmıştır.

Çalışma alanında, yüzey sularının sıcaklığı hava sıcaklığına bağlı olarak değişir. Dış limanda, Termoklin tabakası, 24 °C'den başlar ve 16-17 °C' de dengelenir. 60 metre derinlikte alt su tabakasına geçilir. Tuzluluk farkı, yüzey ve alt tabakalar arasında, kış ve ilkbahar mevsimlerinde yok denecek kadar azdır. Batı ve kuzey batı yönlerden gelen rüzgarlar güneydoğu ve doğu yönlerde yüzey sularını baskılayarak kıyı boyunca yerel akıntılar oluşturmaktadır. Zaman zaman, güney-güney batı yönünden esen sürekli ve güçlü rüzgarlar, saat yönünün tersi yönde yüzey akıntıları oluşturabilmektedir.

Çalışma alanının kıyı ve dip çökelleri, yerel akıntılar, dalgalar, karanın topografyası, denizaltı morfolojisi ve batimetrisinin etkisi altındadır. Bölgede, kıyılarda dalga nedeniyle ince taneli (silt, kil) materyal birikimi görülmez. Çalışma alanında yer alan çökeller, 4 farklı türden (kaya parçaları, çakıl, kum ve silt ) oluşur. Kumlu materyaller, çakıllı kum, kum ve siltli kumdur. Siltli malzemeler ise silt, kumlu silt ve killi siltten oluşur. Ayrıca çamurlu materyaller ise dış limanda dar bir alanda gözlenmektedir. Çalışma alanının en derin kısımlarında, siltli ve çamurlu birimler yer alır. Bu bölgede genellikle tane boyutu dağılımı kıyıda derine doğru kaba taneliden ince taneliye doğru geçiş yapmakta ve kıyı şeridinde paralel olarak birbirine geçiş yapan, ince bantlar halinde görülmektedir.

**Anahtar kelime:** Marmaris Koyu, fiziksel parametreler, batimetri, güncel çökel.

**Abstract:** Bay of Marmaris is located between in the southwest of Turkey (between Kadirga Cape-Turnalı Cape). Marmaris Bay is geomorphologically divided into two parts as inner port and tooth port. Maximum depth is at the inner harbour 37 and at outer harbour 88 m. It has a narrow coastal structure. The average slope varies between 1-3%.

In the study area, physical parameters (water temperature, salinity, pH, conductivity, resistivity) of the sea water had been measured seasonally in place using by the CTD equipment (at 15 stations). In addition, water current (velocity-direction) had been measured 2 station by currentmeter. Current measurements made in short-term, with three different levels; surface, 20 m and bottom. 57 surface sediment samples were taken with orange-peel and snapper types grap sampler. Samples were processed with Standard Methods of grain size analysis. Our regional maps of sediment distribution reflect grain size on a 1:10.000 scale. We generated a recent sediment distribution map for the region by combining our sedimentary data with a regional bathymetric map.

In the study area, the temperature of the surface waters is changing parallel with weather temperature. At the outer harbour, thermocline level temperature is start 24 °C and stabilizes at 16-17 °C. In the 60 meters depth are entered to the bottom water. Salinity difference between layers is almost negligible in winter and spring seasons. Winds from the west and northern west directions may force surface waters to the southeast and east directions constituted localize longshore water current. From time to time, continuous and strong wind blowing from south-southern west directions can create an opposite direction, counter clockwise surface currents.

Sediment distribution in this region is effected by current systems, bathymetry and both submarine, and terrestrial topographic features of the region. In the coast region, finer materials do not accumulate because of high waves energy. Thus from shore to off-shore grain size get thinner. Sediments in our study area consist of 4 types of basic sedimentary material: rock, gravel, sand, silt. Sandy materials are sand, gravelly sand silty sand. Silty material is composed of silt, and sandy silt. At the outer harbour, muddy material is observed in a narrow range. Most deep parts of the study area is located silty muddy materials. Generally, grain size distribution in this region is transitional from coarse to fine and trends parallel to the coastline.

**Keyword:** Marmaris Bay, physical parameters, bathymetry, recent sediment.

**KUVATERNER ARAŞTIRMALARI / QUATERNARY STUDIES**

Naki AKÇAR - Nasim MOZAFARI AMIRI - Mustafa SOFTA - Joel Q.G.SPENCER

---

**Sözlü Sunumlar/*Oral Presentations***

---

**ÖZ/ABSTRACT**





## Optically Stimulated Luminescence Dating of Very Young Sediments and Dusts

Joel Q.G. Spencer

*Department of Geology, Kansas State University, Manhattan, KS 66506, USA*

*(joelspen@ksu.edu)*

**Abstract:** In many geological and archaeological studies investigated within a Late Quaternary timeframe, one or more of a suite of different optically stimulated luminescence (OSL) approaches may now be applied to provide critical chronological constraint. Such luminescence applications might be in instances where age exceeds radiocarbon limits or there is a paucity of organic material. Accurate luminescence geochronology of very young (10s to 100s yr timeframe) deposits is also achievable, provided that certain luminescence characteristics and depositional environment factors hold true. Important considerations are: sufficiently high specific luminescence sensitivity to enable measurement of very small radiation doses; whether thermal transfer signals lead to dose overestimation; a more familiar problem of extent of optical resetting; and, whether the dose-rate is accurately reconstructed for shallow-depth surficial deposits with changing depositional environment. Data from studies conducted over the last few years will be used to illustrate the challenges of OSL dating of very young sediments, including recent work on attic dust deposits and the specific problems of dose-rate reconstruction for very thin (~5 mm) layers.

**Keywords:** Optically luminescence dating, young sediments, geochronology, dose-rate.



## Karadağ'ın (Batı Toroslar) Jeomorfolojik, Klimatik Özellikleri ve Kuvaterner Jeokronolojisi

*The Geomorphological and Climatical Characteristics of Karadağ (Western Taurus) and Its Quaternary Geochronology*

Cihan Bayraktar<sup>1</sup>, Zeynel Çılğın<sup>2</sup>, Faize Sarış<sup>3</sup>, Onur Altınay<sup>1</sup>, Onur Yasan<sup>3</sup>, Naki Akçar<sup>4</sup>

<sup>1</sup>*İstanbul Üniversitesi, Coğrafya Bölümü*

<sup>2</sup>*Munzur Üniversitesi, Coğrafya Bölümü*

<sup>3</sup>*Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Coğrafya Bölümü*

<sup>4</sup>*Bern Üniversitesi, Jeoloji Enstitüsü*

(cihanbyr@istanbul.edu.tr)

**Öz:** Teke Yarımadası'nda Beydağları, Akdağ, ve Sandıras gibi Pleyistosen buzlaşmasına maruz kalmış dağlardan biri olan Karadağ, Fethiye Körfezi'nin hemen kuzeydoğusunda 30 km kuş uçuşu mesafede 2418 m zirveye ulaşan ve 2300 m üzerinde çok sayıda zirveye sahip bir dağdır. Karadağ, ana hatları ile karstik bir arazi görünümüne sahip olup zirvelerin bulunduğu yüksek kesimlerde çok sayıda karstik depresyon barındırır. Bu yüksek kesimin kuzeye yönelimli yamaçlarında ise buzul şekilleri bulunur.

Teke Yarımadası'nda Pleyistosen buzullaşmalarına uğramış dağlardan, Sandıras ve Akdağ ile ilgili buzul araştırmaları ve buzullaşmaların yaşlandırılmalarına yönelik çalışmalar varken, Beydağlarında Pleyistosen buzullaşmalarından sadece çok genel hatları ile bahsedilmiş, Karadağ ile ilgili buzullaşma olgusu bilinmemekte, başka bir deyişle çalışmamıza kadar buzullardan bahseden hiçbir çalışma bulunmamaktadır. Oysaki Karadağ yüksek zirve düzlüklerinin yamaçlarında belirgin sirk ve morenler barındırır. Yapılan arazi çalışmalarında, Karadağ'da gelişmiş buzul vadileri, birçok farklı büyüklükte ve yönlere gelişmiş sirk ve bunların önlerinde cephe (1800 m seviyelerine inen) ve tümseksi morenler gözlenmiştir.

Bu bildiri ile Türkiye'de yeni bir buzullaşma sahasının tespiti ve bunun jeomorfolojik, klimatolojik ve kronolojik özelliklerini ortaya koymayı hedefleyen bir TÜBİTAK projesinin ilk sonuçları paylaşılacaktır. Bu kapsamda Karadağ'ın jeokronolojisini ve paleoklimsel değişikliklerin ortaya konması amacıyla <sup>36</sup>Cl kozmojenik yaş tayin yöntemi kullanılmıştır. Ayrıca dağlık kütlelerin iklim özelliklerine ilişkin doğrudan birincil veri toplanması amacıyla Karadağ'a otomatik hava gözlem istasyonu kurulmuş ilk veriler alınmaya başlanmıştır. Belirtilen yöntemlerle elde edilen mekânsal veriler coğrafi bilgi sistemleri kullanılarak analizlere tabi tutularak sonuç harita ve çıktıları oluşturulmuştur.

Bu çalışma 117Y391 nolu no'lu TÜBİTAK-ÇAYDAG projesi ile desteklenmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Batı Toroslar, Karadağ, Kuvaterner jeokronolojisi, Pleyistosen buzullaşmaları.

**Abstract:** Karadağ is one of the mountains subjected to the Pleistocene glaciations along with Beydağları, Akdağ and Sandıras in the Teke Peninsula (Teke Region). Within a 30 km straight distance from the northeast of Fethiye Bay to the top of the mountain, the elevation rises 2418 m at the summit surpassing many peaks over 2300 m. The mountain mainly features as a karst terrain having numerous karstic depressions at higher elevations close to the peaks. Glacial landforms also found on the north facing slopes of this area.

There are plenty of quantitative glacial research and dating studies aiming to reveal chronology of the glaciations in Pleistocene in the Teke Peninsula. But most of the studies are on the mountains glaciated in Pleistocene, such as Sandıras and Akdağ. On the other hand, there are only a few glacial studies concerning Beydağları in which the glaciations were mentioned superficially. And lastly, there has not been any studies on Karadağ until this work due to unknown glacial phenomenon. However, Karadağ has distinctive cirques and moraines on the slopes of higher elevation near the peaks. After field works, we carried out in Karadağ, we mapped five cirques which developed in different sizes and aspects and in front of them lie hummocky and frontal moraines descending up to 1800 m.

Here, we present initial results of a TÜBİTAK project aiming to reveal geomorphological, climatical and chronological features of a recently discovered glaciated mountain-Karadağ. <sup>36</sup>Cl surface exposure dating method was used to reveal geochronology and paleoclimatic variations of Karadağ. In addition, an automatic weather monitoring station was set up on the mountain to gather first hand climatic data for better understanding of the climate of Karadağ and the station has started to provide initial data. Spatial data which is obtained by the methods mentioned above was subjected to analyzes using geographic information systems and subsequently, maps and result output were created.

This work was financially supported by TÜBİTAK-ÇAYDAG (Project no: 117Y391).

**Keywords:** Karadağ Mountain, Pleistocene glaciations, Quaternary geochronology, Western Taurus





## Dinar Alpleri'nde <sup>36</sup>Cl Kozmojenik Buzul Jeokronolojisi: Bosna-Hersek Dağlarından İlk Sonuçlar

*Cosmogenic <sup>36</sup>Cl Glacial Geochronology of The Dinaric Alps: First Results From The Mountains of Bosnia and Herzegovina*

M. Akif Sarıkaya<sup>1</sup>, Manja Žebre<sup>2,3</sup>, Uroš Stepišnik<sup>4</sup>, Cengiz Yıldırım<sup>1</sup>,  
Attila Çiner<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Istanbul Technical University, Eurasia Institute of Earth Sciences, Sarıyer, İstanbul, Turkey*

<sup>2</sup>*Geological Survey of Slovenia, Ljubljana, Slovenia*

<sup>3</sup>*Department of Geography & Earth Sciences, Aberystwyth University, United Kingdom*

<sup>4</sup>*University of Ljubljana, Department of Geography, Ljubljana, Slovenia*

(\*[masarikaya@itu.edu.tr](mailto:masarikaya@itu.edu.tr))

**Öz:** Bu çalışma Dinar Alpleri'nde bilinen ilk <sup>36</sup>Cl tarihlendirme çalışmasına ait öncü bulguları içermektedir. Dinar Alpleri'nin Kuvaterner buzul kronolojisi, diğer Akdeniz dağlarıyla karşılaştırıldığında halen çok iyi bilinmemektedir. Buna rağmen Güney Dinar Alpleri'nde yapılan az sayıdaki çalışmaya göre bölgede Geç Kuvaterner'de dört aşamalı buzullaşma geliştiği savunulmuştur. Bu çalışmayla Bosna-Hersek'de Čvrnsnica (2226 m), Velež (1969 m) ve Crvanj (1920 m) dağlarında buzul jeomorfolojisi araştırması yapılmış ve buzul kronolojisini anlamak için 3 bölgede toplam 32 adet örnek alınmıştır. Çalışılan morenler genelde oldukça iyi korunmuş olup bu durum oluştukları dönemdeki buzulların büyüklüğüne ve sonrasında karstlaşma nedeniyle yüzey sularının eksikliğine bağlanabilir. Örneklerin kozmojenik <sup>36</sup>Cl yaşları 22,7±3,8 bin yıl ile 4,2±1,0 bin yıl (1-sigma: 40 mm/bin yıl ana kaya erozyon hızına dayanılarak) arasında değişmektedir. Dağları tek tek incelediğimizde, Čvrnsnica'nın iki evreli bir buzullaşma geçirdiği (18,1±2,2 bin yıl önce, Son Buzul Maksimumu ve 11,8±0,9 bin yıl önce, Genç Dryas), Velež ve Crvanj'ın ise benzer Genç Dryas buzullaşmalarına (sırasıyla 14,9±1,1 bin yıl önce ve 11,9±0,9 bin yıl önce) uğradığı görülmüştür. Bununla birlikte, incelenen bölgenin yüksek karstlaşma hızı ve en yüksek zirvelere yılda 2000 mm'nin üzerinde düşen yağış miktarı göz önünde tutulduğunda örneklerin daha yüksek erozyona maruz kaldıkları düşünülebilir. Sonuçlarımız Bosna-Hersek Dağları'ndaki ilk nicel kronolojiler olup, Dinar Alpleri'nde Son Buzul dönemi ve Pleyistosen-Holosen geçişinde bölgede belirgin buzullaşmalar olduğunu göstermektedir. Bu çalışma Tübitak 118Y052 ve İTÜ Bilimsel Araştırma (MGA-2017-40540) projelerince desteklenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Kozmojenik <sup>36</sup>Cl, buzullar, moren, Bosna-Hersek

**Abstract:** This study presents the first attempt to date moraines in the Dinaric mountain karst using cosmogenic <sup>36</sup>Cl surface exposure dating technique. Glacial chronology of the Dinaric Alps is still not well-known when compared with other Mediterranean mountains. Few attempts of dating glacial deposits by other methods have been made in the southern Dinaric Alps, suggesting four glacial stages. However, there is no quantitative chronology on the mountains

of Bosnia and Herzegovina (BiH). The aim of this study is to reconstruct the glacial history of three BiH mountains; Mt. Čvrsnica (2226 m), Mt. Velež (1969 m) and Mt. Crvanj (1920 m). We produced glacial geomorphological maps and collected 32 samples in total from moraine boulders to understand the glacial chronology of these mountains. The studied moraines are mostly well preserved due to the magnitude of glaciations and high preservation potential of the karst environment that generally lacks surface flow. Cosmogenic  $^{36}\text{Cl}$  exposure ages of the samples range from  $22.7\pm 3.8$  ka to  $4.2\pm 1.0$  ka (1-sigma: based on 40 mm/ka boulder erosion rate). When we consider the individual mountains, the Mt. Čvrsnica has two glacial stages:  $18.1\pm 2.2$  ka (Last Glacial Maximum) and  $11.8\pm 0.9$  ka (Younger Dryas). Mt. Velež and Mt. Crvanj have also similar glacial chronologies with Mt. Čvrsnica presenting Younger Dryas advances by  $14.9\pm 1.1$  ka ago and  $11.9\pm 0.9$  ka ago, respectively. However, the studied karst areas are characterized by the Mediterranean climate with high precipitation amount (over 2000 mm in the highest peaks), which suggest even higher denudation rates. Our results provide the first quantitative chronologies and indicate significant glaciations during the Last Glacial and Pleistocene-Holocene transition in the Dinaric Alps. This work was supported by Tübitak 118Y052 and Istanbul Technical University (MGA-2017-40540) projects.

**Keywords:** Cosmogenic  $^{36}\text{Cl}$ , glaciers, moraine, Bosnia-Herzegovina



## Konya Bölgesindeki Kuvaterner Yaşlı Kalışlerin Oluşum Mekanizması ve Jeolojik Önemi

*The Formation of The Caliche Deposits of Quaternary Age and Its Geological Implications, Konya Region, Turkey*

**Swan Alfatlawi, Arif Delikan, Hükümü Orhan, Ülkü Sayın, Ayhan Özmen**

<sup>1</sup>Selcuk University, Engineering Faculty, Geology Eng. Dep., Konya

<sup>2</sup>Selcuk University, Science Faculty, Physics Dep., Konya

<sup>3</sup>Selcuk University, Advanced Technology Research&Application Center, Konya

(swanmajeed@gmail.com)

**Öz:** Konya kapalı havzası, coğrafi konumu ve doğal kaynak potansiyeli açısından Türkiye'nin önemli havzalarından biridir. Konya ovası, karbonat çökelleri ile dolan eski bir göl yüzeyidir. Bu havzada Kuvaterner dönemde meydana gelen iklimsel değişimlerin; günümüz topografyasında, bitki örtüsünde, toprak oluşumunda ve antik yerleşmelerin kurulup gelişmesinde önemli etkileri olmuştur. Bölgedeki yüzey ve yeraltı suları özellikle fayların oluşturduğu süreksizlik düzlemlerini kullanarak hem fay düzlemlerinde hem de fay kenarlarında kalış oluşumuna olanak sağlamıştır. Bu nedenle Konya bölgesindeki kalış oluşumları çoğunlukla genç ve/veya aktif faylar ile ilişkilidir ve fay bloklarının kenarlarında oldukça kalın kalış oluşumları izlenmektedir. Özellikle Hatip lokasyonu Konya Fay Zonu içerisinde yer almaktadır. Hatip kalışleri hem jeokimyasal hem de arazi gözlemleri sonucunda dolokrit özellikte ve friatik zonda yeraltı suyunun etkisi ile oluştukları saptanmıştır.

ESR metodu kullanarak dolokrit örneklerin yaşı 292,86 bin yıl olarak belirlenmiştir. Ardıçlı ve Dokuzunbeli kalışleri ise pedojenik karakterde oldukları jeokimyasal ve arazi gözlemlerine dayalı olarak tanımlanmıştır. Ardıçlı kalışlerinin ESR metoduyla tarihlenmiş ve yaşları 217,47-271,58 bin yıl arasında değişmektedir. Dokuzunbeli kalışleri ise yine pedojenik karakterdedir ve yaşı ESR metoduyla 389,85 bin yıl olarak bulunmuştur.

Sonuç olarak bu çalışmada ilk defa kalışlerin jeokimyasal ve sedimantolojik özelliklerin belirlenmesi ile kalışlerin oluşum mekanizması, kökeni ve litolojik özellikleri ortaya konulmuştur. Kalışlerin yaşlarının ESR tekniği ile belirlenmesi Kuvaterner jeolojisine, paleoiklimsel tahminlere ve gırecelide olsa fayların oluşum tarihine ışık tutacaktır.

**Anahtar Kelimeler:** ESR, kalış, konya, Konya Fay Zonu (KFZ), paleoiklim.

**Abstract:** Konya Closed Basin is one of Turkey's most important watershed in terms of geographical location and natural resources potential. The Konya plain is an old lake surface with carbonated deposits filled. The climatic changes occurring in this basin during the Quaternary period had important effects on the formation and development of today's topography, vegetation, soil formation and the first settlements. The surface and groundwater in the region

have allowed the formation of calipers on both the fault planes and fault edges, especially by using the discontinuity planes formed by the faults. Therefore, the calcareous formations in the Konya region are mostly related to the young and / or active faults, and the formation of the thick blocks at the edges of the fault blocks is observed. Especially Hatip location is located in Konya fault zone. As a result of both geochemical and field observations, Hatip formation have been formed by dolocrete and groundwater types of caliches under the influence of groundwater. The age of the dolocrete samples was determined by using ESR method as 292.86 ka. Ardıçlı and dokuzunbelli caliche samples are defined as geochemical and field observations with pedogenic character. The age of Ardıçlı caliche samples's ages by using ESR method was between 217.47-271.58 ka. Dokuzubelli samples were also pedogenic and their age was found to be 389.85ky with ESR method. As a result, geochemical and sedimentological properties of the caliche and the formation mechanism, origin and lithological characteristics of caliches were determined for the first time in this study. The determination of the caliche ages by ESR technique will shed light on Quaternary geology, paleoclimatic estimations and the history of faults.

**Keywords:** ESR, caliche, konya, Konya Fault Zone (KFZ), paleoclimatology



## Jeolojik, Jeomorfolojik ve OSL Yaş Verileri Işığında Doğu Pontidler'in Aktif Tektoniği

*Active Tectonic of the Eastern Pontides in the Light of the Geologic, Geomorphologic and OSL Dating Data*

**Mustafa Softa<sup>1</sup>, Hasan Sözbilir<sup>1</sup>, Tahir Emre<sup>1</sup>, Joel Q.G. Spencer<sup>2</sup>, Mehmet Turan<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Dokuz Eylül Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Buca, İzmir, Türkiye

<sup>2</sup>Kansas State University, Department of Geology, Manhattan, Kansas, USA

<sup>3</sup>Karadeniz Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Merkez, Trabzon, Türkiye  
(mustafa.softa@deu.edu.tr)

**Öz:** Doğu Karadeniz dağ kuşağında, Kuzey Anadolu Fayı (KAF) ile Karadeniz arasında değişken aşamalı deformasyonu karşılayan Doğu Pontidler, güneybatıdan Kuzey Anadolu Fayı, güney-güneydoğudan Kuzeydoğu Anadolu Fayı (KDAF) ve Borjomi-Kazbegi Fayı ve kuzeyinden Karadeniz Fayı ile sınırlı olmasına rağmen, günümüze kadar yapılan çalışmalarda Doğu Pontidler'de Senozoyik dönem deformasyonlarından söz edilmemektedir. Fakat tarafımızdan yapılan jeolojik, jeomorfolojik ve OSL-tabanlı çalışmalarda, Doğu Pontidler'in sıkışmalı doğrultu atımlı fay zonu (*transpressional*) içerisinde yılda 0,59 ile 1 mm arasında *push-up* yapısı ile yükselen bir blok olduğunu ve bu zon içerisindeki fayların Pliyo-Kuvaterner ve Kuvaterner birimlerini deforme ettiğini göstermiştir. Tektonik jeomorfolojik veriler, Doğu Pontidler'in asimetric bir konumda olduğunu ve özellikle kıyı kesimlerini denetleyen diri fayların aktivitelerinin birbirlerine göre yüksek derecede olduğuna işaret etmiştir. Yapılan morfometrik analizlerde, bölgenin yılda 0,5 mm'den yüksek bir hızla yükseldiği saptanmıştır. Yapısal ve kinematik verilere göre, Doğu Pontidler'in yükselen kısmında KD-GB, KB-GD ve D-B gidişli doğrultu atımlı ve eğim /verev atımlı faylar baskındır. Sahil kesiminde ise, 65 km uzunluğa ulaşan ara aşamalı (en échelon) fay zonu içinde, eğim açıları 60-90° ve kayma açıları (rake) 32-90° arasında değişen, çoğunlukla eğim/verev atımlı normal faylar saptanmıştır. Güneydoğu Karadeniz Fayı olarak adlandırılan bu fay zonu boyunca yapılan kinematik analizler değerlendirildiğinde en genç deformasyon fazının K-KD/G-GB yönünde genişleme tektoniği içinde kaldığına işaret etmektedir. Jeokronolojik veriler, Doğu Pontidler'de deniz seviyesi değişimlerinin en önemli göstergelerinden biri olan, denizel taraçaların 3 farklı tortullaşma evresinde çökeldiğini, çökel hızlarının 1000 yılda 3 ile 25 cm arasında değiştiğini ve bölgedeki deformasyonun 78 bin yıldan günümüze kadar aktif olduğunu göstermektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Aktif tektonik, tektonik jeomorfoloji, jeokronoloji, kinematik analiz, Kuzey Anadolu Fayı, Doğu Pontidler

**Abstract:** There is no study related to Cenozoic deformations in the Eastern Pontides which accommodate deformations between North Anatolian Fault System and Black sea, even though it forms North Anatolian Fault Zone at the north, Northeast Anatolian Fault and Borjo-

mi- Kazbegi Fault at the south-southeast and Karadeniz Fault at the north. The obtained data show that the Eastern Pontides are a block that is uplifted 0.59 to 1 mm per year within a transpressional zone and the faults in this zone deform the Plio-Quaternary and Quaternary units. Tectonic geomorphologic data indicate that the Eastern Pontides are in an asymmetric topography and the activities of the fault-controlled mountain front are particularly high relative to each other. In the morphometric analysis, the region was found to be uplifting more than 0.5 mm per year. According to the structural and kinematic data, the NE-SW, NW-SE, and E-W trending strike-slip and normal/oblique faults are dominant in the Eastern Pontides. The faults that control the coastal area, which are normal faults/oblique faults, have an en-echelon geometry. When the kinematic analyses along the fault zone are evaluated, it indicates that the latest deformation phase is within the extensional tectonics in the direction of N-NE / S-SW. Geochronologic data shows that the marine terraces, one of the most important signs of sea level changes in the Eastern Pontides, deposit at three different sedimentation periods and that the sedimentation rates range from 3 cm/1000 yr to 25 cm/1000 yr. In conclusion, we deciphered that it is likely that this region has been remarkably tectonically active latest Pleistocene to earlier Holocene (78 ka).

**Keywords:** Active tectonics, tectonic geomorphology, geochronology, kinematic analysis, North Anatolian Fault, Eastern Pontides



**KUVATERNER ARAŞTIRMALARI / QUATERNARY STUDIES**

Naki AKÇAR - Nasim MOZAFARI AMIRI - Mustafa SOFTA - Joel Q.G.SPENCER

---

**Poster/Posters**

---

**ÖZ/ABSTRACT**







## Suğla Gölü (GB Konya) Geç Kuvaterner Tortullarının Stratigrafisi, Ostrakod-Gastropod Fauna Topluluğu ve Paleoortamsal Özellikleri

*Stratigraphy, the Ostracod-Gastropod Fauna Assemblage, and Paleoenvironmental Characteristics of the Late Quaternary Sediments of Lake Suğla (SW Konya)*

**Zeynep Ergun<sup>1</sup>, Alaettin Tuncer<sup>2</sup>, Cemal Tunoğlu<sup>2</sup>, Burçin Aşkın Gümüş<sup>3</sup>, Nizamettin Kazancı<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Ankara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Gölbaşı/Ankara

<sup>2</sup>Hacettepe, Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Beytepe/Ankara

<sup>3</sup>Gazi Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Beştepe/Ankara  
(zergun@ankara.edu.tr)

**Öz:** Suğla Gölü, Konya ilinin güneybatısında yer almakta olup Bozkır-Seydişehir-Beyşehir çöküntü havzasının güney kesimindeki yayvan bir çanakta oluşmuştur. Suğla Gölü, Beyşehir-Çumra drenaj alanında yer alan bir tatlı su gölüdür. Gölün maksimum sulu alanı 165 km<sup>2</sup> iken yaz sonlarında bu değer 30 km<sup>2</sup>'ye düşebilmekte, bazı yıllarda 10 km<sup>2</sup>'nin altına inen değerler izlenebilmektedir. Ayrıca bazı yıllar gölün tamamen kurduğu da bilinmektedir. Ortalama su derinliği 3 metredir. Göl tabanı güneş ışığını almakta olup yaz aylarında göl suyu sıcaklığı artmaktadır. Göl güneyde Toros Mesozoyik karbonatları, kuzeyde ise Erenler Dağı Volkanitleri ile sınırlanmaktadır. Çok sayıda karstik boşluk göl seviyesinin yükselmesini engellemektedir.

DSİ sondajlarında elde edilen 185 metrelik istif, Suğla Gölü'nü Kuvaterner çalışmaları bakımından ilgi çekici hale getirmiştir. Anadolu'da bu kalınlıkta bir gölsel istife nadiren rastlanmakta olup bu istif olasılıkla tüm Kuvaterner'i kapsayan ilk tortul kayıt olma özelliğine sahiptir. Göl tortulları, tüm istifi kesen ve göl tabanına ulaşan üç adet (SK-1: 44m; SK-2: 19m; SK-3: 75m) sondaj karotu boyunca örneklenmiştir. Bu örnekler biyostratigrafi ve paleolimnoloji çalışmalarında da kullanılmıştır.

Sondaj istifleri boyunca derlenen örneklerde ostrakod faunasının yanısıra gastropod ve karo-fitlere (gyrogonit) rastlanmıştır. Ostrakod topluluğu düşük bolluk ve çeşitlilik sunsa da diğer faunal/floral bulgulara göre dikkat çekicidir. Sondaj istifleri boyunca derlenen 49 örneğin 20 tanesi steril çıkarken 29 tanesinde fosillere rastlanmıştır. SK-2 sondaj istifi ostrakodlar açısından sterilken, SK-3 istifinin alt kesimleri ile SK-1 istifi boyunca ostrakodlar kaydedilmiştir. Ostrakodlara yalnızca 15 seviyede rastlanılmıştır ve toplamda 8 ostrakod cinsine ait 9 takson tayin edilmiştir: *Cypridopsis vidua*, *Trajancypris serrata*, cf. *Herpetocypris* sp., *Candona neglecta*, *Cyclocypris laevis*, *Ilyocypris monstifica*, *Ilyocypris* sp., *Cyprideis torosa* ve *Limnocythere* cf. *inopinata*. Bu fauna karasal ortamların yaygın taksonlarından oluşmaktadır ve ayrıca Anadolu'daki Kuvaterner yaşlı istiflerden elde edilen ostrakod faunaları ile benzerlikler

sunmaktadır. *Candona* ve *Ilyocypris* 'e üye türler faunada baskınken *Cypridopsis vidua*, *Trajanocypris serrata*, *Cyprideis torosa* ve *Limnocythere* cf. *inopinata* sadece birkaç seviyede elde edilmiştir. Bu taksonlar ile *Ilyocypris* türleri esas olarak çamurlu zeminlere sahip çok sığ sucul ortamların göstergesidir. Bu fauna ayrıca tatlı su-oligohalin tuzluluk koşullarını işaret etse de tek bir seviyede (SK3/67-70-2/38 cm) elde edilen *C. torosa* acı koşullarının işaretidir.

Çalışmada ayrıca 3 gastropod (*Valvata* cf. *saulyci*, *Valvata cristata* ve *Bithynia* sp.) ile 1 bivalv (*Pisidium* cf. *personatum*) taksonu tanımlanmıştır. *Valvata* cf. *saulyci* en yaygın görülen tür olup elde edilen diğer taksonlarla birlikte bol bitkili, çamurlu, organik maddece zengin lotik ve lentik tatlı sucul ortamlarda (özellikle göllerin litoral zonu) yaygın olarak bulunmaktadır.

Mutlak yaş verileri ile faunal/floral bulgular gölün Orta-Geç Kuvaterner yaşlı olduğunu işaret etmektedir. Ayrıca bulgular Kuvaterner boyunca sığ, bitkili ve sıcak bir tatlı su ortamının göstergesi olup belirli dönemlerde göl seviyesinin düşmesi ile acı su koşullarının varlığından da söz edilebilir.

**Anahtar Kelimeler:** Gastropod, Kuvaterner, ostrakod, paleoortam, Suğla Gölü

**Abstract:** Lake Suğla is located in the southwestern part of the Konya city and it is formed in a flat basin in the southern part of the Bozkır-Seydişehir-Beyşehir depression. It is a freshwater lake and located in the Beyşehir-Çumra drainage area. The maximum water area of the lake is 165 km<sup>2</sup> while it can fall to 30 km<sup>2</sup> at the end of the summer in some years this value falls below the 10 km<sup>2</sup>. It is also known that the lake was completely dried in some years. The average water depth is 3 meters. The lake bottom receives the sunlight and lake water temperature increases in summer. The lake is bounded by the Mesozoic carbonates of Taurus Mountains in the south and the Erenler Mountain Volcanites are in the north. A large number of karstic cavities prevent the lake level rise.

The 185-meter sequence revealed by DSI drillings arose Quaternary investigation's interest. Such a thick lacustrine succession is rarely encountered in Anatolia, and perhaps it may be the first sedimentary record covering the whole Quaternary. Lake sediments were sampled along the three borehole cores (SK-1: 44m; SK-2: 19m; SK-3: 75m) which cut the entire sequence from top to the basement rock. These samples were also investigated in biostratigraphy and paleolimnology studies.

As well as the ostracod fauna, gastropods and charophytes (gyrogonite) were also obtained from samples collected along the borehole cores. Despite the ostracod assemblage exhibits low abundance and diversity, it is the prominent element with respect to other faunal/floral findings. 20 of 49 samples collected along the boreholes are sterile while 29 samples are fossiliferous. SK-2 borehole core is sterile in terms of ostracods while ostracods are recorded from lower part of the SK-3 core with all along the SK-1. Ostracods are obtained from only 15 samples and 9 taxa belonging to 8 genera have been identified: *Cypridopsis vidua*, *Trajanocypris serrata*, cf. *Herpetocypris* sp., *Candona neglecta*, *Cyclocypris laevis*, *Ilyocypris monstriefica*, *Ilyocypris* sp., *Cyprideis torosa* and *Limnocythere* cf. *inopinata*. This fauna comprises of common taxa of the non-marine environments and it is also bear resemblance to the ostracod

fauna gathered from Quaternary successions of Anatolian peninsula. *Candona* and *Ilyocypris* species are dominant in fauna while *Cypridopsis vidua*, *Trajancypris serrata*, *Cyprideis torosa* and *Limnocythere* cf. *inopinata* are only obtained from several levels. These taxa along with the *Ilyocypris* are the indicator of the very shallow aquatic environment with mainly muddy substrate. The fauna also indicates the freshwater-oligohaline salinity conditions, but the presence of *C. torosa* at one level (SK3/67-70-2/38 cm) is the signal of brackish conditions.

Meanwhile, 3 gastropod (*Valvata* cf. *sauleyi*, *Valvata cristata* and *Bithynia* sp.) and 1 bivalv (*Pisidium* cf. *personatum*) taxa have been also identified. *Valvata* cf. *sauleyi* is the most common species mainly found in highly vegetated, muddy, organic matter-rich, lotic and/or lentic freshwater environments (especially, littoral zone of the lakes) together with the other taxa.

Absolute age data along with the faunal/floral findings indicate that the formation age of the lake is Middle-Late Quaternary. In addition, the output data are the indicator of a shallow, vegetated and warm freshwater environment and also the presence of brackish conditions accompanying the lake level decrease can be mentioned.

**Keywords:** Gastropod, Lake Suğla, Ostracod, paleoenvironment, Quaternary



**KÜLTÜREL JEOLJİ VE JEOLJİK MİRAS**

**/ CULTURAL GEOLOGY AND GEOLOGICAL HERITAGE**

Nizamettin KAZANCI - Korhan ERTURAÇ - Catherine KUZUCUOĞLU - Alper GÜRBÜZ

---

***Sözlü Sunumlar/Oral Presentations***

***ÖZ/ABSTRACT***





## Mahkemağcin Yeraltı Şehri (Kızılcahamam, Ankara) İç Mekânlarına Uygulanan Olası İlk Çağ Yapı Geliştirme Tekniği

*A Possible Early Medieval Rehabilitation Technique Applied To Inner Walls Of The Mahkemağcin Underground City (Kızılcahamam, Ankara, Turkey)*

**Nizamettin Kazancı<sup>1,2</sup>, Salim M. Öncel<sup>3</sup>, Aysen Özgüneylioğlu<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup>Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Tandoğan/Ankara

<sup>2</sup>JEMİRKO-Jeolojik Mirası Koruma Derneği, P.K. 10, 06100 Maltepe/Ankara

<sup>3</sup>Gebze Teknik Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü, 41400 Gebze/Kocaeli

(nkazanci@ankara.edu.tr; kazancinizamettin@gmail.com)

**Öz:** Kızılcahamam-Çamlıdere Jeopark Projesi (Ankara) içinde yer alan önemli kültürel jeositlerden birisi “Mahkemağcin Yeraltı Şehri”dir. Şehir dört katlı olup, Kızılcahamam volkanikleri ve/veya bunun yanıl eşdeğeri Pazar Formasyonu içindeki Erken-Orta Miyosen yaşlı tüflere oyulmuştur. Katlar basamak tarzında dizili olup birbirinden bağımsız girişlere sahiptir. Kimyasal bozuşma ve kaya-blok düşmeleri ile en üstteki katın bazı odaları kısmen veya tamamen tahrip olmuştur, ancak ilk üç kat oldukça iyi korunmuştur. Mahkemağcin köyü bu eski yeraltı şehri üzerine oturmaktadır ve yakın zamana kadar buradaki odalar yerel halk tarafından evlerinin müstemilatı olarak kullanılmıştır. Şehrin tüm oda duvarları siyahlaşmıştır. Jeopark projesi ile birlikte yeraltı şehri ortaya çıkarılmış ve ziyarete açılmıştır. Odaların büyüklüğü farklıdır; uzun duvarları 1-6 metre arasında değişir. Düzgün duvarları ve dörtgen iç düzenleri vardır. Bazılarında oyma ile yapılmış kaba süslemeler görülür. İki ayrı oda grubunda özensiz yapılmış haç işareti bulunur. Odalarda seki, duvar oyuğu, kuyu, niş vb. yerlerin varlığına dayanarak gelişmiş hayvancılık yapıldığı, şarap imalathanesi, hayvan besleme yerleri ve ibadet-hane varlığı dikkate alınarak şehirde zengin yaşam olduğu yorumu yapılmaktadır.

Arkeolojik kayıtlar bölgenin Frig’ler (MÖ 1200-550), Persler MÖ 550-334 ve Galatlar (MÖ 277-25) tarafından iskân edildiğini göstermektedir. Bununla birlikte Mahkemağcin Yeraltı Şehri’nin ne zaman ve kimler tarafından kazıldığı kesin değildir. Benzetme, Haç işareti ve zaman-mekân eşleştirmesi ile Frig’ler tarafından kazıldığını, Galatlar ve Romalılar tarafından da kullanıldığını düşünmek mümkündür. Şehir gri-beyaz renkli, fazla dağılgan olmayan kaba taneli tüfler içine kurulmuştur. Taze yüzeyler aşınmaya karşı dayanıksızdır, fakat tüfleri kaplayan liken ve otsu bitkiler koruyucu rol oynarlar. Bu çalışmanın asıl konusu yeraltı şehrinin iç mekânlarında ve eksiksiz tüm tavan ve yan duvarlarında bulunan koyu siyah kabuk ve bunun niçin, nasıl oluştuğudur. Daha açık ifade ile şehrin duvarlarını kaplayan kabuğun bilerek mi elde edildiği, yoksa istenmeyen olaylar sonucu mu meydana geldiği araştırılmaktadır. İnceleme yapılan kabuk 4- 10 mm kalınlığında olup, içeride yakılan ateşin isisi ve savaş dönemlerindeki yangınların izleri olarak yorumlanmaktadır. Şehrin tümünde her yüzey ve her oyuğu kaplayacak şekilde olması, is veya yangın olasılığını zayıflatmaktadır. Yıkılmış ve atmosfere açık hale gelmiş yerlerde kolayca sökülebilen kabuk, kapalı mekânlarda kazıma ile çıkmamaktadır. Bu çalışmada kabuk ve altındaki orijinal tüfler dayanım testi, ince kesit, XRD, XRF ve elektron mikroskop yardımı ile karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Ayrıca, pürmüz lambası



ile basit bir ısıtma testi gerçekleştirilmiştir. Bu analizlerin amacı siyah sert kabuk ile altındaki dağılğan tuf anakayasası arasındaki fiziksel ve kimyasal farkları bulabilmektir. İki arasında önemli fiziksel ve mekanik farklar vardır. Kabuk, yüksek ısı tesiri (750-800 oC) ile tüflerde meydana gelen değişimlerin ürünüdür. Siyah renk, orijinalde açık kırmızı olan oksitlenme renginin yeraltı suyu ile uzun süreli teması sonrası gelişmiştir. Bulgular, kabuğun, tuf duvarlardaki aşınabilirliği önlemek amacıyla oluşturulduğunu, bunu elde etmek için iç mekânlarda büyük ateşlerin yakıldığını göstermektedir. Haç işaretlerinin üzerinde de bu kabukların bulunması, ısıl uygulamanın Erken Bizans döneminde olabileceğini göstermektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Mahkemağcin, yeraltı şehri, ısıl kabuk, Kızılcahamam-Çamlıdere Jeoparkı, Galatlar

**Abstract:** The Mahkemağcin Underground city is one of the significant cultural geosites in the Kızılcahamam-Çamlıdere Geopark Project (Ankara). It is a four-storey settlement dug into the Early-Middle Miocene tephra of Kızılcahamam volcanics and/or tuff member of Pazar Fm most probably derived from the Galatian/Kızılcahamam volcanism. Storeys of the city had been designed with a step-like pattern permitting separate entrances to each one. The uppermost storey has been partly destroyed by weathering and relevant rock falls, however other three are fairly in good conditions. The modern Mahkemağcin village has been built on the underground city and rooms of the city have been used as premises by villagers. All room surfaces in the city are dark or black in colour. After the geopark project, rooms were cleaned and the ground city was prepared for visits. Now, it is the most popular site of the geopark project. Dimensions of the rooms are different from 1m to 6 m long. Walls are perpendicular and some of them include ornaments done by carving roughly. There are holly crosses in the walls of two groups of rooms (probably they were chapels). In general, wall terraces on walls, niches, holes in the floors, chapels and a separate wine production centre indicate that city had been a luxurious settlement.

To the archaeological references the Kızılcahamam region had been occupied by Phrygians (1200-550 BC), Persian (550-334 BC), Galatian (277-25 BC), Rome and Byzantine (ca 25 BC-1000 AD). Moreover the Galatian language (Celtic) was a living language here until end of VI<sup>th</sup> century. However, there is no information about the Mahkemağcin ground city when and who was constructed. By analogy and based on presence of holly crosses, it is suggested that city was carved and used first by Phrygians and later by Galatians and Romanians. Fresh surfaces of tuff exposures are not resistant to erosion; however lichens and herbal plants conserve the tuffs relatively. Main goal of this study is to understand origin of the dark/black crust on the walls, why and how it was occurred. With other saying, we wonder if the crust was built for a purpose or by result of bad used or unexpected events, like fires. The mentioned crust is 4-10 mm thick and it was explained so far by smoke of ovens or furnaces. The significant thickness of the crust and its occurrences in all sides of the walls has weakened the smoke or fire possibilities about its origin. The crust is so hard that it cannot be broken unless hammering; however it has been peeled when it was exposed to the atmosphere. In that study the crust and host tuffs have been examined by using the routine techniques; strength test, thin section, XRD, XRF and electron microscopy. Also we realized a simple heating test. The aim

was to detect and compare mechanic properties of both crust and tuffs. Results indicated that there were significant physical and mechanic differences between them. It could be formed by heating in high temperature over 750-800 0C. The colour of the fresh crust was pink or light red. It is supposed that black colour was formed by contamination of the crust with ground water for a long time. We concluded that the crust was created fortunately by strong firing woods inside in order to rehabilitee the walls against to peeling or erosion. As holly crosses were covered by the crust, the thermal operation in the city was likely to have been applied in early Byzantine period.

**Keywords:** Mahkemağcin, underground city, thermal crust, Kızılcahamam-Çamlıdere Geopark, Galatians



## Kültürel Mirasın Korunması Çalışmalarında Tlos Antik Kenti Kronos Tapınak Alanı ve Çevresinde Arkeojeofizik Çalışmalar

*In the Studies of the Protection of Cultural Heritage Archaeogeophysical Studies in the Tlos Ancient City Kronos Temple Area and Its Around*

**Kerim Avcı<sup>1</sup>, Fethi Ahmet Yüksel<sup>2</sup>, Taner Korkut<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Geometrik Mühendislik Müşavirlik Yeraltı Araştırmaları, Küçükçekmece/İstanbul

<sup>2</sup>İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Mühendislik Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, Avcılar/İstanbul

<sup>3</sup>Akdeniz Üniversitesi, Edebiyat Fakültesi, Arkeoloji Bölümü, Antalya  
(geometrik\_muh@yahoo.com)

**Öz:** Likya Bölgesi'nin önemli yerleşimlerinden olan Tlos Antik Kenti Muğla İli Seydikemer İlçesi'nin yaklaşık 15 km güneydoğusundaki Yakaköy Mahallesi sınırları içerisinde yer alır. Bölgenin en yüksek dağları olan Akdağlar'ın sarp batı yamaçlarında başlayan antik yerleşim, Eşen Nehri'nin getirdiği alüvyonlarla oluşmuş vadi düzlüğüne kadar ulaşır. Bölge zengin su kaynaklarına sahiptir. Güney yönde kalan Saklıkent Kanyonu ile kuzeybatıda bulunan Seydikemer İlçesi antik kentin egemenlik sınırlarını çizer. Tlos Antik Kenti'nin komşuları arasında kuzeyde Araxa, kuzeydoğuda Oinoanda, kuzeybatıda Kadyanda, güneyde Xanthos, güneybatıda Pınara ve batıda Telmessos şehirleri yer almaktadır. Tlos Antik Kenti 6 Şubat 2009 tarihi itibarıyla UNESCO'nun Dünya Kültürel ve Doğal Mirasının Korunmasına Dair Sözleşme kapsamında "Dünya Mirası Geçici Listesine" eklenmiştir. Tlos Antik Kentinin zengin kültürel ve doğal mirasının "Dünya Miras Listesinde" daha fazla temsil edilebilmesi amacıyla Akropol Kaya Mezarları, Stadyum Alanı, Tiyatro, Büyük Hamam, Kronos Tapınağı ve Kent Bazilikası gibi kentin anıtsal yapılarının kazılarına öncelik verilmiştir.

Tlos Antik Kenti Kronos Tapınak alanının kuzeye bakan girişin önündeki alanda ve stadyumda jeofizik yöntemlerden biri olan Jeoradar (Yerradarı-GPR) yöntemi kullanılmıştır. Elde edilen GPR verilerinin, veri işlem aşamalarından sonra, iki boyutlu (2D) ve üç boyutlu (3D) yer altı görüntüleri elde edilmiştir. Çalışmada; GPR ölçüm cihazı ve ekipmanları (250 Mhz anten, DGPS) kullanılmıştır. GPR verileri (radargramlar) Reflex yazılımı kullanılarak iki boyutlu (2D) ve Slice yazılımı kullanılarak üç boyutlu (3D) kullanılarak yorumlanmıştır.

İnceleme alanında, jeoradar ölçümlerinden elde edilen iki (2D) ve üç boyutlu (3D) jeoradar kesitleri, küp model görüntüleri ve kat haritalarına göre, araştırma alanında, genelde kafes formunda lokalize olan yüksek genlikli anomaliler birbirlerini kesen doğrusal geometrik dağılım sergilemektedir. Stadyum alanında yapılan kazılarda mimari yapı temelleri ortaya çıkartılmıştır. Kronos Tapınağı önündeki alanda ise ileriki kazı dönemlerinde kazı planlanmaktadır. Üç boyutlu (3D) blok diyagramlara üstten bakışla GPR ölçümlerinin veri işleme ve yorumlama aşamasından sonra belirlenen bu anomaliler, vaziyet planına işlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Arkeojeofizik, GPR, kültürel miras, Kronos Tapınağı, stadyum, Tlos.

**Abstract:** The ancient city of Tlos, which is one of the important settlements of the Lycian Region, is located within the borders of Yakaköy district which settled approximately 15 km southeast of the Seydikemer district. The ancient settlement reaches from the steep western slopes of the highest mountain in the region as known Akdağlar, to the valley level formed by alluviums brought by Eşen River. The region has rich water resources. Saklıkent Canyon in the south and Seydikemer District in the northwest draws the sovereignty lines of the ancient city. The neighbours of the ancient city of Tlos are Araxa in the north, Oinoanda in the northeast, Kadyanda in the northwest, Xanthos in the south, Pınara in the southwest and Telmessos in the west sides. The Ancient City of Tlos was added to the “World Heritage Temporary List” under the UNESCO Convention of World Cultural and Natural Heritage Protection in 6 February 2009. In order to represent the rich cultural and natural heritage of the ancient city of Tlos in the in World Heritage List, the excavations of the monumental structures of the city such as the Acropolis Rock Tombs, Stadium Area, Theater, Great Bath, Kronos Temple and the City Basilica were prioritized.

Ground Penetrating Radar (GPR) method was used in the area in north-facing entrance of the Kronos Temple area and the stadium. Two-dimensional (2D) and three-dimensional (3D) sub-surface images of GPR data were obtained after data processing. GPR measuring device and equipments (250 Mhz antenna, DGPS) were used. GPR data (radargrams) were interpreted by using two-dimensional (2D) Reflexw and three-dimensional (3D) Slice softwares.

In the study area, according to the two (2D) and three dimensional (3D) georadar sections, cube model images and floor maps obtained from the georadar measurements, the high amplitude anomalies, which are generally localized in the cage form, shows a linear geometric distribution that interrupts each other. Excavations at the stadium area revealed the foundations of architectural structure. In the area in front of the Kronos Temple, excavation is planned for future excavations. These anomalies determined after the data processing and interpretation stage of GPR measurements from the top view to the three dimensional (3D) block diagrams are processed in the layout plan.

**Keywords:** Archaeogeophysics, cultural heritage, GPR, Kronos temple, stadium, Tlos.



## Kapadokya'da Tehlike Altında Bir Kültürel ve Jeolojik Miras Örneği: Gösterli Vadisi

*Gösterli Valley: An Endangered Culture And Geosite In Cappadocia, Central Anatolia*

Hilal Okur<sup>1</sup>, M. Korhan Erturaç<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Sakarya Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü 54187, Sakarya

<sup>2</sup>Jeolojik Mirası Koruma Derneği (JEMİRKO)

(hilalokur@sakarya.edu.tr)

**Öz:** Gösterli Vadisi, İç Anadolu Bölgesinde Gösterli Köyü (Niğde) güneyinden itibaren Kalebaşı ve Keçikıran Tepeleri arasında yaklaşık 2 km uzunluğundaki bir vadidir. Bu vadi, ayrıca İç Anadolu volkanizmasının en önemli volkanik sahalarından olan Göllüdağ Volkanik Kompleksi içerisinde yer alır. Vadi boyunca, farklı evrelerde gelişmiş volkanizmanın yapı ve ürünleri arasındaki ilişkileri gözlemek mümkündür. Gösterli Deresi tarafından kesilen birimler; Miyosen yaşlı ignimbiritler, Göllüdağ piroklastikleri ve Kalebaşı domu ile riyolitler üzerinde gelişmiş Keçikıran skorya konisidir.

Vadi, Göllüdağ Volkanizması'nın yatay tabakalı, mafik ve felsik ardalı, yağış ve akış depoları içerisinde, menderes geometrisi sunarak gömülmektedir üst kesimlerinde ise büyük bir riyolitik blok içerisinde açılmış dar bir boğazdan geçmektedir. Gösterli Vadisi aynı zamanda; önemli blok hareketlerini, heyelanları, fosilleşmiş çökel kanal yapılarını, tabanında ve taraçalarında çok sayıda riyolitik blok, volkan bombası, obsidiyen parça ve blokları doğal bir şekilde açığa çıkarır. Bu çalışmanın amacı ise bu değerli alanda volkanizma ile morfoloji arasındaki ilişkiyi tanımlamak ve belgelemektir.

Bölgede yer alan volkanik arazi aynı zamanda tarihsel dönemlerde yerleşim yerleri olarak da değerlendirilmiştir. Gösterli Köyü ve güneyinde MS 1000 yılına tarihlenen yeraltı şehirleri bulunmaktadır. Bu alanlarda, ignimbirit içerisinde yapılmış yer yer birbiri ile bağlantılı ve yeraltına doğru katlar içeren ev ve dini merkez gibi yapılar bulunmaktadır. Gösterli Köyü 1958 yılında yaşadığı sel sebebiyle yer değiştirmiştir. Vadide yeniden sel kontrolü amacıyla planlanan çalışmalar, bulunan tüm kaya yerleşimi ve jeodeğer niteliğindeki öğeler için yok olma tehlikesi yaratmaktadır.

Bu çalışmada, Gösterli Deresi vadisi ve yakın çevresinde gözlenen, jeokimyasal olarak farklılaşarak süregelen volkanizma ile dış süreçlere bağlı vadi gelişiminin (aşınma, heyelan vb.) karşılıklı etkileşimi sonucu oluşmuş jeolojik miras niteliği taşıyan öğeler değerlendirilmiştir. Çalışma alanında, İnsansız Hava Aracı (İHA) tabanlı fotogrametri yöntemi kullanılarak yüksek çözünürlüklü sayısal yükseklik modeli, ortofoto görüntü ve 3D arazi modeli üretilmiştir. Bu üretilen modeller ile vadi gelişiminin şu anki safhasının belgelenmesi amaçlanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Göllüdağ Volkanik Kompleksi, Gösterli Deresi vadisi, İHA fotogrametri, yeraltı şehri

**Abstract:** The Gösterli Valley is a 2 km long deep gorge located in Central Anatolia to the south of Gösterli Village of Niğde, within the Quaternary Göllüdağ Volcanic Complex. The valley exhibits the sections which belong to complex evolution of the region such as Miocene Ignimbrites overlaid by Quaternary acidic pyroclastic flow and fall deposits and dome extrusion (Kalebaşı Hill) of Göllüdağ Volcanism and middle Pleistocene basaltic Keçikıran scoria cone.

The higher reaches of the valley is carved into the rhyolites of the Kalebaşı dome exhibiting the internal structure, down to the reach it forms meandering channels within the pyroclastics and the valley widens towards the ignimbrite basement. The slope processes on the flanks of the valley caused landslides, fossilizing depositional terraces and include obsidian, rhyolitic blocks, and volcanic bombs of various sizes. This unique position of the Gösterli Gorge makes it a candidate for a perfect site for observing the stratigraphy of a multi-phase volcanism and also action of external forces of the earth.

The ignimbrite beds also host an underground-cave settlement dated to 1000 BC. This settlement covers a large area and formed of a network of houses and sacred sites. The valley experienced flooding in 1958 forcing the Gösterli Village for resettlement. There is an ongoing program to construct a flood-preservation infrastructure for the valley, which threatens both the geologic and archeologic sites.

In this study, we have mapped the volcanic units and measured the stratigraphy of these formations. UAV based photogrammetry is used to produce DEM and DTM's and also to produce high resolution orthophotos in order to document the current state of the geosite.

**Keywords:** Göllüdağ Volcanic Complex, Gösterli valley, UAV photogrammetry, underground city



## Doğu Karadeniz Bölgesinin Jeoturizm Potansiyeli ve Sürdürülebilir Turizm

*Geotourism Potential of Eastern Black Sea Region and Sustainable Tourism*

**Raif Kandemir<sup>1</sup>, Fatih Köroğlu<sup>2</sup>, Nazan Araz<sup>3</sup>, Coşkun Erüz<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Fener, Rize, Türkiye

<sup>2</sup>Ankara Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Ankara, Türkiye

<sup>3</sup>Doğu Karadeniz Ormancılık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Ortahisar, Trabzon, Türkiye

<sup>4</sup>Karadeniz Teknik Üniversitesi, Sürmene Deniz Bilimleri Fakültesi, Trabzon, Türkiye

(raif.kandemir@erdogan.edu.tr)

**Öz:** Jeoturizm, jeolojik miras alanlarının korunması, yer yuvarının geçmişini yansıtan izleri ve bu kaynak değerlerin turizme kazandırılmasına odaklanan jeoparklar içinde gerçekleştirilen alternatif yeni bir turizm türüdür. Jeolojik kaynak değerler (Jeositler) bilimsel ve eğitimsel değer taşıyıcıları yanında görsel ve kültürel değere de sahiptir. Yerbilimleri açısından önemli olan ve korunması gereken bu kaynak değerler iyi bir planlama ile değerlendirilerek jeopark alanlarına dönüştürüldüğünde sosyo-ekonomik kalkınmaya katkı sağlayabilecek doğal kaynaklardır.

İnsanların turizm anlayışı, son yıllarda önemli değişimler göstermektedir. İnsanlar, 3S (güneş-kum-deniz) turizminden çok, artık 3E (heyecan-eğlence-eğitim) turizmini tercih etmektedirler. Birçok ülke turizm faaliyet planlarını bu doğrultuda yapmakta ve yeni istekleri karşılamak için planlar oluşturmaktadır. Alternatif turizm kavramı, ülkelerin dünya turizminden daha fazla pay alabilmek amacıyla, rekabetçi ve satılabilir ürünler geliştirme ve buna ilişkin stratejiler oluşturmaları sonucu ortaya çıkmıştır. Alternatif turizmi teşvik amacıyla, Turizm Bakanlığı tarafından turizmin çeşitlendirilmesini, turizmin tüm yıla yayılması ve ülke geneline yaygınlaştırılmasını, çevreye ve kültürel değerlere duyarlı turizm olgusunun yerleştirilmesini, yerel yönetimler ve halkın turizm ile ilgili kararlara katılmasını sağlayacak alternatif turizm projelerine hız verilmiştir. Anadolu, geçirmiş olduğu jeolojik tarihi izleri ve içermiş olduğu jeolojik miras alanlarının zenginliğiyle, potansiyel olarak dünyadaki diğer örneklerle yarışabilecek düzeydedir. Ülkemizde yer alan birçok jeoturizm objesi (jeolojik, kültürel, tarihi vs.) Milli Parklar bünyesinde çeşitli statüler içerisinde yer almaktadır. Fakat Milli Parklar kanununda jeolojik miras, jeopark veya jeoturizm terimleri halen yer almamaktadır.

Üzerinde yaşadığımız yer kürenin evrimini anlamak ve koruma önlemleri almak için doğa ile insan arasındaki koruma-kullanma dengesinin sağlanması ve sürdürülebilir kalkınmanın oluşturulması gerekmektedir. Doğu Karadeniz Bölgesindeki jeopark potansiyeline sahip bölgelerin ve yakın civarlarında yer alan doğal ve kültürel öğelerin fark edilmesi, korunması ve jeoturizm gibi sosyal faaliyetlerin geliştirilmesinin sağlanması, yerel ekonomi ve yerel istihdamı geliştirmede destek ve teşvik olabilecektir.

Bu çalışmada Doğu Karadeniz Bölgesi'ndeki; Sürmene Ağaçbaşı Turba Bataklıkları (Trabzon), Çal-Camili Tabiat Parkı (Trabzon), Kurum Vadisi (Gümüşhane), Kuzalan Tabiat Parkı (Giresun) ve civarındaki jeoturizm potansiyeline sahip alanların jeolojik, bilimsel ve jeomor-

folojik özelliklerinin analizi ile jeoturizm ve sürdürülebilir turizm açısından değerlendirilmesi yapılmıştır. Bu alanlarda yer alan doğal ve kültürel öğelerin fark edilmesi, korunması ve jeoturizm gibi sosyal faaliyetlerin geliştirilmesinin sağlanması, yerel ekonomi ve yerel istihdamın geliştirilmesinde destek ve teşvik olacaktır.

**Anahtar Kelimeler:** Doğu Karadeniz Bölgesi jeoturizm, jeopark, sürdürülebilir turizm.

**Abstract:** Geotourism is a new type of alternative tourism that is carried out in geoparks that are special places to understand the history of the earth. The geocites have not only scientific and educational value but also visual and cultural values. These areas are in need of protection and have a significance for earth science. These geosites are natural resources which can bring contribution to socio-economic development on condition that they are turned into geopark areas with an effective planning.

Tourism tendencies of human show significant changes in recent years. People prefer 3E (excitement-entertainment-education) tourism more than 3S (sun-sand-sea) tourism. Many countries are planning tourism activities in this direction and creating plans to meet new demands. The concept of alternative tourism has emerged as a strategy to develop competitive and saleable products and to develop strategies to get more share of the countries from world tourism. In order to promote alternative tourism, new projects have been implemented by the Ministry of Tourism of Turkey. Anatolia can potentially compete with other examples in the world, with traces of its geological history and rich geosites. Many geotourism features in our country (geological, cultural, historical, etc.) are included in various statues within the National Parks. However, geological heritage, geopark or geotourism terms are yet to take part in the National Parks Law.

In order to understand the evolution of the earth and to take protection measures, it is necessary to establish a conservation-use balance between nature and human beings and establish sustainable development. Creating awareness and protection for the areas that may have geopark potential with their close vicinity carrying their natural and cultural elements in the eastern Black Sea region, and also development of social activities can support and encourage local economy and employment.

In this study we focus on the geological, scientific and geomorphological analyses of Sürmene Ağaçaşları peatlands (Trabzon), Çal-Camili Naturel Park (Trabzon), Kurum Valley (Gümüşhane), Kuzalan Naturel Park (Giresun) and their surroundings in eastern Black Sea region and their geotourism and sustainable tourism potentials. The development of social activities such as awareness, protection and geotourism of above places and their natural and cultural elements in the immediate vicinity can support and encourage local economy and local employment development.

**Keywords:** Eastern Black Sea region, geotourism, geopark, sustainable tourism.





## Türkiye Potansiyel Doğal Sit Alanları Projesi İçerisinde Jeolojik Miras Ögelerinin Değerlendirilmesi

### *Assesment of Geological Heritage of Turkey's Potential Natural Sites Project*

**Mehmet Korhan Erturaç<sup>1</sup>, Azad Sağlam-Selçuk<sup>2</sup>, Ozan Erdal<sup>3</sup>, Gürsel Sunal<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>Sakarya Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü 54187, Sakarya

<sup>2</sup>Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Van

<sup>3</sup>İstanbul Teknik Üniversitesi, Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü, İstanbul

<sup>4</sup>İstanbul Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, İstanbul

**Öz:** Türkiye Potansiyel Doğal Sit Alanlarının Ekolojik Temelli Bilimsel Araştırma Projesi, TC Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Tabiat Varlıklarını Koruma Genel Müdürlüğü himayesinde, Türkiye genelinde önerilmiş 86 adet değişik ölçek ve nitelikteki alanın çok yönlü olarak araştırılmasını ve değerlerinin analitik olarak değerlendirilmesini hedeflemektedir. Her bir tanımlı sit alanı alanında uzman araştırmacılar tarafından çalışılmaktadır. Alanların ekolojik özelliklerinin yanısıra jeolojik ve paleontolojik değerleri de çalışma kapsamındadır.

Bu çalışmada önerilmiş potansiyel sit alanları içerisinde biyolojik değerlerin yanısıra jeolojik değerleri ön plana çıkanlar, kültürel jeoloji ve jeolojik miras bakışı ile tanıtılacaktır.

**Anahtar Kelimeler:** Kültürel jeoloji, jeodeğer, jeolojik miras, jeosit, sit alanı

**Abstract:** Turkey's Potential Natural Sites Project is hosted and supported by the Ministry of Environment and Urbanisation, General Directorate for Preservation of Natural Heritage. The project aims to evaluate 86 distinct locations of natural heritage sites by means of biodiversity and geological/paleontological properties. The project is carried out with a team of academic researchers. Each potential site covers an area at various scale and have different properties.

Some of these potential sites host distinct classes of geovalues and geosites. In this study, we aim to introduce the selected sites with the geological heritage and cultural geology perspective.

**Keywords:** Cultural geology, geological heritage, geosite, geovalue, natural heritage



## Keşm Adası Unesco Küresel Jeoparkı, Başarımın Öyküsü

### *Qeshm Island UNESCO Global Geopark, The Story of Success*

**Alireza Amrikazem**

*Qeshm Island UNESCO Global Geopark*

*Roster of Evaluators for UNESCO Global Geoparks*

*(aamrikazemi@gmail.com)*

**Öz:** Keşm Jeoparkı'nın çalkantılı bir geçmişi vardır. Küresel Jeopark Ağına (GGN) 2006 yılından itibaren üye, Ortadoğu'nun ilk ve tek jeoparkı olma özelliğine sahip iken, 2012 yılında yönetsel ve gelişim sorunları nedeniyle milli park statüsüne gerilemiştir. 2015 yılından itibaren yerel yönetimlerin tam desteği ile oluşturulan yeni yönetim sisteminin aldığı yenilikçi ve yoğun çabalar ile yeniden küresel seviyeye ulaşmış Mayıs 2017 yılından itibaren de UNESCO Küresel Jeopark ağına kabul edilmiştir.

Keşm Jeoparkı'nın (UGGp) 2012 yılındaki olumsuz yönleri, yerel yönetimlerin tam desteği ve danışmanlığındaki kararlı yönetim sistemi ile bugün güçlü tarafını oluşturmaktadır. Jeositler, QFA organizasyonunun mali desteği ile geliştirilmiştir. Yerel halkın Jeopark farkındalığı ve bağlantısı güçlenmiştir. Yerel işletmelerin desteği ile jeopark kapsamında sürekli faaliyetler düzenlenmektedir. Düzenli okul gezilerinin yanısıra turizm acentaları da sürekli artan sayıda jeoparka yönelik paket jeoturizm turları sunmaktadır. Konaklama için jeo-konaklama tesisleri kurulmaktadır. Jeoparkın küresel görünürlüğü görece çok belirgindir. Yerel halkın iş ve maddi imkanları artmaktadır. Jeoparkı ziyarete gelen turistlerin yerel ürünlere gösterdiği ilgi ve talep, yerel endüstrinin gelişmesini sağlamıştır. Adada yürütülen akademik ve profesyonel projeler de yönetilmektedir.

Birinci Uluslararası UNESCO Küresel Jeoparkların Gelişimi buluşması ve çalıştayı, Nisan 2018 yılında Keşm Adası'nda yürütülmüştür. Keşm, UNESCO ve GGN yöneticileri tarafından bölgenin ve İran'ın gelişen jeoparkları için odak noktası" olarak tanımlanmıştır. Keşm UGGp ülkenin çeşitli bölgelerinde yer alan jeopark projelerine destek olmaktadır. Bunlardan ikisi gelecek sene UNESCO GGN üyelik başvurusunda bulunacaktır. Keşm Jeopark aynı zamanda Rusya ve Umman'ın da aralarında olan çevre ülkelere de danışmanlık hizmeti sunmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Keşm, İran, jeopark, yerel toplum, yönetim

**Abstract:** Qeshm Geopark has had a chequered history; initially a member of the Global Geoparks Network (GGN) in 2006 as the first and the only Geopark in Middle East but it was downgraded to a national geopark in 2012 due to several problems in management and developments. In 2015 the new management system with the full support of local government started new and intensive efforts to come back to the global level and in May 2017 Qeshm was accepted as a new member of UNESCO Global Geoparks.

The negative factors affected the geopark is 2012 are now the strong points of it. Qeshm UGGp has a solid management system now, under supervision and full support of local government. Geosites are developed perfectly using the good budget provided by QFA Organization. Local communities know about and are strongly connected with the geopark. New activities in the geopark have been developed with local partners. Several new geo-host centers have been established with regular visits to geosites by schools and an increasing number of travel agencies offer package tours to the geopark. The visibility of geopark is very high comparing other global geoparks. The rate of employment of locals and their income is increasing. Local products are in high demand by the tourists and it created a good opportunity for the locals to develop this industry and have a better economic situation. There are some scientific research and study projects running by academics and professional in the island.

During the “First International Meeting and Workshop on Development of UNESCO Global Geoparks” that was held in Qeshm Island in April 2018, Qeshm was mentioned by the UNESCO and GGN Officials as the “focal point” for developing geoparks in the region and inside Iran. In this regard, Qeshm UGGp is leading several geopark projects in different parts of country including 2 Aspiring Geoparks they are going the send the application dossiers to UNESCO next year. Qeshm Geopark is also offering advices and consultants to the neighboring countries including Russia and Oman.

**Keywords:** Qeshm, Iran, gopark, local community, management



## Hisaralan Jeotermal Alanında (Sındırgı, Balıkesir, KB Türkiye) Traverten Kuleleri: Jeolojik Miras Açısından Bir Yaklaşım

*Travertine Towers Of The Hisaralan Geothermal Field (Sındırgı, Balıkesir,  
NW Türkiye): An Approach In Terms Of Geological Heritage*

**Mehmet Özkul<sup>1</sup>, Ali Gökğöz<sup>1</sup>, Ali Kamil Yüksel<sup>2</sup>, Atahan Atlı<sup>2</sup>, Özgün Demirel<sup>1</sup>**

*<sup>1</sup>Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Kınıklı  
Kampüsü, Denizli*

*<sup>2</sup>Balıkesir Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Çağış Kampüsü,  
Balıkesir*

*(mozkul@pau.edu.tr)*

**Öz:** Bazı jeotermal alanlarda ortaya çıkan traverten kaynak kuleleri en nadir ve göz kamaştırıcı depolanma şekillerinden birisidir. Bu çalışmada, Sındırgı ilçesinin (Balıkesir, KB Türkiye) 25 km kuzeydoğusunda, Hisaralan Jeotermal Alanı'nda, deniz seviyesinin 300-450 m üzerinde, GB'ya eğimli bir yamaç üzerinde termal kaynaklar tarafından oluşturulmuş traverten kuleleri konu edilmiştir.

Çalışma alanındaki en yaşlı birim, içinde çeşitli büyüklükte ofiyolit ve kireçtaşı blokları barındıran olistostromal karakterli İzmir-Ankara Fliş Zonu'dur. Bu temel birim, başlıca dasit ve riyodasitlerden kurulu Miyosen yaşlı volkanik kayalar tarafından üzerlenir. Kule oluşumları ve diğer traverten depolanma şekilleri doğrudan bu Miyosen volkanitleri üzerinde gelişmiştir.

Termal kaynakların sıcaklık değerleri 55 - 99°C arasında değişir. Arazi çalışmaları sırasında, yükseklikleri yer yer 5 m'ye kadar çıkan 60 civarında traverten kulesi belirlenmiştir. Günümüzde, bir kaçı dışında, çoğu traverten kuleleri aktivitesini yitirmiştir. Az sayıdaki aktif kuleler, çalışma alanının batısındaki Serindere vadisinde yer alan artezyen özellikteki termal kaynaklar tarafından oluşturulmaktadır.

Termal kaynak suları sahadaki otel, pansiyon ve seralarda kullanılmaktadır. Buna karşılık derin sondajdan elde edilen sıcak akışkan büyük ölçüde Sındırgı ilçesinin ısıtılması için kullanılmaktadır. Termal kaynakların ve arazinin uygunsuz bir şekilde kullanıldığı ve korumaya yönelik bir anlayışın olmadığı görülmüştür. Proje dönemi içinde, 5-6 Mayıs 2017 tarihlerinde Balıkesir Üniversitesi'nde bir çalıştay düzenlenmiştir. Hazırlanan sonuç bildirgesinde, Hisaralan'daki termal kaynakların ve traverten yer şekillerinin, özellikle sıra dışı oluşumlar olan traverten kulelerinin mutlaka korunması ve bunun için tedbirler alınması tavsiye edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Hisaralan, termal kaynaklar, traverten kuleleri, jeolojik miras, jeopark

Bu çalışma TÜBİTAK tarafından desteklenmiştir (Proje No: 115Y141 )

**Abstract:** Travertine spring towers arised in some geothermal areas are one of the rarest and most spectacular depositional morphologies. In this study, travertine spring towers formed by the thermal springs in the Hisaralan Geothermal Field, located to 25 km northeast of the Sındırgı town (Balıkesir, NW Turkey), at an altitude of 300–450 m a.s.l, on a SW facing slope have been handled.

The oldest unit in the studied area is İzmir-Ankara Fliş Zone of olistostromal character that includes the ophiolite and limestones blocks in various dimensions. This basement rock is overlain by the volcanic rocks of Miocene age, which are mostly dacite and rhyodacite. The tower formations and other forms of travertine precipitation were developed directly on these Miocene volcanics.

Temperatures of the thermal springs vary between 55 and 99°C During the field studies, about 60 travertine spring towers up to 5 m high in places were identified. Today, apart from a few, most of the travertine towers have lost their activity. A small number of active towers are being formed by thermal sources of artesian features in the Serindere valley to the west of the study area. A small number of active towers are being formed by thermal thermal springs with high artesian pressures along the Serindere valley in the west of the study area.

Thermal spring waters presently are used in hotels, pensions and greenhouses. On the other hand, the hot fluid obtained from the deep borehole is mostly used for heating the district of Sındırgı. It has been seen that the thermal spring waters and the area are used improperly and there is no any protection concept. During the project period, a workshop was organized in the Balıkesir University on 5-6 May 2017. In the final report of the workshop prepared, it is recommended that the thermal springs and travertine landforms and especially the travertine spring towers in the Hisaralan area that are extraordinary formations should be protected absolutely and for this, taken measures.

**Keywords:** Hisaralan, thermal springs, travertine spring towers, geological heritage, geopark

This study was supported by TÜBİTAK (Project No: 115Y141)

## Bingöl Dağı Jeositleri *Bingöl Mountain Geosites*

**İskender Dölek<sup>1</sup>, Fuat Şaroğlu<sup>2</sup>,**

<sup>1</sup>*Muş Alparslan Üniversitesi/Muş*

<sup>2</sup>*Jeolojik Miras Koruma Derneği, PK. 10, 06100, Maltepe, Ankara*

*(isdolek@gmail.com)*

**Öz:** Bingöl Dağı; Karlıova (Bingöl), Hınıs (Erzurum) ve Varto ilçeleri (Muş) arasında yer alan Üst Miyosen-Pliyosen yaşlı sönmüş bir yanardağdır. Bu yanardağın muhtemel kalderası Kuzey Anadolu Fayı (KAF) tarafından kesilerek sağ yönde ötelenmiştir. Drenaj ağı, yanardağın korunmuş kuzey bölümünü oyarak mevcut istifleri ortaya çıkarmıştır. Yanardağın kaya toplulukları, andezitik türde lavlar ve bu lavların aralarında bulunan piroklastiklerden oluşmaktadır. Yanardağ bu özelliği ile kalderası olan bir yanardağın alttan üstte doğru istifinin tipik olarak gözlenebileceği bir yapıya sahiptir. KAF'nin 1100 kilometrelik uzanımının en iyi görüldüğü alan kalderanın güneyindedir. Yanardağın yanal geçişlerindeki eş yaşlı sedimanları Üst Miyosen – Pliyosen yaşlı balık, yaprak, böcek vb. fosil topluluğu içermektedir. Yanal geçişlerde Üst Miyosen – Pliyosen yaşlı fosil topluluklarının izlenebildiği gözlem noktaları da bulunmaktadır. Yanardağın kuzeye bakan eteklerinde eski moren kalıntıları arasında çok sayıda göl bulunmaktadır (Bingöl adı buradan gelmektedir). Bu göllerin güneyinde kalan Bingöl Dağının yüksek kesimlerinde günlük veya mevsimlik donma ve çözülme olaylarına bağlı olarak büyük boyutta blokial kırılmalar çok tipik bir şekilde gözlenebilmektedir. Bingöl Dağı'nın zirvesinden doğuya bakıldığında yılın belli dönemlerinde güneşin doğuşu çok iyi bir şekilde izlenmektedir. Dünyada benzeri ender görülebilen bu olayda Güneş, ufukta belirlediği andan itibaren yaklaşık beş dakika sonrasına kadar koyu sarı, turuncu renkte gözlenmekte ve birkaç saniyede bir yinelenerek izleyenlere kendi etrafında dönüyormuş hissi vermektedir.

Yanardağın doğusunda da KAF'la muhtemelen bağlantılı bir fay tarafından sınırlandırılan Hamurpet Gölü bulunmaktadır. Hamurpet Gölü doğu batı uzanımlı büyük bir antiklinalin KAF'la muhtemelen bağlantılı bu fay tarafından kesilen güney kanadında ortaya çıkan çanağa yerleşmiştir. Bu çanağın diğer kenarları da lavlarla sınırlıdır. Hamurpet Gölü, Büyük ve Küçük Hamurpet Gölleri olarak adlandırılan iki gölden oluşmaktadır. Büyük Hamurpet Gölü; deniz seviyesinden yaklaşık 2149 m yüksekte, 21 m. derinliğindedir. Büyük Hamurpet Gölü'nün çevresi yaklaşık olarak 19,24 km, alanı ise yaklaşık olarak 11,31 km<sup>2</sup>'dir. Küçük Hamurpet Gölü'nün çevresi yaklaşık 5,7 km. alanı ise 1,60 km<sup>2</sup>'dir. Göl, kaynak suları ve eriyen kar suları ile beslenir. Seviyesi yıl boyu fazla değişmeyen Büyük Hamurpet'in suları kışın donar. Göl, fazla sularını İskender Dere'sine boşaltır. Halen daha ayrıntılı incelenmemiş bitki ve hayvan topluluğu barındırmaktadır. Göl, oldukça sapa bir alana denk gelmesi nedeniyle de fazla bozulmamış ve doğal yapısını korumuştur.

Yukarıda önemlileri tanımlanan birçok jeosit ve gözlem noktası Bingöl Dağı için birer jeosit niteliğindedir. Bu sununun temel amacı bu jeositlerin tanıtılarak korunmalarını önermektir. Jeopark'a dönüştürüldüğü takdirde yöreye jeoturizm açısından canlılık getireceği de düşünülmektedir.

## **Anahtar Kelimeler:** Bingöl Dağı, Hamurpet Gölleri, jeosit, Kuzey Anadolu Fayı

**Abstract:** Bingöl Mountain is an extinct volcano of Upper Miocene-Pliocene and placed between Karlıova (Bingöl), Hınıs (Erzurum) and Varto districts (Muş). The probable caldera of this volcano was cut by the North Anatolian Fault (NAF) and shifted in the right direction. The drainage network has uncovered the present stacks of the preserved northern part of the volcano. The rock assemblages of the volcano are composed of andesitic lavas and pyroclastics found among these lavas. Having this feature, the volcano has a typical structure of a volcano having caldera, stacks of which can be observed from the bottom to the top. The best view of the NAF extending for 1100 km is in the south of the caldera. The older units in the lateral transitions of the volcano consist of the Upper Miocene – Pliocene-aged fossil populations of fish, leaves, insects, and so on. There are also observational points of the Upper Miocene - Pliocene fossil populations in lateral transitions. There are a number of lakes (the reason why the area is called Bingöl, which means ‘a thousand lakes’ in Turkish) on the older moraine deposits in the northern part of the volcano. In the higher parts of Bingöl Mountain which are in the south of these lakes, large-scale block fractures can be typically observed due to daily or seasonal freezing and thawing. When the east of Bingöl Mountain is viewed from the summit, sunrise is very well observed in certain periods of the year. In this rare event in the world, the Sun appears dark yellow and orange until about five minutes after the time it appears on the horizon, and repeats it every few seconds and gives the audience the feeling of turning around.

There is a lake known as Hamurpet Lake, which is probably bound by a fault associated with the NAF, in the east of the volcano. Hamurpet Lake is located within a basin which appeared in the south limb of a large anticline extending in the east-west direction. This limb of the anticline was cut by a fault which is probably related to the NAF. The other sides of this basin are also limited to lavas. Hamurpet Lake consists of two lakes called the Great Hamurpet and Small Hamurpet Lakes. The Great Hamurpet Lake is about 2149 m above sea level, 21 m in depth. The area around the Great Hamurpet Lake is approximately 19.24 km and the square is approximately 11.31 km<sup>2</sup>. The area around the Small Hamurpet Lake is about 5.7 km and the square is 1.60 km<sup>2</sup>. The lake is fed by spring waters and melting snow waters. The Great Hamurpet Lake level does not change within a year and freezes in winter. The lake drains its excess water into İskender River. It still hosts a collection of plants and animals which have not been analysed in detailed so far. The lake is very unspoiled and has preserved its natural structure due to its remote location.

Many geosites and observational points, which are described above, are geosites for Bingöl Mountain. The main purpose of this presentation is to bring suggestions for protecting these geosites. It is believed that the transformation of these geosites into a geopark will vitalize the geotourism of the region.

**Keywords:** Bingöl Mountain, Hamurpet Lakes, geosite, North Anatolian Fault



## French National Inventory of Geological Heritage. A Presentation.

Catherine Kuzucuoğlu

Laboratoire de Géographie Physique (UMR 8591), CNRS, Paris 1 Panthéon-Sorbonne  
University, Paris 12 U-Pec University, 1 Pl. A. Briand 92195 Meudon cedex France  
(catherine.kuzucuoglu@jgp.cnrs.fr)

**Abstract:** The oral paper will present and discuss results of the recent cataloguing of Geological Heritage sites, launched in France in 2007 in the frame of the *National Inventory of Geological Heritage*.

As stated by French law (2002), the **Geological Heritage**<sup>1</sup> is part of the “Natural Heritage” of which humans are responsible. It

- groups all objects and sites bearing one or several symbolic dimension(s) for the Earth Memory on all scales from infra-microscopic, to life traces (fossils, habitats, mines...), rocks, minerals, geological structures, climate records, soil evolution, underground systems, and past to present landscapes<sup>2</sup>.

- concerns natural sites of geological interest, as well as collections, objects, « geological curiosities »

- addresses scientific fields such as geodiversity, sedimentology, palaeontology, mineralogy, tectonics, geomorphology, landscapes etc.

As a result of these patrimonial, scientific, pedagogic and historic dimensions, geoheritage elements are prone to be catalogued (inventories) and, in some cases, to be protected.

The 2002 law makes the State responsible for organizing, animating and evaluating the inventory of natural heritage. Concerning the inventory of **geologic, mineralogic and palaeontologic national richness**, a specific methodology has been worked out<sup>3</sup> by the National Bureau of Geology (MTA's French equivalent). Implementation of the inventory is being implemented on the **Regional** scale by connected groups of specialists and associations. After acceptance by the « Regional Scientific Council for Natural Heritage », the inventory is submitted for evaluation to the National Museum of Natural History (acting for the Ministry of Environment). Once accepted, the inventory is distributed to the public, also on internet. In France, several associations and groups of associations have criticized this open access of the national geological inventory<sup>4,5</sup>.

- 1 De Wever P., Egoroff G., Cornée A., Lalanne A. (eds.) (2014). *Géopatrimoine en France*. Mémoire hors série de la Société géologique de France, 14, 180 pp.
- 2 De Wever P., Le Néchet Y., Cornée A. 2006. Vade-mecum pour l'inventaire du patrimoine géologique national. *Mémoire hors série de la Société géologique de France*, 12, chap. 1.
- 3 Egoroff G., Cornée A., De Wever P., Lalanne A., Avoine J., Duranthon F., Graviou P., Cabrol P., Poncet L. et Hobléa F. 2014. Inventaire national du patrimoine géologique, Cadre et organisation. In *Géopatrimoine en France*. - Mém. H.S. Soc. géol. Fr., 14 : 82-109.
- 4 <http://www.geologie-info.com/une/inventaire-patrimoine-geologique.php> [archive]
- 5 <http://www.geopolis.fr/joomla/index.php/articles-et-dossiers-publies/102-notion-de-patrimoine-geologique-.html> [archive]



One of the aims of the inventory being to promote *Geological Heritage* in people’s mind and culture, the promotion uses books (eg. BRGM’s « Balades géologiques<sup>6</sup> »), field excursions (also in urban contexts), applications for smartphones, tablets, virtual explorations... Within strict conditions, sites may be devoted to “*geotourism*” projects.

**Keywords:** French National Inventory, geological heritage

---

6 “*Geological Discovery Walks*”. These books present the Geological heritage on the “il” scale (“Département” scale), with paths, photographs and explanations connected to topographic maps.

**KÜLTÜREL JEOLJİ VE JEOLJİK MİRAS**

**/ CULTURAL GEOLOGY AND GEOLOGICAL HERITAGE**

Nizamettin KAZANCI - Korhan ERTURAÇ - Catherine KUZUCUOĞLU - Alper GÜRBÜZ

---

**Poster/Posters**

---

**ÖZ/ABSTRACT**





## Jeolojik Miras Bakışı İle İlk Kez Türkiye’de Tanımlanmış Yeni Cins/ Türlerin Tip Lokaliteleri

*The Type Localities of Firstly Described New Genus/Species in Turkey with  
Geological Heritage Perspective*

**Nazire Özgen-Erdem<sup>1</sup>, Nizamettin Kazancı<sup>2,3</sup>**

<sup>1</sup>Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü TR-58140 Sivas, Türkiye  
e-mail: nozgen@cumhuriyet.edu.tr

<sup>2</sup>Ankara Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, TR-06830 Gölbaşı, Ankara, Türkiye

<sup>3</sup>JEMİRKO, Türkiye Jeolojik Mirası Koruma Derneği, TR-06570, Maltepe, Ankara, Türkiye  
(kazancinizamettin@gmail.com)

**Öz:** Türkiye renkli ve dikkat çekici bir jeolojide sahiptir. Günümüzde Alp-Himalaya dağ kuşağında bulunan Avrasya, Afrika ve Arabistan levhalarının bir araya geldiği bir alanda yer alan Türkiye’nin çoğunluğu, bir zamanlar iki megakitadan (güneyde Gondwana ve kuzeyde Lavrasya) türemiş çok sayıda mikrokıtanın çarpışma sınırında yer almaktaydı. Türkiye’nin jeolojik çatısı birçok litosfer parçasını içermektedir ve bunlar Geç Kretase-Tersiyer’de Arap levhası ve Anadolu levhasının çarpışması ile Alp orojenezi sırasında birleşmişlerdir (Bozkurt ve Mittweide, 2001). Zengin jeolojik geçmişin sonucu olarak bol ve çeşitli fosil gruplarını içeren sedimentler yaygındır. Küresel olarak bilinen çok sayıda yeni fosil tanımlanmıştır. Yeni cins ve türler kadar tip lokaliteleri de; yerkabuğunun arşivi, jeolojik tarihe açılan bir pencere, evrimin kanıtları olmaları, bilimsel çalışmalar ve doğa tarihi müzeleri için malzeme sağlamaları ve araştırmacılar ve öğrenciler için eğitim materyali sağlamaları açısından önemlidirler. Bu özellikler bahsi geçen yeni cins ve türlerin jeolojik miras kapsamında değerlendirilmelerine imkan verir.

Son zamanlarda, Kazancı vd. (2015) ve Kazancı ve Gürbüz (2016), on kategoride sınıflandırılan 87 başlıktan oluşan Türkiye’nin jeositleri için bir çatı liste yayınlamışlardır. 1998 yılında ProGEO’nun önerisinin ardından, fosiller “Paleoortam” kategorisine dahil edilmiştir. Bu kategori, iz fosilleri, palaeokarstlar, ayakizleri, hominoidli memeli fosil yatakları, balık ve yaprak fosilleri, Neojen palaeosoller, Neojen silisleşmiş ağaçlar, Miyosen bivalveleri, iri Tersiyer foraminiferleri, Bouma türbidit istifleri, gömülmüş vadiler, Kretase ammonitleri, Devoniyen balıkları, Erken Silüriyen, Ordovisiyen ve Silüriyen Graptolitlerin Euxinic ortamlarını kapsar. Bu çalışmada, yeni tanımlanan fosillerin tip lokalitelerinin çatı listede yer alması önerilmiştir. Türkiye’de bulunan fosillere dayanarak, çok sayıda cins ve/veya türe karşılık gelen 400’den fazla yeni takson tanımlandığı bilinmektedir. Daha önce ifade edilen bilgiler dikkate alındığında tip lokalitelerin korunması önem taşır. Bu öneri; Anadolu’nun fosil zenginliğine dikkat çekmek, fosil sit bölgelerinin envanterinin oluşturulması ve jeoloji disiplininin önemini vurgulamanın yanı sıra paleontolojik çalışmalar için tip lokalitelerinin önemini ortaya çıkarmayı hedeflemektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Fosil, jeolojik miras çatı liste, tip lokalite, yeni cins/tür

## Kaynakça

- Bozkurt E. & Mittweide S.K. 2001. Introduction to the Geology of Turkey—A Synthesis. *International Geology Review*, 43, 578-594.
- Kazancı N., Şaroğlu F., Suludere Y. 2015. Geological heritage and framework list of the geosites in Turkey. *Bulletin of the Mineral Research and Exploration*, 151, 261–270.
- Kazancı N., Gürbüz E. 2016. The framework list of geosites in Turkey. *ProGEO Newsletter*, 1, 8–9.

**Abstract:** Turkey has a colorful and fascinating mosaic of geology. Resting near the junction of Eurasian, African and Arabian plates within the Alpine-Himalayan mountain belt in the present time, the landmass underlying most of Turkey was once situated at the collisional boundaries of many microcontinents derived from the two megacontinents—Gondwana in the south and Laurasia in the north. The geological framework of Turkey comprises many lithospheric fragments. They were amalgamated during the Alpine orogeny when the Arabian plate collided with the Anatolian plate in the Late Cretaceous-Tertiary (Bozkurt & Mittweide, 2001). The sediments containing rich and diversified fossil taxa are widespread as a result of rich geological history. Numerous new fossils have been identified and some of them are globally-recognized fossils. Their type localities as well as these new genus or species are also important with respect to Earth's own archive, a window for understanding of the geological history, evidence for understanding of the evolution of life on earth, provide additional material for scientific studies or natural history museum, educational material for researchers or students. These features placed them within the scope of geological heritage.

Lately, Kazancı et al. (2015) and Kazancı and Gürbüz (2016) issued a list of geological framework of Turkey's geosites, which was comprised of some 87 titles classified in ten categories. Following the recommendation of ProGEO in 1998 fossils were included in the category of "Palaeoenvironment", which contains Trace fossils, Palaeokarsts, Foot prints, Mammalia beds with hominoid and handcrafts, fish and leaf fossils, Neogene palaeosols, Neogene silicified trees, Miocene bivalves, Larger Tertiary foraminifera, Bouma turbidite sequences, incised valleys, Cretaceous ammonites, Devonian fishes, Euxinic environments of Early Silurian, Ordovician and Silurian Graptolites. In this study, it is proposed that "type locality of fossil" be included in this list. Based on fossils found in Turkey, more than 400 new taxa, which correspond to a fair number of genera and/or species, have been first described. Their conservation is very important given the above-mentioned information. Our proposal aims at drawing attention to the fossil richness of Anatolia, creating an inventory of fossil sites and exposing the importance of the type localities for palaeontological studies, as well as highlighting the importance of geosciences.

**Keywords:** Fossil, framework list, geological heritage, new genus/species, type locality

## References

- Bozkurt E. & Mittweide S.K. 2001. Introduction to the Geology of Turkey—A Synthesis. *International Geology Review*, 43, 578-594.
- Kazancı N., Şaroğlu F., Suludere Y. 2015. Geological heritage and framework list of the geosites in Turkey. *Bulletin of the Mineral Research and Exploration*, 151, 261–270.
- Kazancı N., Gürbüz E. 2016. The framework list of geosites in Turkey. *ProGEO Newsletter*, 1, 8–9.



## Karst Dünyası: Kaş-Abanoz Yaylaları (Anamur-Mersin) Arasında Bir Jeolojik Rota

*Karst World: A Geological Route Between Kaş And Abanoz Plateaus (Anamur-Mersin)*

**Selim İnan<sup>1</sup>, Nurdan İnan<sup>1</sup>**

*<sup>1</sup>Mersin Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Mersin, Türkiye  
(sinan@mersin.edu.tr)*

**Öz:** Bu çalışmayla, Anamur'a (Mersin) 40 km uzaklıktaki Kaş yaylası ile 50 km uzaklıktaki Abanoz yaylası arasındaki 10 km'lik yol jeolojik rota olarak önerilmiştir. Rota boyunca ince kilitaşı-kumtaşı-kireçtaşı ardalanması sunan kırıntılılarla temsil edilen Üst Triyas yaşlı Murtçukuru formasyonu, koyu gri renkli, çatlaklı, çatlakları kalsit dolgulu kireçtaşlarıyla temsil edilen Jura-Alt Kretase yaşlı Cehennemdere formasyonunun litolojileri yüzeyler. Bu birimlerin dereceli geçişli dokanağı, Kaş yaylası çıkışındaki Kellekfiği ve Kızılkaraklık mevkiindeki yol yarmalarında belirgin olarak görülür.

Kaş yaylası ve Abanoz yaylası yerleşimleri Üst Triyas kırıntılı litolojileri üzerine kurulmuş olup, bu litolojilerin kolay aşınmış olması nedeniyle çukur olan yerleşim yerleridir.

Jura-Alt Kretase kireçtaşları farklı görünümüne sunar. Kaş yaylasının güneyinde kireçtaşlarının alt seviyeleri breşik, üst seviyeleri masifdir. Kaş yaylası-Yığıltaş mevki arasında kireçtaşları bloklar halinde aşınmış ya da çok sayıda yığılı küçük tepelikler oluşturur. Bu tepelikler 10-40 m boyutunda, 10-15 m yüksekliğindedir. Bu mevkiide yol boyunca bol çatlaklı, çatlakları içinde demir/boksit sıvanımlı kırmızı seviyeler olan kireçtaşları da vardır. Kocayapma Tepe kuzeydoğusundaki yol yarmasında 10-15 cm kalınlığında tabakalı, gri renkli, çatlaklı kireçtaşları bulunur. Suolmaz Geçidi bölgesinde ince kilitaşı- silttaşı ardalanmaları içeren, dışı sarımsı, içi gri renkli killi kireçtaşları yüzeyler. Abanoz girişinde, tüm birimler üzerinde Miyosen yaşlı resifal kireçtaşları görülür.

Rotadaki kireçtaşları, değişik boyutta çok sayıda dolinler ve oluk biçiminde lapyalar gibi karstik aşınım şekilleri bakımından olağanüstü bir görsellik sunmaktadır. Oluk biçimli lapyalar yer-yer 40-70 cm uzunluk ve 30-40 cm derinliğe ulaşabilmektedir. Bunların en güzel örnekleri Yığıltaş mevkiinde görülür. Dolinler, kireçtaşı tepelikleri ve blokları arasında yer alır. Kireçtaşı tepelikleri arasındaki dolinler 5-10 m boyutlarında, ortalama 10 m derinliğinde olan daha küçük dolinlerdir. Bloklar halinde aşınmış kireçtaşları arasında bulunan dolinler ise 10-40 m boyutlarında, 40-50 m derinliğinde olup, kireçtaşı tepeliklerinin arasındaki dolinlerden daha büyüktürler. Bunların en güzel örnekleri Kaş kuzeyinde görülür.

Rota, özellikle Abanoz'un 1 km güneyinden-Abanoz'a kadar, özellikle dik tabakalı, kıvrımlı, kırıklı kireçtaşlarının yüzeylediği Kale tepenin yol yarmasında devrik, yatık kıvrımlar, doğrultu atımlı, ters ve bindirme fayları gibi yapısal unsurları yüksek görsellikte bulunmaktadır.

Kaş yaylası güneyinde ve Yığıltaş mevkiinde anayoldan görülen ve orman içinde de takip

edilebilen 2 antik yol rotayı cazip kıлып, zenginleştirmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Mersin-Anamur, jeolojik rota, karst, dolin, fay, kıvrım.

**Abstract:** In this study, the 10 km road between the Kaş Plateau, 40 km away from Anamur (Mersin) and Abanoz Plateau, 50 km away, is proposed as a geological route. Along the route, lithology of the Upper Triassic Murçukuru formation, which is represented by thin claystone-sandstone-limestone intercalations and Jura-Lower Cretaceous, aged Cehennemdere formation which is represented by dark gray-coloured, fissured limestones with cracks and calcite-filled limestones, surface each other. The gradual transitional contact of these units is prominently observed in Kellekfigi, on the exit of Kaş plateau and Kızılkaraklık.

Kaş plateau and Abanoz plateau zones are formed on the Upper Triassic clastic lithologies and these zones are grabens due to the easy erosion of these lithologies.

The Jurassic-Lower Cretaceous limestones offer different views. The lower levels of the limestones are brecciated and the upper levels are massive on the south of Kaş plateau. Limestones between Kaş and Yığıltaş form small mounds which are eroded in blocks or stacked in large numbers. These mounds are 10-40 m in size and 10-15 m in height. Along this road, there are limestones with red cracks and iron / bauxite grains in the cracks. In the road cut of northeast of Kocayapma Tepe, there are 10-15 cm thick, gray colored, cracked limestones. In the area of Suolmaz Passage, the surface is composed of thin claystone-siltstone intercalations, and yellowish and gray colored clayey limestones. At the entrance of the Abanoz, Miocene aged reef limestones are observed on all units.

The limestones in the route offer an exceptional visualization of karstic erosion patterns, such as the plurality of dolines of different sizes and the groove-shaped laplines. The groove-shaped lapa can reach of 40-70 cm in height and 30-40 cm in depth. The best examples of these are seen in Yığıltaş area. Dolines are located between limestone mounds and blocks. The dolines between the limestone mounds are 5-10 m in dimensions and 10 m in depth. The dolines between the eroded limestones as blocks are 10-40 m long and 40-50 m deep and they are larger than the dolines between the limestone mounds. The best examples of these are seen in the north of Kaş.

The route, from Abanoz to its 1km south, especially around the road cut of Kale Hill, which surfaced by the uppermost stratified, folded, fractured limestones, offers a high visualization of the structural elements such as overturned, recumbent folded, strike-slip, reverse and thrust faults.

The 2 ancient roads, which are seen from the main road in Yığıltaş area and the south of Kaş plateau and can be followed in the forest, make the route attractive and enrich.

**Keywords:** Mersin-Anamur, geological route, karst, dolin, fault, fold



## Büyük Ağrı Volkanı; Buzullar ve Moloz Akıntıları, Iğdır

*Great Agri Volcano; Glaciers and Debris Flows, Iğdır*

**Mehmet Salih Bayraktutan**

*Iğdır Üniversitesi, Mühendislik Fak. Suveren Kampusu. IĞDIR*

*( mehmet.salih.bayraktutan@igdir.edu.tr )*

**Öz:** Ağrı Volkanları hemen tamamen Türkiye’de kalmasına rağmen, piroklastik ve lav akıntılarıyla sınır ötesi yayılıma (volcanoes on borders) sahiptir. Doğuda İran, Nahcivan ve kuzeyde Sürmeli çökeltisi içinde Ermenistan’a kadar uzanmaktadır. Bu çalışma aralıklı olarak farklı tarihlerde (1984-88,1990-92,1998, 2006, 2008-2014 yıllarında) arazide, helikopterle havadan ve uydu görüntülerinde uzaktan algılama yöntemiyle yapıldı. Ermenistan’da 1984 ve 1988 yıllarında Alagöz Volkanı bölgesi ve İran’da Mako yakınlarına kadar eski akarsu vadisi boyunca uzanan bazalt akıntısı incelendi. Türkiye’de kodu 4000 m üzerindeki bir kaç zirvede buzullar mevcuttur. Ancak, kalıcı gerçek buzullar Ağrı Dağı ve Cilo Dağı zirvesindeki buzullardır. Büyük Ağrı zirvesindeki buzul-kapak üç bölümde isimlendirilmiştir. Genel olarak kar birikimi, buzul geometrisi, gelişimi ve hareketleri mevcut radyal drenaj ağı ve aktif fayların oluşturduğu (buzul tabanı) topografyası tarafından denetlenmektedir. Önceki çalışmalarda zirvedeki buzullar Abich ve Parrot olarak adlandırılmıştır. Ahora vadisine alt seviyelere inmiş, örtülü buzul ilk defa 2006 yılında yapılan arazi çalışmasında gözlemlendi. Zirveden kuzey ve kuzeydoğu yönünde aşağıya akan buzullar, fay (K60° B) yüzeylerince kesilmiş, dilimlenmiş, basamaklar da kalmış parçalar halinde alt kodlara inmiştir. Abich buzulunun en kuzeydeki parçası Cehennem Dere vadi tabanına aktif hareket halindedir. Yukarıda zirveden 5000m’den aşağıya Vadide 2150m ye kadar, Fay düzlemleriyle dilimlenerek hareketine devam etmektedir. İlk defa 2006 daki arazi çalışmasında burada altta bir buzulun varlığı fark edildi. Aynı zamanda bir aktif fay yüzeyi olan bu (K 45° D uzanımlı) derin vadi, çok kalın piroklastik akıntılardan oluşan yüksek eğimli yamaçlardan yoğun kaya düşmesi nedeniyle, güneye sonuna kadar erişimi imkansız kılmıştır. Buzulun saklı kalması, her iki yönden vadiye giren yamaç molozları ve yan morenlerin birleşen malzemesi tarafından örtülmüş olması sayesindedir.

Ağrı Volkanik birimi üzerinde, iki ana baca (Büyük ve Küçük Ağrı) dışında çok sayıda parazit konileri, lav ve piroklastik domları, lapilli ve sinder konileri, kraterler, kısmen fiziki şekli bozulmuş kalderalar, erozyondan etkilenmemiş taze lav akıntıları ile volkan topoğrafyası bakımından mükemmel bir laboratuvar imkânı sunmaktadır. Buzullar, Büyük Ağrı zirvesi kuzey yamaçlarında daha kalın, uzun ve kalıcı özelliklere sahiptir. Bu araştırma, Cehennem Deresi boyunca ilerleyen segmenti üzerinde odaklandı. Çizgisel bir fay yüzeyi olan vadi, boyunca yaklaşık 6,0 km uzunlukta, 400-450m genişlikte buzul, vadiyi kesen sağ-atımlı diğer bir fay tarafından (Yenidoğan köyü 4 km güneyinde) ötelenmiştir. Sağ yanal 250 m kadar atım gerçekleşmiştir. Buzulun kenarları boyunca yan-moren ve baş tarafında kafa-moreni oluşumu devam etmektedir. Ağrı volkanı sismotektonik ve volkanik etkinliğin birlikte gelişimine örnekler sunmaktadır. Milli Park kapsamına alınmış olması, yerden erişimin daha kolay olduğu kodlardaki buzul, krater ve lav akıntılarını korumada yeterli değildir. Seçilecek Doğal Anıt niteliğindeki sınırlı alanları GeoPark olarak tescil ve korumaya alınması jeolojik miras bakımından gereklidir.



**Anahtar Kelimeler:** Büyük Ağrı, buzullar, Cehennem Deresi, aktif faylar

**Abstract:** Agri Volcanoes although totally located in Turkey, with a few pyroclastic and lava flows continuing into Iran, Azerbaijan to the east and Armenia to the North, is considered as one the World Volcanoes on Borders. This work covers the field observations on lava-pyroclastic flows, glaciers and debris flows obtained during the field excursions performed in different dates (1984,1987-88,1992-98,2006-08,2014) by ground, observations, helicopter flights, air-photos, and remote sensing of satellite images. Lava and proclastic flows at surface or covered, extends into Iran, Nahcivan and Armenia. Field excursions in relation to Alagöz Volcano and Flood Basalts on borders performed in 1984 and1988. Eastern most end of basalt flow continues in a river valley, till Mako. In Turkey, several glaciers exist on crests of mountains with altitude higher than 4000m. However, two most significant durable Glaciers are from Great Agri Dag and Cilo Dag. Glacier Cap at crest of Agri Dag, has been studied in three sections, namely Parot, Abich I and Abich II. In general, snow accumulation, glacier feeding, development, geometry and migration were controlled by radial drainage system of volcanic cone and active fault scarps crossing radial network, which are responsible for the Glacier-Bottom topography.

Great Agri Volcanic Unit; has two major cones (Great and Lesser) and numerous parasitic cones, domes, creators, lapilli and cinder cones and partly deformed calderas. This mountain complex provides excellent basalt lava flows, still not effected by erosion keeping very fresh flow structures. Branches of Glaciers flowing northwards are thick, longer and more stable features wrt other directions, due to less sun light, long shadow life, steep topography and fault scarps. This work basicly focussed on that segment of Abich Glacier descends down to Cehennem Valley floor. Valley itself is active fault plane with linear segment for about 8.0 km striking N45° E approximately. This Glacier continuously feeded by fragments from upper parts (by avalanches), and atmosferic presipitation. Here glacier has reached about 6.0 km length, about 400m width. Cehennem Dere river course itself (including the glacier) offset by active fault plane right lateral crossing N-slope of the Mount Agri, at a strike of N60° W, nearly 4km South of Yenidogan Village. Approximate slip is about 250m, right. Lateral Moraine along both side of glacier and Head Moraine deposition is active. This glacier was observed first time during field excursion in 2006. Glacier is the northern most end of Abich, at top. On the way from 5000m to 2150m altitude, glacier flow cut by RL normal fault scarps, at 4 locations. Glacier was covered by a coarse gravelly material, a mixture of slope debris from steep valley slopes and lateral moraines at both sides. Due to this cover, glacier beneath has not been recognized for years. Agri Volcano was registered as National Park. However, this statue does not provide enough conserving strategy. This Cehennem Valley glacier, together with 3 other creators and the lava flows out-pouring from these points present very fresh surface morphology show natural monumental features. They could be the correct candidate areas for Geo-Park site.

**Keywords:** Great Agri, glaciers, Cehennem Valley, active faults

**MAGMATİZMA VE MAGMATİK SÜREÇLER  
/ MAGMATISM AND MAGMATIC PROCESSES**

Cüneyt ŞEN - Ferkan SİPAHİ - Fuat ERKÜL - Sibel TATAR ERKÜL - Martin PALMER

---

***Sözlü Sunumlar/Oral Presentations***

***ÖZ/ABSTRACT***





## Doğanşehir-Eskiköy (Malatya) Civarındaki Felsik Volkanizmanın Petrografisi ve Jeokimyasına Ait İlk Bulgular

### *Preliminary Findings on the Petrography and Geochemistry of the Felsic Volcanism at the Vicinity of Doğanşehir-Eskiköy (Malatya)*

Mehmet Ali Ertürk<sup>1</sup>, Hatice Kara<sup>1</sup>, Dicle Bal Akkoca<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Fırat Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 23119, Elazığ, Türkiye  
(erturkmae@gmail.com)

**Öz:** Bu çalışmada, Doğanşehir–Eskiköy (Malatya) civarındaki Orta Eosen (?) yaşlı felsik volkanik kayaların petrografik ve jeokimyasal özellikleri araştırılmıştır. İnceleme alanındaki volkanik kayalar dasit ve riyolitlerle temsil edilmektedir. Daha önceki çalışmalarda Orta Eosen yaşlı olarak kabul edilen bu volkanitlerin üzerine Permo-Triyas yaşlı Malatya Metamorfitleri tektonik olarak yerleşmiştir.

Volkanik kayalar porfirik doku göstermektedir. Bu kayaların ana mineral parajenezlerini Na'ca zengin plajiyoklas + sanidin + kuvars + biyotit ± amfibol ± piroksen mineralleri oluşturur. İkincil mineral fazları ise serisit, epidot ve klorit mineralleri ile temsil edilmektedir.

Volkanitler kalkalkalen ve yüksek potasyumlu kalkalkalen karaktere sahiptir ( $\text{SiO}_2$ : 66,91-73,81 wt%;  $\text{Al}_2\text{O}_3$ : 13,54-15,89 wt%,  $\text{MgO}$ : 0,17-1,27 wt%;  $\text{K}_2\text{O}$ : 2,11-5,03 wt%;  $\text{Na}_2\text{O}$ : 3,25-3,87 wt%). İlksel mantoya göre normalize edilmiş iz element diyagramlarında negatif Nb, P, Ti anomalileri ile pozitif Pb anomalisi gözlenmekte olup, büyük iyon çaplı elementler (BİYE) yüksek duraylılık etki alanına sahip elementler (YAEE) göre daha fazla zenginleşmiştir. Kondrite normalize edilmiş Nadir Toprak Elementi (NTE) desenlerine göre hafif nadir toprak elementler ( $\text{HNTE-La}_N/\text{Lu}_N$ : 3,04-15,19), ağır nadir toprak elementlere göre (ANTE- $\text{Dy}_N/\text{Yb}_N$ : 1,10-1,48) zenginleşme göstermektedir. Belirgin negatif Eu anomalisinin bulunması ( $\text{Eu}/\text{Eu}^*=0,33-0,87$ ), incelenen volkanik kayaların gelişiminde plajiyoklas fraksiyonlaşmasının etkin bir rol oynadığını göstermektedir. Tüm veriler dikkate alındığında, incelenen volkanitlerin Geç Kretase'deki yitime bağlı olarak okyanusal kabuktan ayrılan çözeltiler tarafından metasomatize edilmiş bir mantodan kaynaklandığı düşünülmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Doğu Torid Orojenik Kuşağı, Eosen, felsik volkanizma, jeokimya, petrografi

**Abstract:** In this study, petrographic and geochemical characteristics of the Middle Eocene (?) felsic volcanic rocks, around the Doğanşehir-Eskiköy Malatya from the Eastern Tauride Orogenic Belt were investigated. The volcanic rocks in the study area are represented by dacite and rhyolites. These volcanics, which were accepted as Middle Eocene in the previous studies, tectonically overlain by Permo-Triassic Malatya Metamorphics.

The volcanic rocks show mainly porphyritic texture. The main mineral paragenesis of these

rocks is plagioclase (Na rich) + sanidine + quartz + biotite  $\pm$  amphibole  $\pm$  pyroxene. Secondary mineral phases are represented by sericite, epidote and chlorite minerals.

Volcanics have calc-alkaline and high-potassium calc-alkaline character ( $\text{SiO}_2$ : 66.91-73.81 wt%;  $\text{Al}_2\text{O}_3$ : 13.54-15.89 wt%,  $\text{MgO}$ : 0.17-1.27 wt%;  $\text{K}_2\text{O}$ : 2.11-5.03 wt%;  $\text{Na}_2\text{O}$ : 3.25-3.87 wt%). In the primitive mantle normalized trace element diagram, the samples display negative Nb, P and Ti and positive Pb anomalies. The large ion lithophile elements (LILE) enriched compared to the high field strength elements (HFSE) in the same diagram. The chondrite normalized rare earth element (REE) patterns display enrichment of light rare earth elements (LREE- $\text{La}_N/\text{Lu}_N$ : 3.04-15.19) compared to the heavy rare earth elements (HREE- $\text{Dy}_N/\text{Yb}_N$ : 1.10-1.48). The presence of significant negative Eu anomaly ( $\text{Eu}/\text{Eu}^*=0.33-0.87$ ) shows that plagioclase fractionation plays an effective role in the generation of the studied volcanic rocks. All these evidence suggested that studied volcanics probably derived from a mantle metasomatized by subduction fluids that released from oceanic crust during the Late Cretaceous.

**Keywords:** Eastern Tauride Orogenic Belt, Eocene, felsic volcanism, geochemistry, petrography



## Erken Jura Yaşlı Asidik Kayaçların (Olur- Erzurum) Jeokimyasal ve İzotopik Özellikleri

### *Geochemical and Isotopic Signatures of the Early Jurassic Acidic Rocks (Olur-Erzurum)*

**Kadir Sünnetci, Abdurrahman Dokuz**

*Gümüşhane Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, TR-29000 Gümüşhane, Türkiye  
(Kadir.Sunnetci@gumushane.edu.tr)*

**Öz:** İnceleme konusu Erken Jura yaşlı Coşkunlar Dasiti ve Güvendik Tronjemiti Olur (Erzurum) ilçesinin 5 km kadar güneyinde yaklaşık 50 km<sup>2</sup>'lik bir alanda yüzeylenmektedir. Toleyitik karaktere sahip olan kayaçlar başlıca kuvars ve plajiyoklas, az miktarlarda K-feldspat ve tali olarak ise opak mineral, zirkon ve apatit içerir. LA-ICP-MS U-Pb zirkon yaşlandırması Coşkunlar Dasiti'nin 184,1 My, Güvendik Tronjemiti'nin ise 185,34 My yaşlı olduklarını ortaya koymaktadır.

Oldukça yüksek SiO<sub>2</sub> (73,85-80,03) içeriğine sahip olan kayaçlar toleyitik (K<sub>2</sub>O = 0,06-2,63), sodik (K<sub>2</sub>O/ Na<sub>2</sub>O = 0,07-1,03) ve güçlü peralümino (A/CNK = 0,98-1,94) bir karakter sergilemektedirler. Kendi içerisinde az-orta derecede farklılaşmış nadir toprak element içeriklerine (La<sub>N</sub>/Yb<sub>N</sub> = 0,92-7,57) sahiptirler. Orta derecede negatif Eu anomalisi gösterirler (Eu/Eu\* = 0,39-0,80). Büyük iyon çaplı elementler (LILE) yüksek çekim alanlı elementlere (HFSE) göre orta derecede zenginleşmişlerdir. Asidik kayaçlar orta-yüksek derecede radyojenik <sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr<sub>(i)</sub> (0,70513-70978) ve düşük-orta derecede radyojenik <sup>143</sup>Nd/<sup>144</sup>Nd<sub>(i)</sub> (0,51235-0,51260) izotop oranlarına ve genellikle hafif pozitif ε<sub>Nd</sub> (-0,055-+3,8126) değerlerine sahiptirler. Pb izotop değerleri ise <sup>206</sup>Pb/<sup>204</sup>Pb<sub>(i)</sub> = 14,53-19,58, <sup>207</sup>Pb/<sup>204</sup>Pb<sub>(i)</sub> = 15,43-15,69 ve <sup>208</sup>Pb/<sup>204</sup>Pb<sub>(i)</sub> = 31,2-39,65 şeklindedir.

Kayaçların ana ve iz elementlerinde gözlenen trendler ve güçlü peralümino özellikleri oluşumları sırasında fraksiyonel kristallenmenin önemli bir rol oynadığına işaret etmektedir. Toleyitik karakterli (K<sub>2</sub>O < %2,63) olmaları, görel olarak daha bazik (andezitik/tonalitlik) bir magmadan itibaren fraksiyonel kristallenme yolu ile oluştuklarına işaret etmektedir. İnceleme konusu asidik kayaçlar düşük-orta derecede radyojenik Sr, Nd ve Pb izotop oranları alt kabukta yer alan bazik toleyitik bir kaynağın kısmi ergimesiyle oluşmuş olabileceklerini göstermektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Asidik magmatizma, Doğu Pontidler, Erken Jura, Sr-Nd-Pb izotop oranları, U-Pb zirkon yaşlandırması

**Abstract:** The Early Jurassic Coşkunlar Dacite and Güvendik Trondhjemite, subjected to this study, crop out an area of approximately 50 km<sup>2</sup> in the 5 km south of Olur (Erzurum). The rocks with tholeiitic character include mainly quartz and plagioclase, small amounts of K-feldspar and opaque minerals, zircon and apatite secondarily. LA-ICP-MSI-Pb zircon dating reveals that the Coşkunlar Dacite has a cooling age of 184.1 Ma, whereas Güvendik Tondhjemite

has a cooling age of 185.34 Ma.

The rocks have very high SiO<sub>2</sub> contents, and display tholeiitic (K<sub>2</sub>O = 0.06-2.63), sodic (K<sub>2</sub>O/Na<sub>2</sub>O = 0.07-1.03), and strongly peraluminous (A/CNK = 0.98-1.94) nature. Rare earth element contents of the acidic rocks show low to moderate fractionations (La<sub>N</sub>/Yb<sub>N</sub> = 0.92-7.57) and moderately negative Eu anomalies (Eu/Eu\* = 0.39-0.80). Large ion lithophile elements (LILE) show low to moderate enrichment relative to the high field strength elements (HFSE). The rocks have low to moderately radiogenic <sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr<sub>(i)</sub> (0.70513-70978) and <sup>143</sup>Nd/<sup>144</sup>Nd<sub>(i)</sub> (0.51235-0.51260) isotope ratios, and slightly positive ε<sub>Nd</sub> (-0.055-+3.8126) values. Pb isotope ratios are in the range of <sup>206</sup>Pb/<sup>204</sup>Pb<sub>(i)</sub> = 14.53-19.58, <sup>207</sup>Pb/<sup>204</sup>Pb<sub>(i)</sub> = 15.43-15.69 and <sup>208</sup>Pb/<sup>204</sup>Pb<sub>(i)</sub> = 31.2-39.65.

Trends shown in major and trace elements and strong peraluminous characteristics show that fractional crystallization has played an important role in the formation of rocks. Tholeiitic nature (K<sub>2</sub>O < 2.63) of the rocks points out that they might have been formed from a relatively more basic (andesitic/tonalitic) magma through fractional crystallisation. The low to moderately radiogenic Sr, Nd, and Pb radiogenic isotope ratios indicate that the rocks might have been originated from a basic tholeiitic source by partial melting.

**Keywords:** Acidic magmatism, Early Jurassic, Eastern Pontides, Sr-Nd-Pb isotopes, U-Pb zircon dating



## Bingöl- Karakoçan Arasındaki Solhan Volkanik Kayaçlarının Petrografisi ve Jeokimyası

### *Petrography and Geochemistry of Solhan Volcanic Rocks Between Bingöl - Karakoçan*

Abdullah Sar<sup>1</sup>, Tuğçe Baykara<sup>2</sup>, Sevcan Kürüm<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Fırat Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 23119 Elazığ

<sup>2</sup>Çelikler Holding, Elbistan-K.Maraş

(asar@firat.edu.tr)

**Öz:** Bingöl çevresinde geniş yüzeyleme oluşturan Solhan volkanitleri, bazik-ortaç bileşimli lavlar ile piroklastiklerden oluşmuştur. Petrografik olarak, andezit, bazalt ve trakitik özellikteki bu kayaçlar plajiyoklas, olivin, sanidin ve piroksen fenokristal ve mikrolitleri içerirler. Bu kayaçlar genel olarak porfirik, vesiküler, glomeroporfirik, intersertal-intergranüler, ofitik-subofitik ve trakitik doku gösterirler. Kayaçlarda özellikle plajiyoklas fenokristallerindeki erime-çözünme dokuları, kapanım, zonlanma ve yeniden büyüme dokusu ile olivin ve piroksenlerde iddingsitleşme ve korona dokusunun oluşumu gibi olaylar, asimilasyon-magma karışımı ve post-magmatik mineral oluşumunu göstermektedir. SiO<sub>2</sub> içeriği %47,07 - 67,18, Mg# ise %52,67-3,84 (bazalt, trakit) arasında değişim gösteren bu volkanik kayaçların ana element içeriklerine göre, alkali-kalkalkali özellikte olduğu ve düşük-K'lu seriden şoşonitik özelliğe kadar değiştiği görülür. En düşük-K'a sahip kayaçlar bazaltlar olup, sırasıyla andezit, trakibazalt, trakiandezit ve en yüksek-K'lu kayaçlar şoşonitik özellikli trakitlerdir. Alkalen örneklerde Na<sub>2</sub>O-2,0 ≥ K<sub>2</sub>O olup, örnekler sodik karakterli havaiit ve benmorit olarak tanımlanmıştır. Bu kayaçlardaki normatif mineral bileşimleri de petrografik özellikler ve ana element bileşimleriyle uyumludur. Normatif kuvars, andezit ve trakitte gözlenirken, nefelin yalnızca trakibazaltlarda gözlenir. Diyopsit ve hipersten ise hemen tüm kayaçlarda ve farklı oranlarda bulunurken, kayaçların ana oksit bileşenini manyetit ve ilmenit mineralleri oluşturmaktadır.

Solhan volkanik kayaçlarındaki jeokimyasal davranışlar, bazik ve ortaç bileşimde olduğu belirlenen magmanın, benzer kaynak özelliklerine sahip ancak ayrışma ve magmatik farklılaşmadan farklı oranlarda etkilendiklerini gösterir. Ayrıca asidik kayaçların, magmanın daha geç evre ayrımlaşmasıyla olduğu bu da magmanın hem son evre kristalleşme fazına hem de bu örneklerde kıtasal zenginleşmenin etkisinin daha belirgin olduğunu gösterir. Çoğunlukla sodik-özelliği Solhan volkanik kayaçları, büyük iyon yarıçaplı litofil elementler ve hafif nadir toprak elementler bakımından zenginleşmiştir. Ayrıca andezitik kayaçlar bazik olanlardan farklı olarak düşük Ti içerikli, negatif Nb, Ta ve Sr anomalisi gösterir. İz element verileri bazik lavların daha ilksel ve daha az kirlenmiş astenosferik mantodan, andezitik lavların ise geçiş-astenosferik ve litosferik özellikli daha heterojen manto kaynağından oluştuğunu gösterir. Bu gibi farklılıklar, bazaltik ve andezitik kayaçlarda kabuksal asimilasyon ve düşük dereceli fraksiyonel kristalleşme gibi magmatik farklılaşma süreçlerinin etkilerini ve dolayısıyla bu kayaçların petrolojik özelliklerinin oluşmasında önemli olduğunu göstermektedir. Sr ve Nd izotop analiz verileri düşük <sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr<sub>(i)</sub> (0,7032559-0,7041843), yüksek <sup>143</sup>Nd/<sup>144</sup>Nd<sub>(i)</sub> (0,512783-0,512927) ve pozitif (+) εNd (3,09-5,88) sonuçları ile manto alanı içerisinde yer almaktadır.



Tüm bu özellikler ile bu volkanik kayalar, genel petrografik ve jeokimyasal davranışlar bakımından, Doğu Anadolu Volkanik Provensi ile uygunluk gösterir.

**Anahtar Kelimeler:** Bingöl, jeokimya, petrografi, Solhan volkanitleri, Sr-Nd izotop

**Abstract:** The Solhan volcanic rocks that outcrop largely around Bingöl consist of lavas and pyroclastics of basic- intermediate composition. Petrographically, they are of andesitic, basaltic and trachitic composition and consist of plagioclase, olivine, sanidine and pyroxene phenocrysts and microlites. These rocks usually display porphyritic, vesicular, glomerophyritic, intersertal-intergranular, ophitic-subophitic and trachytic textures. In these rocks, the presence of melting-dissolving structures, inclusions, zonings and regrowth structures, particularly in plagioclase phenocrysts, and textures such as iddingsitization and corona in olivines and pyroxenes, indicate the formation of assimilation-magma mixture and post-magmatic minerals. SiO<sub>2</sub> content and Mg # value of the basalt and trachytes vary between 47.07 and 67.18 wt.%, and between 52.67 and 3.84 wt.%, respectively. These volcanic rocks have alkaline-calc-alkaline characteristics according to their main element contents and they range from low-K lavas to shoshonitic lavas. The rocks with the lowest-K content are basalts, and andesites trachybasalts, trachyandesites and shoshonitic trachytes have the highest-K contents respectively. Alkaline samples have Na<sub>2</sub>O-2.0 > K<sub>2</sub>O and samples were defined as hawaiites and benmoreites that are sodic in character. The normative mineral compositions in these rocks are also compatible with petrographic properties and the major element compositions. The andesites and trachytes contain normative quartz, whereas nephelines are only observed in trachybasalts. Diopside and hypersthene are present in almost all rocks and in different ratios, while the major oxide contents of the rocks are made up of magnetite and ilmenite.

Geochemical behaviors of Solhan volcanic rocks indicate that basic and intermediate magmas have similar source characteristics, however they are affected by alteration and magmatic differentiation in different ratios. The acidic rocks were formed during the late phases of the differentiation of magma; these rocks show the final stage of the crystallization phase of magma and the effect of continental enrichment is stronger. Solhan volcanic rocks are of sodic type and enriched in terms of large-ion lithophile elements and heavy rare earth elements. In addition, andesitic rocks contain low Ti, have negative Nb, Ta and Sr anomaly which are different from those of the basic rocks. The trace element data also indicate that the basic lavas were originated from a more primitive and less contaminated asthenospheric mantle and the andesitic lavas were originated from a more heterogeneous, mixed asthenospheric – lithospheric mantle source. Such differences indicate that magmatic differentiation processes such as the crustal assimilation and low degree fractional crystallization played a role in the formation of the petrological features of these basic and andesitic rocks. Sr and Nd isotopic analysis data are low <sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr<sub>(i)</sub> (0.7032559-0.7041843), high <sup>143</sup>Nd/<sup>144</sup>Nd<sub>(i)</sub> (0.512783-0.512927) and positive (+) εNd (3.09-5.88) and these results are within mantle area. All these properties indicate that these volcanic rocks are consistent with Eastern Anatolia Volcanic Province in terms of their general petrographical and geochemical behaviors.

**Keywords:** Bingöl, geochemistry, petrography, Solhan volcanites, Sr-Nd isotope



## Boğazkale Civarındaki (Çorum, İç Anadolu) Diyabaz Dayklarının Jeokimyası Ve Petrojenezi: Neotetis'in Kuzey Kolunun Jeodinamik Evrimi Hakkında Bulgular

*Geochemistry And Petrogenesis Of The Diabase Dykes From Boğazkale (Çorum), Central Anatolia: Implications For The Geodynamical Evolution Of The Northern Branch Of Neotethys*

Uğur Balcı<sup>1</sup>, Kaan Sayıt<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Ankara, Türkiye  
(ubalci@metu.edu.tr)

**Öz:** İzmir-Ankara-Erzincan (IAE) kenet kuşağı, Neotetis'in kuzey kolundan ve bununla ilişkili kıtasal ögelerden türeyen okyanusal ve kıtasal parçaları içinde barındırır. Boğazkale (Çorum, İç Anadolu) bölgesinde, Neotetis'e ait okyanusal litosfer parçaları, serpantinleşmiş ve karbonatlaşmış ultramafikleri kesen diyabaz dayklarını içeren bir ofiyolit melanjının içinde bulunur.

Bu çalışmanın konusunu oluşturan diyabazlar faneritik, holokristalen ve eşaneli dokuya sahiptir. İncelenen diyabazların ilksel ana mineral topluluğunu plajiyoklaz ve hornblend oluşturur. Klorit, epidot, prehnit ve aktinolit gibi ikincil minerallerin varlığı diyabazların değişik seviyelerde düşük dereceli hidrotermal alterasyondan etkilendiğini göstermektedir. Hareketsiz iz elementleri sistematığına göre, bütün örnekler subalkalen bazaltik bileşime sahiptir, ve N-MORB'e göre normalize edilmiş diyagramlarda negatif Nb anomalisi göstermektedir. Kondirit'e göre normalize edilmiş diyagramlarda ise yataydan, hafifçe tüketilmiş hafif nadir toprak element (LREE)'lere doğru değişen desenler gözlenmektedir. Göreceli Th (ve La) zenginleşmesi ve N-MORB'a benzeyen HFSE bileşimleri, söz konusu diyabazların dalma batma zonu sınırları/ergiyikleri ile metasomatizmaya uğramış, tüketilmiş bir astenosferik manto kaynağından türediklerini önermektedir. Genel iz element karakteristikleri, diyabazların okyanusal bir yay-gerisi havzada oluştuklarını işaret etmektedir.

İki diyabaz daykından elde edilen  $176,30 \pm 0,52$  Ma ve  $178,82 \pm 0,80$  Ma (Toarsiyen, Erken Jura) hornblend  $^{40}\text{Ar}-^{39}\text{Ar}$  radyometrik yaşları, IAE Okyanusu'nda Erken Jura'da okyanus içi bir dalma-batma zonunun varlığını önermektedir. Bu sonuçlar Erken Jura öncesi bir Neotetis okyanusal kabuğun varlığına işaret etmekte olup, bu da IAE Okyanusu'nun oluşumunun Geç Triyas ya da daha erken bir zaman aralığında gerçekleştiğini önermektedir.

**Anahtar Kelimeler:**  $^{40}\text{Ar}-^{39}\text{Ar}$  jeokronolojisi, İzmir-Ankara-Erzincan Keneti, jeokimya, Neotetis, ofiyolitik melanj, petrografi.

**Abstract:** The Izmir-Ankara-Erzincan (IAE) Suture Belt contains oceanic and continental fragments that originated from the northern branch of Neotethys and associated continental entities. In the Boğazkale region (Çorum, Central Anatolia), the pieces of Neotethyan oceanic lithosphere occur in an ophiolitic mélange in which the diabase dykes intrude serpentinized

and carbonatized ultramafics.

The diabases, which are the main focus of this study, are characterized by phaneritic, holocrystalline and equigranular textures. Plagioclase and hornblende occur as the main primary mineral phases in these dykes. They all appear to have experienced low-grade hydrothermal alteration, to varying extents, as reflected by the presence of secondary minerals, including chlorite, epidote, prehnite and actinolite. Based on immobile trace element systematics, all diabases are of subalkaline basalt composition, and display negative Nb anomalies in the N-MORB normalized plots. They also display flat to slightly LREE-depleted patterns in chondrite-normalized diagrams. The relative Th (and La) enrichment coupled with N-MORB-like HFSE composition of the diabases suggest that they have derived from a depleted asthenospheric mantle source metasomatized by slab-derived fluids/melts. Overall trace element characteristics are consistent with their formation in an oceanic back-arc basin.

$^{40}\text{Ar}$ - $^{39}\text{Ar}$  radiometric dating on the hornblendes extracted from the two diabase dykes yielded ages of  $176.30 \pm 0.52$  Ma and  $178.82 \pm 0.80$  Ma (Toarcian, Early Jurassic), suggesting the existence of an intra-oceanic subduction zone within the IAE Ocean during the Early Jurassic. This result requires the presence of a Neotethyan oceanic crust of pre-Early Jurassic age, which in turn suggest that oceanization of the IAE Ocean should have occurred during the Late Triassic or earlier.

**Keywords:**  $^{40}\text{Ar}$ - $^{39}\text{Ar}$  geochronology, geochemistry, Izmir-Ankara-Erzincan Suture, geochemistry, Neotethys, ophiolitic mélangé, petrography.

**MAGMATİZMA VE MAGMATİK SÜREÇLER  
/ MAGMATISM AND MAGMATIC PROCESSES**

Cüneyt ŞEN - Ferkan SİPAHİ - Fuat ERKÜL - Sibel TATAR ERKÜL - Martin PALMER

---

**Poster/*Posters***

---

**ÖZ/*ABSTRACT***





## Geç Prekambriyen – Erken Kambriyen Yaşlı Safaalan Plütönu'nun (Saray – Tekirdağ) Petrolojik Evrimi, Batı Pontidler, KB Türkiye

*Petrological Evolution of the Late Precambrian – Early Cambrian Safaalan  
Pluton (Saray, Tekirdağ) Western Pontides, NW Turkey*

Uğur Can Bayhan<sup>1</sup>, Namık Aysal<sup>2</sup>, İsak Yılmaz<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Beyazıt,  
İstanbul*

<sup>2</sup>*İstanbul Üniversitesi–Cerrahpaşa, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Avcılar, İstanbul  
(ugurcanbayhan@ogr.iu.edu.tr)*

**Öz:** Batı Pontidlerde, İstanbul batısından Bulgaristan içlerine kadar Istranca Masifi metamorfik temeli içerisine yerleşmiş, farklı yaş konaklarında bir dizi granitoidik sokulumu bulunmaktadır. Bu kuşakta yer alan plütönlardan birisi de, Saray'ın kuzeydoğusunda yer alan Safaalan stoğudur. Safaalan stoğu; iri, eş taneli dokulu, belirgin foliasyonlu granit ve granodiyoritten oluşmaktadır. Ana mineral fazında kuvars, plajiyoklas, K-feldspat ve biyotitten oluşur. Düşük dereceli metamorfizma ve/veya alterasyon nedeniyle amfiboller, epidot ve klorite dönüşmüştür. İkincil mineral fazı ise klorit, epidot ve kil mineralleri ile temsil edilir. Aksesuar mineral fazını ise zirkon, sfen ve magnetit oluşturur. SiO<sub>2</sub> içeriği %65,19 - 70,70 arasında, ASI değerleri 0,85 - 1,12 arasında, I tipi metalümino – peralümino yüksek K'lu–kalkalkalen ve kalkalkalen karakter sunar. Tüm kayalık ana ve iz element verileri Harker diyagramlarında çoğunlukla fraksiyonel kristallenme ile uyumlu gidişler gösterir. N-MORB'a normalize örümcek diyagramlarında büyük iyon yarıçaplı elementler (LILE), hafif nadir toprak elementlerinde (LREE) zenginleşme ve yüksek alan kuvvetli elementlerde (HFSE) tüketilme gözlenmektedir. Kondrite göre normalize edilmiş nadir toprak element örümcek diyagramları ise evrimleşme süreçlerinde plajiyoklas ve amfibol ayrışmasının önemli olduğunu gösterebilmektedir. Tektonik ortam diyagramlarında tüm örnekler volkanik yay granitleri alanına düşmektedir. İlkel veriler ışığında söz konusu plütönu litolojik ve dokusal özellikleri ile bölgedeki Geç Prekambriyen – Erken Kambriyen magmatizması ile benzer olduğu ve aynı tektonik ortamın ürünleri olabileceği öngörülmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Batı Pontidler, Geç Prekambriyen - Erken Paleozoyik Magmatizması, KB Türkiye, petroloji, volkanik yay

**Abstract:** Several granodioritic intrusions with distinct ages were emplaced into the metamorphic basement rocks of the Istranca Massif, from west of İstanbul towards inner part of Bulgaria, along the Western Pontides. One of these granitoidic intrusions, Safaalan pluton consists of coarse grained, equigranular, hypidiomorphic and foliated in texture and granite and granodiorite in composition. Its mineral assemblage is composed of quartz, plagioclase, K-feldspar and biotite. Due to the low grade metamorphism and/or alteration, amphiboles are converted into epidote and chlorite minerals. Secondary mineral phase is represented by the chlorite, epidote and clay minerals. Zircon, sphene and magnetite occur as accessory phases.

SiO<sub>2</sub> values vary between 65.19 and 70.70 %, ASI values vary between 0.85 and 1.12, indicating that the pluton is I-type, metaluminous - peraluminous, high K-calc alkaline and calc alkaline granite. Whole rock major and trace element data mostly define linear trends on Harker diagrams and show coherent variation trend with the fractional crystallization. N-MORB normalized spidergrams display enrichment in the large ion lithophile elements (LILE), light rare earth elements (LREE) and depletion in high field strength elements (HFSE), suggesting that the origin of the Safaalan pluton is related to hydrous melting of a mantle wedge in a subduction zone and/or melting of mafic rocks in the lower crust. Chondrite-normalized rare earth element (REE) spidergrams indicate of the importance of plagioclase and amphibole fractionation. In tectonic setting discrimination diagrams, all metagranite samples fall into the volcanic arc granite field. In the light of the preliminary data, the lithological and textural features of the pluton are similar to the Late Precambrian - Early Cambrian magmatic rocks in the region and may be the products of the same tectonic setting.

**Keywords:** Late Cambrian – Early Paleozoic Magmatism, NW Turkey, petrology, volcanic arc, Western Turkey



## Üst Karbonifer - Alt Permiyen Yaşlı Kula Plütununun (Kofçaz – Kırklareli) Petrolojisi, Jeokimya ve Jeokronolojisi, KB Türkiye

*Petrology, Geochemistry and Geochronology of the Upper Carboniferous – Lower Permian Aged Kula Pluton (Kofçaz - Kırklareli), NW Turkey*

**Serdar Akgündüz<sup>1</sup>, Yıldırım Güngör<sup>1</sup>, Namık Aysal<sup>1</sup>, Sabah Yılmaz-Şahin<sup>1</sup>, Irena Peytcheva<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> İstanbul Üniversitesi - Cerrahpaşa, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 34320,

<sup>2</sup> Bulgar Bilimler Akademisi, Jeoloji Enstitüsü, BG-1113 Sofya, Bulgaristan  
(serdar.akgunduz@istanbul.edu.tr)

**Öz:** Bu çalışmada, Istranca masifindeki Kula plutonunun petrojenezi ve tektonik ortamını anlamak için yeni zirkon U-Pb yaşları ve tüm kayaç jeokimya verilerini sunuyoruz. Kula plutonu Türkiye ve Bulgaristan arasındaki sınırın her iki tarafında da yüzlek vermektedir. Temsilci zirkon U-Pb yaşları  $310,1 \pm 2,0$  My ve  $298,1 \pm 1,7$  My (Üst Karbonifer – Alt Permiyen) bulunmuştur. Pluton iri taneli, milonitik – blastomilonitik dokulu ve foliasyonlu granit, granodiyorit ve monzonit bileşimindedir. Genel olarak ana mineral bileşimini kuvars, plajiyoklas, ortoklas ve mika (muskovit ve biyotit) mineralleri oluşturmaktadır. İkincil mineral fazı klorit, epidot, kalsit ve kil mineralleri ile temsil edilir. Aksesur mineral fazı zirkon, sfen ve manyetit minerallerinden oluşur. Pluton ortaç – felsik bileşime sahip olup  $\text{SiO}_2$  içeriği 59,32 - 75,14 ağırlık % aralığındadır. Pluton yüksek K<sup>+</sup>lu kalk alkali - şönonitik granitoid alanında yer alır ve ASI değerleri 0,93 – 1,13 aralığında olup metalümine ve peralümine karakterlidir. I- ve S-tipi granit alanında yer alırlar. Büyük iyon yarıçaplı elementler (LILE) ve hafif nadir toprak elementlerinde (LREE) zenginleşme, yüksek alan kuvvetli elementlerde (HFSE) tüketimle zayıf negatif Eu anomalisi gösterirler. Nb/La değerleri 0,14 ile 0,43 arasında ve La/Yb değerleri 7,04 – 47,09 arasında değişmektedir ve ergiyiklerin litosferik manto veya mafik alt kabuk kaynaklarından türediğini ve felsik kabuktan türeyen ergiyikler ile değiştirildiğini göstermektedir. Tektonik ortam ayırt diyagramlarında tüm metagranit örnekleri volkanik yay ve sin-tektonik granit alanlarına düşer. Yeni verilerimiz Üst Karbonifer-Alt Permiyen magmatik kayaçlar için Bulgaristandaki eşyaşlı magmatik kayaçlara benzer olduğunu ve Paleo-Tetis'in kuzeyinde evrimleşmiş yitimle ilişkili tektonik ortamı işaret eder.

**Anahtar Kelimeler:** Kula plutonu, Istranca masifi, Paleo-Tetis, yitimle ilişkili, mafik kabuksal kaynaklar

**Abstract:** In this study, we present new zircon U–Pb dating and whole-rock geochemistry data of the Kula pluton in the Istranca massif in order to understand their petrogenesis and tectonic setting. Kula pluton crops out on both sides of the border between Turkey and Bulgaria. Zircon U–Pb dating of the pluton yielded concordant ages of  $310.1 \pm 2.0$  Ma and  $298.1 \pm 1.7$  Ma (Upper Carboniferous – Lower Permian), respectively. This pluton displays coarse grained,



foliated and mylonitic - blastomylonitic texture and is granite, granodiorite and monzonite in compositions. Generally, main mineral assemblage is composed of quartz, plagioclase, orthoclase and mica (muscovite and biotite). Secondary mineral phase is defined by chlorite, epidote, calcite and clay minerals. Accessory phase made up of zircon, sphene and magnetite. The pluton has intermediate - felsic compositions with SiO<sub>2</sub> contents of 59.32 - 75.14 wt.%. It is high-K calc-alkaline to shoshonitic with ASI values ranging between 0.93 and 1.13, defining its metaluminous and peraluminous character. Granitoid samples belong to I- and S-type granite. This pluton displays enriched in LILEs and LREE and depleted in HFSEs with slightly negative Eu anomalies. Nb/La values ranging between 0.14 and 0.43 and La/Yb values varying between 7.04 and 47.09 indicating that the melts were derived from lithospheric mantle or mafic lower crustal sources modified by felsic crust-derived melts. In tectonic setting discrimination diagrams, all metagranite samples fall into the volcanic arc and syn-tectonic granite fields. Our new data suggest that the Upper Carboniferous - Lower Permian magmatic rocks indicate a subduction-related tectonic setting, which evolved on the northern side of Palaeo-Tethys similar to the coeval rocks exposed in the Bulgaria.

**Keywords:** Kula pluton, Istranca massif, Palaeo-Tethys, subduction-related, mafic crustal sources



## Bursa Meteoritinin Mineralojisi, Petrografisi, Jeokimyası ve Sınıflaması

### *Mineralogy, Petrography, Geochemistry and Classification of the Bursa Meteorite*

Ersin Kaygısız<sup>1</sup>, Namık Aysal<sup>2</sup>, Feyza Güzelçimen<sup>3</sup>, Mehmet Emin Özel<sup>4</sup>

<sup>1</sup> İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Fizik Anabilim Dalı, Beyazıt, İstanbul,

<sup>2</sup> İstanbul Üniversitesi - Cerrahpaşa, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Avcılar, İstanbul

<sup>3</sup> İstanbul Üniversitesi, Fen Fakültesi, Fizik Bölümü, Beyazıt, İstanbul

<sup>4</sup> Fatih Sultan Mehmet Vakıf Üniversitesi, Kağıthane, İstanbul

(ersinkygsz@gmail.com)

**Öz:** Bursa meteoriti 1946 yılında Batı Türkiye’de Bursa şehri yakınlarına düşmüş ve bu çalışmada meteoritin mineralojisi, petrografisi, jeokimya ve mineral kimyası detaylı olarak tanımlanmıştır. Silikat ve opak minerallerin petrografisi, mineral bileşimi ve kimyası alttan ve üstten aydınlatmalı polarizan mikroskop, X-Işını Difraktometre (XRD), taramalı elektron mikroskobu (SEM) ve elektron prob mikro analiz (EPMA) yöntemleriyle çalışılmıştır. Opak mineralli camsı – mikro kristalli matrisi içerisinde, boyutları 1.5 mm’ye ulaşan olivin kondrül, enstatit kondrül ve kripto kristalen kondrülde oluşan meteorit parçalarının karakteristik özellikleri tanımlanmıştır. Ergimiş kabuk kahverengimsi siyah – gri renkli ve kalınlığı 0.5 mm kadardır. Meteoritin ana mineral bileşimini olivin ( $\text{Fs}_{70-77}\text{Fa}_{23-30}$ ), ortopiroksen ( $\text{Wo}_{4-13}\text{En}_{44-72}\text{Fs}_{20-35}$ ) ve plajioloklas ( $\text{Ab}_{76-89}\text{An}_{11-24}$ ) oluşturur. Opak mineral fazları troilit, taenit, kamasit ve kromit ile temsil edilir. Tüm kayaç jeokimyası indüklenecek eşleşmiş plazma spektroskopisi (ICP-AES ve ICP-MS) kullanılarak analiz edilmiştir. Meteoritin ana oksit bileşimi:  $\text{SiO}_2$  39,57,  $\text{TiO}_2$  0,11,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  2,23,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  29,94,  $\text{MgO}$  23,9,  $\text{CaO}$  1,92,  $\text{Na}_2\text{O}$  0,97 ve  $\text{K}_2\text{O}$  0,13 (ağ. %).  $\text{SiO}_2$ ’ye karşı  $\text{Fe}_2\text{O}_{3(\text{T})}$ + $\text{MgO}$  diyagramında, Bursa meteorit örneği sıradan kondrit alanına düşmektedir ve ayrıca  $\text{CaO}/\text{Al}_2\text{O}_3$  karşı  $\text{Fe}_2\text{O}_{3(\text{T})}$ + $\text{MgO}$  diyagramında Bursa meteorit örneği sıradan kondrit örnekleriyle uyumludur. Primitif mantoya normalize çoklu element örümcek diyagramında Cs, Rb, Th, U, Ta, K, Pb ve P elementlerinde zenginleşme; Ba, Nb, La, Ce, Pr ve Sr elementlerinde fakirleşme görülür. Kondrit normalize örümcek diyagramında La, Ce, Sm, Gd, Tb, Er ve Yb elementlerinde hafif zenginleşme; Pr, Nd, Eu, Dy, Ho, Tm ve Lu elementlerinde hafif fakirleşme görülür. Eldeki bulgular ışığında Bursa meteoriti L6 tipi sıradan kondrit olarak sınıflandırılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Bursa meteoriti, kondrül, L6 tip, mineral kimyası, sıradan kondrit

**Abstract:** The Bursa meteorite was observed to fall near the Bursa city in Western Turkey in 1946 and its mineralogy, petrography, geochemistry and mineral chemistry were described in this study. The petrography, mineral composition and mineral chemistry of silicate and opaque minerals were studied using polarizing light microscope and reflective light microscope, X-Ray diffractometer (XRD), scanning electron microscope (SEM) and electron probe micro analysis (EPMA) methods. The characteristic features of the meteorite fragments composed of

olivine chondrules, enstatite chondrules and cryptocrystalline chondrules with dimensions up to 1.5 mm in diameter in a glassy – micro granular matrix with opaque minerals were described. The fusion crust has a brownish black - gray color with a thickness up to 0.5 mm. The main mineral assemblages of the meteorite consists of olivine ( $\text{Fs}_{70-77}\text{Fa}_{23-30}$ ), orthopyroxene ( $\text{Wo}_{4-13}\text{En}_{44-72}\text{Fs}_{20-35}$ ) and plagioclase ( $\text{Ab}_{76-89}\text{An}_{11-24}$ ). Opaque mineral phases are represented by troilite, taenite, kamacite and chromite. Whole rock chemical composition of the meteorite was analysed by using inductively coupled plasma spectrometry (ICP-AES and ICP-MS). The major oxide contents of the meteorite:  $\text{SiO}_2$  39.57,  $\text{TiO}_2$  0.11,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  2.23,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  29.94, MgO 23.9, CaO 1.92,  $\text{Na}_2\text{O}$  0.97 and  $\text{K}_2\text{O}$  0.13 (wt.%). In  $\text{SiO}_2$  versus  $\text{Fe}_2\text{O}_{3(\text{T})} + \text{MgO}$  diagram Bursa meteorite sample fall in to the ordinary chondrite field, and also in  $\text{CaO}/\text{Al}_2\text{O}_3$  versus  $\text{Fe}_2\text{O}_{3(\text{T})} + \text{MgO}$  diagram, Bursa meteorite sample is in coherent trend with the ordinary chondrite samples. In primitive mantle normalized multi element spidergram Cs, Rb, Th, U, Ta, K, Pb and P elements show enrichment; Ba, Nb, La, Ce, Pr and Sr elements demonstrate depletion. In the chondrite normalized spidergram La, Ce, Sm, Gd, Tb, Er and Yb elements show slightly enrichment, and Pr, Nd, Eu, Dy, Ho, Tm and Lu elements show slightly depletion. In the light of the findings, the Bursa meteorite is classified as ordinary chondrite of the L6 type.

**Keywords:** Bursa meteorite, chondrule, L6 type, mineral chemistry, ordinary chondrite



## Istranca Masifi'ndeki Şeytandere Metagranitinin (Vize-Kırklareli) Mineral Kimyası

### *Mineral Chemistry of Şeytandere Metagranite (Vize-Kırklareli) in the Istranca Massif*

Özge Naycı<sup>1</sup>, Sabah Yılmaz-Şahin<sup>1</sup>, Namık Aysal<sup>1</sup>

*Istanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Jeoloji Müh. Bölümü, 34320 Avcılar, İstanbul, Türkiye  
(ozgenayci@gmail.com)*

**Öz:** Istranca Masifi'nin temel kayaların kesen Şeytandere Metagraniti (Vize-Kırklareli), batı Pontidlerde konumlanmaktadır. Bu metagranitoidler, kırıntılı metasedimanter temel kayaları keser durumda olup, Triyas yaşlı örtü metamorfileri ve Eosen yaşlı Soğucak Formasyonu birimleri tarafından da uyumsuz olarak örtülmektedirler. Şeytandere Metagraniti, grimsi pembe renkli, ince-orta ve yer yer iri taneli, foliyasyon düzlemleri içeren milonitik, şistik/gnaysik dokulu bir kayadır. Bu birim, kayaç türü olarak granit, granodiyorit ve kuvars monzonitten oluşmakta ve mafik ve felsik damar kayaları tarafından kesilmektedir. Ayrıca, metagranit içinde mafik magmatik anklavlar (MMA) metamorfizmaya rağmen hala tanınabilmektedir. Metamorfizma sonucu Şeytandere Metagraniti'nde açık ve koyu renkli bileşimsel farklılık sunan bantlaşmalar gelişmiştir. Birincil granitoid mineralojisi korunmuş olan Şeytandere Metagraniti, iri feldispat porfiroblastları içermesiyle porfirik dokulu olarak tanımlanmaktadır. Mineralojik bileşiminde, kuvars (25-30 wt.%), alkali feldispat (çoğunlukla mikroklin, daha az ortoklaz ve pertit, 30-40 wt.%), plajiyoklaz (15-20 wt.%) ve koyu renkli mineral olarak biyotit, amfibol (hornblend ve tremolit/aktinolit), klorit, kalsit ve epidot mineralleri bulunmaktadır. Titanit, zirkon, apatit ve opak mineraller metagranitlerdeki tali mineralleri oluşturmaktadır.

Şeytandere Metagraniti, jeokimyasal özellikleri bakımından, I-tipi, yüksek K'lu kalk-alkali, çoğunlukla peralümino, daha az oranda metalümino karaktere sahip kayalardan oluşmaktadır. Tektonik ortam ayırtman diyagramlarında ise, volkanik yay ve çarpışma sonrası granitleri alanında yer almaktadır. Şeytandere Metagranitindeki biyotit ve amfibollerin mineral kimyası sonuçlarına göre, biyotitlerin Fe'li biyotit, hornblendlerin ise kalsik-hornblendlerden oluştuğu gözlenmektedir. Bu granitoid örneklerinden mineral kimyası ile magmanın kristalleşmesi sırasında etkin olan basınç (P), sıcaklık (T), oksijen fugasitesi ( $\log f_{O_2}$ ) ve su içeriğinin ( $H_2O_{melt}$ ) durumu saptanmıştır. Buna göre, biyotit sıcaklıkları 834 - 850 (ortalama =  $845 \pm 4$  °C) aralığında iken, hornblend sıcaklıkları 876 ila 910 °C aralığındadır (ortalama =  $893 \pm 22$  °C). Kristalizasyon derinliklerinin 6.5 ila 7.9 km aralığında olduğu tahmin edilmektedir. Şeytandere metagranitindeki, kalsik amfibollerin ( $\log f_{O_2}$ ) oksijen fugasitesi -10,7 ve -11,3 bar arasında (ortalama =  $011,05 \pm 0,4$  bar) dengelendiği kabul edilebilir.  $\Delta NNO$  değerleri 0,72 ile 1,11 arasındadır (ortalama =  $0,96 \pm 0,12$ ) ve  $H_2O_{melt}$  içeriği % 4,63 ile % 5,43 arasındadır (ortalama =  $5,04 \pm 0,4$ ). Oksijen fugasite değerleri, kalk-alkalin magma kristalleşmesinin tipik değerleri arasında olup, güvenilir değerler olarak değerlendirilebilir. Bu değerler kristalleşme sırasında nispeten daha yüksek bir oksidasyon durumunu gösterir ve yay magmatizması ile ilgilidir. Hesaplanan tüm değerler, Şeytandere Metagranitinin kabuk derinliğinde sıg yerleşimli olduğunu göstermektedir.

Şeytandere metagraniti, Karbonifer döneminde bölgede etkin olan Variskan Orojenezi'nin ürünlerinden olup, Istranca Masifi'nin batısında gözlenen Karbonifer-Permiyen metagranitoidlerine (Kula Metagranitoyidi;  $310,1 \pm 2,0$  My ve Tepecik Kataklastik Metagranitoyidi; 249-254 My) benzer yaş aralığında olduğu düşünülmektedir. Tüm bu metagranitoidler, Paleo-Tetis Okyanusu'nun evrimi ile ilgili olup, farklı fazları temsil eden magmatizmanın ürünleri olarak değerlendirilmektedir.

Bu çalışma İstanbul Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından desteklenmiştir (Proje Numarası: FYL-2016-21320).

**Anahtar Kelimeler:** Istranca Masifi, Karbonifer-Permiyen, metagranitoid, Variskan Orojenezi, Paleo-Tetis, sığ yerleşim.

**Abstract:** Şeytandere Metagranite (Vize-Kırklareli), which intrudes into the basic rocks of the Istranca Massif, is located in the western Pontides. These metagranitoids cut the clastic metasedimentary basement rocks and are overlain unconformably by the Triassic aged cover metamorphics and Eocene Soğucak Formation units. Şeytandere Metagranite is a grayish pink colored, thin-medium and coarse grained, mylonitic, schistic / gneissic textured foliation planes. This unit is composed of granite, granodiorite and quartz monzonite as a rock type and is cut by mafic and felsic vein rocks. In addition, mafic magmatic enclaves (MME) in metagranite are still recognizable despite metamorphism. As a result of metamorphism, different composition banding has been developed in Şeytandere Metagranite which has a light and dark composition. The Şeytandere Metagranite, whose primary granitoid mineralogy is preserved, is defined as porphyritic textures with large feldspar porphyroblasts. In mineralogical composition, quartz (25-30%), alkali feldspar (mostly microcline, less orthoclase and perthite, 30-40%), plagioclase (15-20%) and dark colored mineral as biotite, amphibole (hornblende and tremolite / actinolite), chlorite, calcite and epidote minerals. Titanite, zircon, apatite and opaque minerals form accessory minerals in metagranites.

Şeytandere Metagranite consists of I-type, high-K calc-alkaline, mostly peraluminous rocks with less metaluminous character. In the tectonic diagrams, volcanic arc and post-collisional granites are found. The mineral chemistry of biotites and amphiboles is used to constrain the pressure (P), temperature (T), oxygen fugacity ( $\log fO_2$ ) and water contents ( $H_2O_{melt}$ ) during the crystallization of the magma in the Şeytandere metagranite. The biotite temperatures are in the range of 834 – 850 (mean =  $845 \pm 4^\circ C$ ). The amphibole temperatures for the studied plutonic rocks are in the range of 876 to 910 °C (mean =  $893 \pm 22^\circ C$ ), and the crystallization depths are estimated to be in the interval of 6.5 to 7.9 km. The Şeytandere Metagranite can be considered to have been equilibrated at the oxygen fugacities of calcic amphiboles ( $\log fO_2$ ) between -10.7 and -11.3 bars (mean =  $-11.05 \pm 0.4$  bar),  $\Delta NNO$  values are between 0.72 and 1.11 (mean =  $0.96 \pm 0.12$ ), and  $H_2O_{melt}$  contents between 4.63 % and 5.43 % (mean =  $5.04 \pm 0.4$  %). Oxygen fugacity values, suggest their reliability with the typical values of calc-alkaline magma crystallization. These values suggest a relatively higher oxidation state during crystallization and are related to arc-magmatism. All of the calculated values indicate that all of the plutons were emplaced at shallow crustal levels.

Şeytandere Metagranite is one of the products of Variscan Orogenesis which is active in the region during Carboniferous period and it is thought to be similar to Carboniferous-Permian metagranitoid (Kula Metagranitoid;  $310.1 \pm 2.0$  My and Tepecik Cataclastic Metagranitoid; 249-254 My) observed to the west of the Istranca Massif. All these metagranitoids are considered to be the products of magmatism, which represent different phases related to the evolution of the Paleo-Tethys Ocean.

This study was supported by the Istanbul University Scientific Projects Unit (Project Number: FYL-2016-21320).

**Keywords:** Istranca Massif, Carboniferous-Permian, metagranitoid, Variscan orogeny, Paleo-Tethys, shallow level.



**METALİK MADEN YATAKLARI/METALLIC MINERAL DEPOSITS**  
İlkay KUŞÇU - Tolga OYMAN - Ahmet ŞAŞMAZ - Robert MORITZ - Emin ÇİFTÇİ

---

**Sözlü Sunumlar/Oral Presentations**

---

**ÖZ/ABSTRACT**







## Küçük Kafkasya Metalojenik Kuşağı: Doğu Pontidler ve Doğu Anadolu Kuşaklarının Doğu Sınırı

*The Lesser Caucasus Metallogenic Belt: The Eastern Frontier of The Eastern Pontides and East Anatolian Belts*

**Robert Moritz**

*Cenevre Üniversitesi, Yer Bilimleri Bölümü, İsviçre  
(robert.moritz@unige.ch)*

**Öz:** Küçük Kafkaslar, Karadeniz'den Hazar Denizi'ne kadar uzanan Tetis kuşağının bir bölümüdür ve Gürcistan, Ermenistan ve Azerbaycan topraklarında yer almaktadır. Kompleks jeodinamik ve metalojenik evrimi, Türkiye ve İran'daki komşu tektonik bölgelerle bağlantılıdır. Küçük Kafkasların ve Doğu Pontidlerin Kretase ve Senozoyik magmatik ve metalojenik evrimleri birbirleriyle yakından ilişkilidir. Küçük Kafkasya'nın en güneyinin Senozoyik magmatik ve metalojenik evrimi, güneydeki Senozoyik İran kuşaklarına da bağlanabilir. Buna karşılık, farklı tektonik, magmatik ve sedimanter kayıtlar, Mesozoik sırasında İran kuşaklarının ve Küçük Kafkasya'nın birbiriyle ilişkili olmayan jeodinamik ve metalojenik evrimlerini desteklemektedir. Küçük Kafkasya'nın maden yatak ve bölgeleri temelde iki farklı jeodinamik evrim aşaması ile açıklanmaktadır: başlangıçta Avrasya sınırı boyunca Mezozoik yay oluşumu ve evrimi (Doğu Pontidlere çok benzer), ardından Senozoyik magmatizması ve geç Kretase sonrası Gondwana'dan türetilen mikro-plakaların Avrasya sınırı ile birleşmesi sonucu tektonik evrimi.

Gelişmeye başlayan Jura yay oluşumu, Küçük Kafkasya'nın Avrasya sınırı boyunca Somkhetto-Karabağ kuşağının ve Kapan tektonik zonunun oluşmasına neden olmuştur. Mevcut veriler, metalojenik evrimde, porfiri-epitermal sistemlerin yanı sıra, VMS tipi cevherleşmelerin de hakim olduğunu göstermektedir. Yayın daha kalın bir kabuk ile olgun bir aşamaya ulaşması ve doğurgan magmaların MASH (Karışma- Asimilasyon- Depolanma-Melezlenme) süreçleri ile oluşması sonucunda Geç Jura ve Erken Kretase'de Somkhetto-Karabağ kuşağı boyunca tipik porfiri bakır ve yüksek sülfidasyon epitermal birliktelikleri oluşmuştur. Son olarak, Geç Kretase boyunca, Küçük Kafkasya'nın Gürcistan topraklarında bulunan ve Doğu Pontidlerin hemen uzantısı olan Bolnisi bölgesinde, düşük ve ortaç sülfidasyon tipi epitermal cevherleşmeler ve porfir sistemler oluşmuştur.

Geç Kretase'de Gondwana'dan türemiş mikro-plakaların (örn. Doğu Anadolu platformu, Güney Ermeni bloğu) Avrasya ile çarpışması ve Neotetis'in kuzey kolunun kapanması, dalma-batma zonlarının yeniden düzenlenmesine yol açmıştır. Senozoyik magmatizması çarpışma ve yığılma bölgelerini birleştirmiştir. Eosen porfiri Cu-Mo yatakları ve ilişkili değerli metal içeren epitermal sistemler, Küçük Kafkasya'nın en güneydeki yitim magmatizması sırasında oluşmuştur. Ardından, Avrasya ile Arabistan'ın geç Eosen-Oligosen yığılması ve Neotetis'in güney kolunun tamamen kapanması, geç Eosen-Neojen çarpışma ve çarpışma sonrası porfiri Cu-Mo ve epitermal Au yataklarının başlıca sağ-yanal doğrultu atımlı fay sistemleri boyunca yerleşmesi ile sonuçlanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** bakır, jeodinamik evrim, altın, Küçük Kafkasya, maden yatakları, Tethys kuşağı

**Abstract:** The Lesser Caucasus is a segment of the Tethys belt, which extends from the Black Sea to the Caspian Sea, and sits astride on the territories of Georgia, Armenia and Azerbaijan. Its complex geodynamic and metallogenic evolution is linked to the adjacent tectonic zones in Turkey and Iran. The Cretaceous and Cenozoic magmatic and metallogenic evolution of the Lesser Caucasus and the Eastern Pontides are intimately related to each other. The Cenozoic magmatic and metallogenic evolution of the southernmost Lesser Caucasus can also be linked to the Cenozoic Iranian belts in the south. By contrast, different tectonic, magmatic and sedimentary records support unrelated geodynamic and metallogenic evolutions of the Iranian belts and the Lesser Caucasus during the Mesozoic. The ore deposits and districts of the Lesser Caucasus can be essentially assigned to two different geodynamic evolution stages: an initial Mesozoic arc construction and evolution along the Eurasian margin (very similar to the Eastern Pontides), followed by Cenozoic magmatism and tectonic evolution after Late Cretaceous accretion of Gondwana-derived microplates with the Eurasian margin.

Nascent Jurassic arc construction resulted in the formation of the Somkheto-Karabagh belt and the Kapan tectonic zone along the Eurasian margin of the Lesser Caucasus. The available data suggest that the metallogenic evolution was dominated by porphyry-epithermal systems, but also subsidiary VMS style mineralization. Typical porphyry Cu and high-sulfidation epithermal associations were formed along the Somkheto-Karabagh belt during the Late Jurassic and the Early Cretaceous, once the arc reached a mature stage with a thicker crust and when fertile magmas were generated by MASH processes. Finally, during the Late Cretaceous, low-to intermediate-sulfidation type epithermal deposits and porphyry systems were formed in the Bolnisi district, which is the immediate extension of the Eastern Pontides in the Lesser Caucasus on Georgian territory.

Late Cretaceous collision of Gondwana-derived terranes (e.g. Eastern Anatolian platform, South Armenian block) with Eurasia, and closure of the northern branch of the Neotethys resulted in a rearrangement of subduction zones. Cenozoic magmatism stitched the collision and accretion zones. Eocene porphyry Cu-Mo deposits and associated precious metal epithermal systems were formed during subduction-related magmatism in the southernmost Lesser Caucasus. Subsequently, late Eocene-Oligocene accretion of Arabia with Eurasia and final closure of the southern branch of the Neotethys resulted in the emplacement of late Eocene to Neogene collision to post-collision porphyry Cu-Mo and epithermal Au deposits along major dextral strike-slip systems.

**Keywords:** Copper, geodynamic evolution, gold, Lesser Caucasus, ore deposits, Tethys belt



## Soğucak (Yenice, Çanakkale) Fe ( $\pm$ Cu) Skarnının Mineralojik ve Jeokimyasal Özellikleri, Biga Yarımadası, KB Türkiye

*Mineralogical and Geochemical characterization of Soğucak (Yenice, Çanakkale) Fe ( $\pm$ Cu) Skarn, Biga Peninsula, NW Turkey*

**Mustafa Çiçek<sup>1</sup>, Tolga Oyman<sup>1</sup>**

*<sup>1</sup>Dokuz Eylül Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Buca, 35160 İzmir, Türkiye  
(mustafa.cicek@deu.edu.tr)*

**Öz:** Tetis Metalojenik Kuşağı'nda yer alan Biga Yarımadası'nın doğusu, Senozoyik magmatizmanın tüm ürünlerinin geniş alanlarda gözlemlendiği ve bu magmatik kayalarla ilişkili çok sayıda cevherleşmenin gözlemlendiği bir bölgedir. Yenice (Çanakkale) ilçesi kuzeyinde yüzlek veren ve kalk-alkali kuvars-monzonitten granite değişen bileşimde olan Soğucak porfiri sokulumunun batı kantağında yer alan Hodul Birimi'ne ait kırıntılı kayalarda Fe ( $\pm$ Cu) cevherleşmesi içeren skarn zonları yer almaktadır.

Soğucak Fe ( $\pm$ Cu) skarnına ait endoskarn zonu, kantağa yakın sokulum içinde genişliği yaklaşık 2 metreye varan sınırlı bir alanda gözlenmekte olup, piroksen, epidot, klorit ve az oranda saçınım kalkopirit ve pirit oluşumları içermektedir. Hodul birimi içinde, sokulum kantağından itibaren yaklaşık 50 metreye varan başlıca demir ve daha az oranda bakır minerallerinden oluşan egzoskarn zonu, difüzyon ve infiltrasyon süreçlerine bağlı seçimli metasomatizm ile gelişmiştir. Hodul birimine ait kırıntılı kayaçlar içinde yer alan karbonat içeriği yüksek merccek ve ara katmanlar sokulum kayasından itibaren cevher içerikli skarn gövdelerine dönüşmüştür. Prograd evrede, proksimal zonda yer alan karbonatlı düzeylerde yaygın olarak granat daha az oranda piroksenden oluşan kalk-silikat parajenezi gözlenmektedir. Bu zon kalsik skarn tipi Fe ( $\pm$ Cu) cevherleşmesinin geliştiği ana cevherli granat-piroksen skarn zonuna karşılık gelmektedir. Bu proksimal zonda bulunan skarn cevherleşmesi başlıca manyetit, pirit, kalkopirit, ilmenit ve daha az oranda pirotin, hematit, götit, maghemit ve lepidokrozit minerallerinden oluşmaktadır. Distal zonda kırıntılı kayaların epidot, tremolit-aktinolit içerikli kalk-silikat hornfelse dönüştüğü ve saçınımlar halinde pirit ve manyetit içerdiği saptanmıştır.

Granat ve piroksenlerin mineral kimyası sistemin jeokimyasal evrimini yansıtabilecek şekilde zamansal ve mekansal olarak farklılıklar göstermektedir. Yaygın olarak sektör ve konsantrik zonlanmalara sahip olan granatlar geniş bir bileşimsel aralıkta dağılım sunmaktadır (Grs<sub>27</sub>,<sub>66</sub>Adr<sub>25-71</sub>Prs<sub>2-10</sub>). Manyetitçe zengin proksimal zona ait granat oluşumunun erken evresi gros-sular uç bileşenince zengin, göreceli indirgen koşullarda oluşan bir çekirdekten başlamakta ve kenar zonlarına doğru Fe<sup>+++</sup> içeriği açısından zengin daha okside koşulları yansıtan andradit uç bileşenince zenginleşmektedir. Düşük Fe<sup>2+</sup>/Fe<sup>3+</sup> oranına sahip diyopsit bileşimince zengin klinopiroksenler (Di<sub>60-71</sub>Hd<sub>28-37</sub>Jo<sub>2-3</sub>) bu skarn zonunda granatlara eşlik etmektedir.

Kalsik skarnın retrograd alterasyon evresi ise baskın olarak tremolit-aktinolit, epidot, plajiyoklas, klorit ve turmalinden oluşan bir parajeneze sahiptir. Manyetitçe zengin cevherli proksimal zonda bulunan amfibollerin demir içeriği artmakta ve ferro-aktinolit bileşimine doğru değişmektedir. Benzer olarak, sokulumla yaklaştıkça kalk-silikat hornfels ve granat-piroksen skarn

zonuna ait epidotların demir ve titanyum içeriğinde de artış gözlenmektedir.

Soğucak Fe ( $\pm$ Cu) skarn cevherleşmesinin altın içeriği düşük olsa da, yer yer Ag, Mo, Bi, Se, Te ve Co içeriklerinde önemli artışlar sunmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Biga Yarımadası, Fe ( $\pm$ Cu) Skarn, mineral kimyası, kalk-silikat, Yenice

**Abstract:** The eastern part of the Biga Peninsula, as a part of the Tethyan Metallogenic Belt where all the products of the Cenozoic magmatism are observed in association with numerous mineralization. Western part of the Soğucak porphyry intrusion, which is composed of calc-alkaline quartz-monzonite and granite located to the north of Yenice (Çanakkale), contains skarn zones with high iron content developed in the clastic rocks (Hodul Unit).

The endoskarn zone of the Soğucak Fe (Cu) skarn contains pyroxene, epidote, chlorite and lesser amounts of disseminated chalcopyrite and pyrite in a zone up to  $\sim$ 2 m in thickness. An exoskarn zone of up to  $\sim$ 50m thickness, containing predominantly iron and lesser amounts of copper was developed by a selective metasomatism as a function of diffusion and infiltration processes in the Hodul unit. Lenses and intercalations with high carbonate content in the clastic rocks of the Hodul Unit were altered into the ore-bearing skarn bodies from the intrusive rock. In the prograde stage, calcium-silicate paragenesis with garnet and lesser pyroxene are observed in the carbonate levels of the proximal zone. This zone corresponds to the calcic skarn-type Fe (Cu) mineralization by which the main ore-bearing garnet-pyroxene skarn zone had developed. Skarn mineralization in this proximal zone is composed of magnetite, pyrite, ilmenite and minor pyrrhotite hematite, goethite, maghemite and lepidochrosite. In the distal zone, it has been determined that the clastic rocks altered to tremolite-actinolite bearing calc-silicate hornfels, and contain disseminated pyrite and magnetite.

Mineral chemistry of the garnet and pyroxene indicates some spatial and temporal variations as an indicative of the geochemical evolution of the system. The garnets with common sectoral and concentric zonations show wide compositional ranges ( $\text{Grs}_{27-66}\text{Adr}_{25-71}\text{Prs}_{2-10}$ ). The early stage of garnet formation of the magnetite-rich proximal zone was enriched in grossular end-member. Garnets began with cores formed in relatively reducing conditions and change towards rims rich in andradite end-member formed in more oxidizing conditions with high contents of  $\text{Fe}^{+++}$ . The garnets are accompanied by diopsidic clinopyroxenes with low  $\text{Fe}^{+2}/\text{Fe}^{+3}$  ratios ( $\text{Di}_{60-71}\text{Hd}_{28-37}\text{Jo}_{2-3}$ ).

Retrograde stage of the calcic skarn is characterized by a paragenesis of tremolite-actinolite, epidote, plagioclase, chlorite and tourmaline. Iron contents of the amphiboles from the magnetite-rich zones increase and change into ferro-actinolite composition. Similarly, there is an increase in Fe and Ti contents of the epidotes from the calc-silicate hornfels and garnet-pyroxene skarn zone towards the intrusion contact.

Although gold contents of the Soğucak Fe (Cu) skarn mineralization is low, there is a significant enrichment in Ag, Mo, Bi, Se, Te and Co contents.

**Keywords:** Biga Peninsula, Fe ( $\pm$ Cu) skarn, mineral chemistry, calc-silicate, Yenice



## Karadoru/Yenice (Çanakkale) Pb-Zn-Cu (Au-Ag) Yatağı'nın Jeolojisi, Jeokimyası ve İzotop Karakteristikleri

### *Geology, Geochemistry and Isotope Characteristics of Karadoru/Yenice (Çanakkale) Pb-Zn-Cu (Au-Ag) Deposit*

Sercan Bozan<sup>1</sup>, İbrahim Uçar<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Esan Eczacıbaşı Balya Kurşun-Çinko İşletmesi TR-10100 Balya/Balıkesir

<sup>2</sup>Esan Eczacıbaşı Arama Direktörlüğü TR-10100 İstanbul

(sercan.bozan@esan.com.tr)

**Öz:** Çalışma alanı, Çanakkale - Yenice ilçesinin 16 km kuzeyinde yer alan Karadoru mahallesi çevresinde bulunmaktadır. Bölgedeki temel birimler Triyas yaşlı Çamlıca metamorfikleri ile Karakaya formasyonuna ait kumtaşı ve siltaşları ile temsil olur. Temel kayalar Oligosen yaşlı Karadoru granitoyidi tarafından kesilmektedir. Karadoru granitoyidi ve Çamlıca metamorfikleri arasında kontak metamorfizma ve skarn zonları gelişmiştir. Karadoru granitoidine ait kayalarını da yine Oligosen yaşlı Çan volkanikleri uyumsuz olarak örter.

Çalışma alanındaki Pb-Zn-Cu cevherleşmeleri Triyas yaşlı Çamlıca metamorfikleri içerisinde yer alır. Cevherleşme Karadoru ile Sarıçayır mahalleri arasında KB yönündeki yapısal hatlar boyunca gözlenir. Cevherleşme damar şeklinde olup K30B doğrultusu boyunca en az 3 farklı cevher damarı gelişmiştir. 100 m uzunluğundaki SR1 damarı Sarıçayır mahallesinde bulunmakta ve skarn mineralizasyonu ile beraber Pb-Zn gözlenmektedir. Bu damarlardan en büyüğü olan KR1 damarı, yaklaşık 200 m uzunluğunda Karadoru Pb-Zn-Cu cevherleşmesidir. KR2 damarı, breşik ve tarak dokulu kuvars damarları ile beraber Au cevherleşmesidir. Cevherleşme Çamlıca metamorfiklerini keserek gelişmiştir. Mineral parajenezini galen, sfalerit, pirit ve kalkopirit cevher mineralleri ile limonit, hematit, kuvars, kalsit ve klorit mineralleri oluşturmaktadır.

Bölgede yaklaşık 10 km<sup>2</sup>'lik alandan sistematik olarak alınan toprak numunelerinin jeokimyasal analizlerinden elde edilen Zn, Pb, Ag, Cu, Au, Te, Sb, Hg ve As elementlerinin birbirleriyle olan korelasyonları incelenmiştir. Pb ile Ag ve Te elementleri, Zn ile S, Cd ile Au, B ile Bi ve Sn elementleri, Ag ile Pb, Te ve W elementleri, Cu ile K, Rb, In, Bi elementleri, As ile Fe arasında anlamlı derecede pozitif bir korelasyon bulunmuştur. Bu korelasyonun yatak cevherleşmelerine özgü, bir çok kesitte zamansal ve mekansal birlikteliğe sahip arsenopirit-pirit ve hatta kalkopirit cevher mineral parajenezinden kaynaklanabileceği düşünülmüştür.

Bu cevherleşmelerden alınan  $\delta$  34S değerleri galen örneklerinde ‰ -3,0 ile -1,2 aralığında, sfaleritlerde ‰ 0,1 ile -0,5 aralığında ve piritlerde ‰ 1,8 ile 0,2 arasında değişen değerlerdedir. Değerlerin dağılımının sifıra yakın olmalarına dayanarak kükürdün kökeninin magmatik hidrotermal olduğu söylenebilir. Galen cevherine ait Pb izotop oranları 206Pb/204Pb için 18,781-18,816; 207Pb/204Pb için 38,959-38,968; 207Pb/204Pb için 15,580-15,598 arasında değişmektedir. Bu değerler alt kabuk - manto kaynaklı gözükmekte ve üst kabuktan da az bir miktar katkıyı işaret etmektedir. Pb-Zn-Cu cevherleşmelerinin damar şeklinde epijenetik ya-

taklanması, iz element içeriklerinin yüksekliği ve  $\delta$  34S izotop oranlarının sıfıra yakın olması cevherleşmenin hidrotermal kökenli olduğunu destekler niteliktedir.

Tüm veriler bir arada değerlendirildiğinde, bölgedeki bu oluşumları meydana getiren akışkanın olasılıkla magmatik kökenli olduğu ve cevher-alterasyon-yankayaç ilişkileri, alterasyon zonlarına ait mineral toplulukları, alterasyon zonlarının zamansal-mekânsal dağılımı ve izotop verileri, Karadoru Pb-Zn-Cu mineralizasyonunun skarn tipi bir cevherleşmeden ziyade ortaç sülfidasyonlu bir epitermal sistem olduğunu işaret etmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Batı Anadolu, epitermal, Karadoru Pb-Zn-Cu yatağı, Karakaya formasyonu, magmatik-hidrotermal, S34/32 izotop oranları, skarn.

**Abstract:** The study area is located around the Karadoru quarter, 16 km north of Yenice District in Çanakkale. The fundamental geological units in the area are represented by Triassic aged Çamlıca metamorphics and sandstone-siltstone facies of Karakaya formation. These units are cut by Oligocene aged Karadoru granitoid so that a contact metamorphism and skarn zones develop between Karadoru granitoid and Çamlıca metamorphics. Also, Oligocene aged Çan volcanics unconformably overlies Karadoru granitoid rocks.

Pb-Zn-Cu mineralization in the study area is involved in Triassic aged Çamlıca metamorphics and also it is observed through the NW trending structural features between Karadoru and Sarıçayır quarters. The mineralization is in the form of veins and at least 3 different veins are developed through N30W trend. SR1 vein, 100 m long, is located in Sarıçayır quarter and contains skarn and Pb-Zn mineralization together. Karadoru Pb-Zn mineralization is represented by KR1 vein, the biggest one, and it is approximately 200 m long. KR2 vein shows Au mineralization together with quartz veins having breccia and comb textures. The mineralization is also developed by cutting Çamlıca metamorphics. The mineral paragenesis is composed of galena, sphalerite, pyrite and chalcopyrite ore minerals and limonite, hematite, quartz, calcite and chlorite.

The correlations of Zn, Pb, Ag, Cu, Au, Te, Sb, Hg and As elements obtained from the geochemical analyzes of soil samples systematically taken from the 10 km<sup>2</sup> area were investigated. Significant positive correlations was found between Pb and Ag-Te elements, Zn and S elements, Cd and Au elements, B and Bi-Sn elements, Ag and Pb elements, Te and W elements, Cu and K-Rb-In-Bi elements, As and Fe elements. It is thought that this correlation may be caused by mineral paragenesis of arsenopyrite-pyrite and even chalcopyrite ore minerals having temporal and spatial association in many sections specific to the deposits mineralization.

The  $\delta$  34S values obtained from the mineralization are in the range of ‰ -3.0 to -1.2 for galena samples, ‰ 0.1 to -0.5 for sphalerite samples and ‰ 1.8 to 0.2 for pyrite samples. Based on the fact that the distribution of values is close to zero, the origin of sulfur can be said to be magmatic hydrothermal. Lead isotope ratios of galena ore are ranging between 18,781 and 18,816 for 206Pb/204Pb; for 207Pb/204Pb 38.959-38.968; 15.580 and 15.598 for 207Pb/204Pb. These data indicate that the lead could be derived from the sources in lower crust-mantle and also it was emplaced by igneous activities with a minimal contribution from upper crust. The epi-

genetic deposition of Pb-Zn-Cu mineralization in the form of veins, the high content of trace elements and the fact that  $\delta^{34}\text{S}$  isotope ratios are close to zero support that the mineralization is of hydrothermal origin.

When all the data are evaluated together, that the fluids forming mineralization are probably magmatic in origin and the ore-alteration-wallrock relationships, mineral assemblages of alteration zones, temporal-spatial distribution of alteration zones and isotope data indicate that Karadoru Pb-Zn-Cu mineralization refers to an intermediate sulfidation epithermal system rather than a skarn mineralization.

**Keywords:** Western Anatolia, epithermal, Karadoru Pb-Zn-Cu deposit, Karakaya formation, magmatic-hydrothermal, S<sub>34</sub>/S<sub>32</sub> isotope ratios, skarn





## Menderes Masifi'ndeki Küre/Ödemiş Orogenik Arsenopirit-Altın Cevherleşmesinin Re-Os-He İzotoplarıyla Saptanan Yaşı ve Kökeni

*Age and Source of Küre/Ödemiş Orogenic Arsenopyrite-Gold Mineralization Determined By Re-Os-He Isotopes in Menderes Massif*

**Fatma Nuran Sönmez<sup>1</sup>, Hüseyin Yılmaz<sup>1</sup>, Mustafa Çiçek<sup>1</sup>, Samuel Niederman<sup>2</sup>, Ersin Koralay<sup>1</sup>, Jason Kirk<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Dokuz Eylül Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Tınaztepe, Buca-35160, Türkiye

<sup>2</sup>Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ, Telegrafenberg, Haus B, D-14473 Potsdam, Germany

<sup>3</sup>University of Arizona, Geosciences Department, 1040 E. 4th St., Room 208 Tucson, USA

(nuran.sonmez@deu.edu.tr)

**Öz:** Menderes Masifi (MM)Türkiye'de kuvars-arsenopirit damar tipi orojenik altın yatak ve zuhurları barındıran asıl bölgelerden biri kabul edilir. MM içindeki altın cevherleşmeleri: (i) faylar tarafından denetlenen damar-tipi ve (ii) şistozite tarafından denetlenen katman-tipi olmak üzere gruplandırılabilir. Bu yatak ve zuhurlar içindeki arsenopirit altın içeren asıl minerallerden biridir. Damar-tipi Küre (Ödemiş) altın yatağında bulunan iki tip arsenopiritin (5 adet) Rhenium-Osmium yaşlandırması ~557-574 Ma ve 316 Ma olarak iki grup model yaş (maksimum yaşlar) vermiştir. Re-Osmium çözündürmesi ve hazırlanması Arizona Üniversitesi'nin yerbilimleri bölümünde Kirk ve diğ.(2014) tarafında rapor edilen yöntemlerle gerçekleştirilmiştir. Veriler kuvars-arsenopirit yatağının Neoproterozoyik ve Erken Triyas yaşlarını önermiştir; bunlar önceki ve sonraki sırasıyla Kodomiyan sıkışma orojenesine ve Variskan riftleşmesine karşılık gelir.

Arsenopirit ve kuvarısı sıvı kapanımları içindeki soy gaz izotop tayinleri Deutsches Geo Forschungs Zentrum, Potsdam (Germany) laboratuvarlarında Niedermann ve diğ. (1997) tarafından rapor edilen yöntemlerle gerçekleştirilmiştir. Kuvars(2adet) içindeki <sup>3</sup>He/<sup>4</sup>He oranları atmosferikine benzerdir ve arsenopirit (4 adet) içindeki bu oran ~0,08-0,09 Ra (Ra= 1,4x 10<sup>-6</sup>, havanın <sup>3</sup>He/<sup>4</sup>He oranı) olup orta ve üst kabuk değerlerinin biraz üzerindedir. Küre altın yatağına az miktarda helyum katkısı olasıdır, çünkü arsenopirit içindeki <sup>4</sup>He yığılımları argon ve tipik atmosferik değerlere kıyasla 170 den 9520 kata kadar zenginleşmiştir. Bu da atmosferik He un cevherli çözeltilere katkısının az olduğunu gösterir. Arsenopirit içindeki Re yığılımları 0,279 ppb ve 1,041 ppb arasında değişirken Os değerleri 10 ppt den 77 ppt ye kadar değişir. Arsenopirit <sup>187</sup>Re/<sup>188</sup>Os ve <sup>187</sup>Os/<sup>188</sup>Os oranları, sırasıyla, 72 den 434 e ve 0,4 den 2,4 e kadar dar aralıklı değişimler gösterir. Manto akışkanlarından türemiş arsenopirit (<sup>187</sup>Os/<sup>188</sup>Os: 0.12-0.1) ve akışkanlardan türemiş sülfidler genellikle >50 ppt Os değerlerine sahiptir. Bazı arsenopiritlerin nispeten radyojenik olmayan başlangıç Os izotopik bileşenini vermesi ve Ra nın tipik kabuk değerlerinin biraz üzerinde olması manto akışkanlarından olası katkıyı belirtir.

Küre'de ikinci evre kuvars içindeki sıvı kapanımlar gaz-sıvı-hidrat kristallerince zengindir ve sıvı-buhar homojenleşme sıcaklığı 258 den 349 °C ye kadar değişirken asıl gruplaşma 258

ve 301 °C arasında olur. Tuzluluk 1,0 - 6,5 % ağırlık NaCl eşdeğere aralığındadır. -25 ve -30°C arasındaki ilk buz-erimesi sıcaklığı (Tmf) altın-arsenopirit cevherleşmesi sırasındaki akışkanların CO<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>O-NaCl sistemiyle domine edildiğini gösterir.

Arsenopiritin üzerinde yapılan nicel EMPA nokta analizleri %32,33 ve %33,83 arasında değişen önemsiz farklılıklar gösterir. Arsenopirit jeotermometresi ile birlikte Fe-As-S sistemi üzerine kurulu faz diyagramına dayalı olarak, pirit ile arsenopiritin dengede olduğu sıcaklık aralığı ve sülfür fugasitesi, sırasıyla, 442 ve 515 °C, ve -5,4 ve -3,5 arasında bulunur.

**Anahtar sözcükler:** Re-Os jeokronoloji, asal gaz izotopları, orojenik, altın-arsenopirit, Küre, Menderes Masifi, Türkiye

**Abstract:** The Menderes Massif (MM) is considered to be one of the principal regions hosting vein-type quartz-arsenopyrite orogenic gold deposits and occurrences in Turkey. Gold mineralizations in the MM can be grouped into: (i) lode-type that is controlled by faults and (ii) layer-like type that is controlled by schistosity. Arsenopyrite is one of the major gold-bearing minerals in these deposits or occurrences. Rhenium-Osmium isotopic dating of two types of arsenopyrite from the lode type Küre (Ödemiş) gold deposit has yielded two groups of model ages (maximum ages) at ~557-574 Ma and 316 Ma. Re-Os sample dissolution and preparation were performed at the Re-Os laboratories at the Department of Geoscience, University of Arizona with procedures as reported in Kirk et al. (2014). The data suggested that the quartz-arsenopyrite gold deposit formed in the Neoproterozoic and Early Triassic, with the former and the latter corresponding to Codonian compressional orogenesis and Variscan rifting, respectively.

Analysis of noble gas isotopes in fluid inclusions of quartz and in arsenopyrite were carried out in the noble gas lab of Deutsches GeoForschungs Zentrum, Potsdam, Germany and procedures described in Niedermann et al. (1997). The <sup>3</sup>He/<sup>4</sup>He ratios are similar to atmospheric in quartz and ~0.08-0.09 Ra in arsenopyrite, the latter being within the range of middle to upper crustal values. A minor helium contribution of mantle fluids to the Küre gold deposit is possible because the <sup>4</sup>He concentrations in arsenopyrite are enriched 170 to 9520 times relative to argon and typical atmospheric values, indicating that the contribution of atmospheric He to the mineralizing fluids is negligible, and 0.08-0.09 Ra is slightly above typical crustal <sup>3</sup>He/<sup>4</sup>He ratios (Ra= 1.4x 10<sup>-6</sup>, the <sup>3</sup>He/<sup>4</sup>He ratio of air). The <sup>3</sup>He/<sup>4</sup>He ratio in the mantle is approximately 6-9 Ra whereas the <sup>3</sup>He/<sup>4</sup>He ratio in the crust is approximately 0.01 Ra. The Re concentration in arsenopyrite ranges from 0.279 to 1.041 ppb whereas total Os values vary from 10 to 77 ppt. The arsenopyrite <sup>187</sup>Re/<sup>188</sup>Os and <sup>187</sup>Os/<sup>188</sup>Os ratios show narrow ranges from 72 to 434 and 0.4 to 2.4, respectively. Arsenopyrite derived from mantle fluids (<sup>187</sup>Os/<sup>188</sup>Os of 0.12-0.13; sulfides derived from these fluids generally have >50 ppt Os. Some arsenopyrites yield relatively un-radiogenic initial Os isotopic compositions, also indicating a possible contribution from mantle fluids.

Fluid inclusions in stage II quartz at Kure are gas-liquid-hydrate-crystal rich and the temperature of liquid-vapor homogenization varies from 258 to 349 °C with a major clustering between 258 and 301 °C. Salinity values range from 1.0 to 6.5 wt.% NaCl equiv with a major clustering between 4 and 6 wt.% NaCl equiv. First ice-melting temperatures (Tmf) between

–25 and –30 °C indicate that the fluids were dominated by the CO<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>O-NaCl system during gold-arsenopyrite mineralization.

Quantitative EMPA spot analyses on arsenopyrite minerals have shown minor differences in As concentrations, ranging from 32.33 to 33.83%. Based on a phase diagram for the Fe–As–S system along with the arsenopyrite geo-thermometer, the ranges of temperature and the sulfur fugacity at which arsenopyrite is in equilibrium with pyrite are inferred to be between 442 and 515 °C, and -5.4 and -3.5, respectively.

**Keywords:** Re–Os geochronology, noble gas isotopes, orogenic, gold-arsenopyrite, Küre, Menderes Massif, Turkey.



## Kaman Fe-Skarn Yatağının Mineralojisi ve Minerallerin Jeokimyası (Kırşehir, Orta Anadolu)

### *Mineralogy and Geochemistry of the Minerals of Kaman Fe-Skarn Deposit (Kırşehir, Central Anatolia)*

**Ayşe Orhan**

<sup>1</sup>Neveşehir HBV Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 50300, NEVŞEHİR  
(ayse.orhan@nevsehir.edu.tr)

**Öz:** Çelebi (Kırıkkale) - Kesikköprü (Ankara) - Kaman (Kırşehir) civarında Çelebi Granitoidi ile ilişkili birçok Fe-skarn yatağı gelişmiştir. Çalışma konusunu oluşturan Bugüz ve Kargınyenice demir yatakları Kaman (Kırşehir) civarında yer alır. Bu bölgede, mineral parajenez ilişkilerine göre hidrotermal aktivite beş ana evrede gelişmiştir. I. evre, her iki bölgede de gözlenen sodik - kalsik (plajiyoklaz ( $An_{4-56}$ ) - aktinolit - klinopiroksen - ortoklaz) alterasyonlarla karakteristiktir. Sadece Kargınyenice yatağında gözlenen II. evre (ilerleyen skarn evresi) klinopiroksen ( $Diy_{62-98}Hed_{2-37}Joh_{0-3}$ ) ve granat ( $Grs_{15-84}And_{8-74}Prs_{4-13}$ ) mineralleri içerir. Bantlı ve saçınımlı tipteki manyetite (tip 1) klinopiroksen ve/veya granat ( $Grs_{73-84}And_{3-17}Prs_{7-13}$ ) eşlik eder ve klinopiroksenler değişken Mn/Fe oranına (0,0-0,14) sahiptir. III. evrede (manyetit evresi), manyetit her iki bölgede çoğunlukla damar ve/veya merccekler şeklinde gelişmiştir. Kaman bölgesinde özşekilli manyetite klinopiroksen ( $Diy_{62-79}Hed_{20-37}Joh_{0,80-1,45}$ ) eşlik eder ve bu klinopiroksenler düşük Mn/Fe oranına (0,02-0,05) sahiptir. Bugüz bölgesinde ise, manyetitlerde martitik (tip 2), zonlu (tip 3) ve masif (tip 4) gibi farklı dokular gözlenir. IV. evrede (gerileyen skarn evresi) saçınımlı tipteki manyetite (tip 5) epidot + kuvars + kalsit ± pirit ± klorit ± serisit ± arsenopirit ± galen mineralleri eşlik eder. Manyetit ve pirit ile ilişkili epidot ve kloritler yüksek Fe/Fe+Al (0,21-0,40) ve orta Fe/Fe+Mg (0,31-0,32) oranına sahiptir. Kloritler piknoklorit olarak sınıflandırılmış ve  $Al^{IV}$  içeriğine göre geç gerileyen evre için 263-267°C sıcaklık değerleri hesaplanmıştır. Kuvars-karbonat-sülfid (V) evresi ise Bugüz bölgesinde masif dokulu (tip 4) manyetitleri keserek damarlar şeklinde gelişmiştir. Bu evrenin ana minerali olan piritte kuvars + kalsit ± hematit ± kalkopirit ± klorit eşlik eder. Kloritler orta-yüksek Fe/Fe+Mg (0,45-0,60) oranına ve piknoklorit-ripidolit bileşimine sahiptir. Kloritlerin bileşimine göre, bu evre için düşük oluşum sıcaklığı (174-219°C) hesaplanmıştır.

Kaman Fe yatağında farklı tipteki manyetitlerin tamamı orta-düşük Ti+V ve orta-yüksek Ca+Al+Mn içerikleri ile skarn-hidrotermal kökenli yatağı karakterize eder. Farklı evrelerde gelişen manyetitler bileşimsel olarak farklılıklar sunar. Tip 1 (magmatik) manyetitler, düşük  $SiO_2$  (<%0,14) ve yüksek  $TiO_2$  (%0,29-1,28) ve  $Al_2O_3$  (%0,69-4,63) içeriklerine sahiptir. Hidrotermal manyetitler ise genellikle  $TiO_2$ 'ce fakir (<%0,02) ve yüksek  $SiO_2$  ve düşük  $Al_2O_3$  içeriklerine sahiptir.  $SiO_2$  ve  $Al_2O_3$  içerikleri sırasıyla, tip-2 için %0,93-2,53 ve %0,16-0,78, tip-3 için %2,65-4,02 ve %0,11-0,84, tip 4 için %0,04-0,76 ve %0,11-0,92 ve tip 5 için %3,76-4,76 ve %0,02-0,06 arasında değişir. Farklı tipteki manyetitlerde sistematik olarak Ti+V ve Al+Mn içeriklerinin azalışı oluşum sıcaklıklarının düştüğüne işaret eder. Manyetitlerin ortalama FeO içerikleri ise tip 1 için %94,44, tip 2 için %92,21, tip 3 için %95,11, tip 4 için %96,29 ve tip 5 için %95,83'dür. Bu manyetitlerin ortalama akışkan-kayaç oranları [(Si+Al)/

(Mg+Mn)] sırasıyla 1,74, 2,08, 4,51, 11,10 ve 9,33'dür.

Kaman Fe-yatağındaki mineral ve mineral bileşimleri skarn oluşum süreci boyunca sıcaklık düşerken oksidan koşulların arttığına işaret eder. Bölgede demir cevherleşmesinin ekonomikliğini etkileyen fiziko-kimyasal parametrelerin ise sıcaklık, oksijen fugasitesi, silika aktivitesi ve akışkan-kayaç etkileşimi olduğu söylenebilir. Bu çalışma Nevşehir HBV Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından desteklenmiştir (NEÜBAP-15/F7)

**Anahtar Kelimeler:** Kaman demir yatağı, Kırşehir, mineral kimyası, Orta Anadolu.

**Abstract:** In Çelebi (Kırıkkale) – Kesikköprü (Ankara) – Kaman (Kırşehir) regions, several Fe-skarn deposits are developed associated with Çelebi Granitoid. The study area (Bugüz and Karginyenice iron deposits) are located at Kaman (Kırşehir) region. According to mineral paragenesis in this area, hydrothermal activity developed in five main stages. I. stage is characterized by sodic – calcic (plagioclase (An<sub>4-56</sub>) – actinolite – clinopyroxene – orthoclase) alterations in both area. II. (prograde skarn) stage, which is observed in only Karginyenice deposit, contains clinopyroxene (Diy<sub>62-98</sub>Hed<sub>2-37</sub>Joh<sub>0-3</sub>) and garnet (Grs<sub>15-84</sub>And<sub>8-74</sub>Prs<sub>4-13</sub>). In this stage, banded and disseminated type magnetite (type 1) is accompanied by clinopyroxene and/or garnet (Grs<sub>73-84</sub>And<sub>3-17</sub>Prs<sub>7-13</sub>) and clinopyroxene have variable Mn/Fe ratios (0.0-0.14). In III. stage (magnetite), magnetite is formed mostly vein and/or lens shaped in both areas. In the Karginyenice area, euhedral magnetite is accompanied by clinopyroxene (Diy<sub>62-79</sub>Hed<sub>20-37</sub>Joh<sub>0.80-1.45</sub>) with low Mn/Fe ratio (0.02-0.05). In the Bugüz area, magnetite is determined in different types such as martitic (type 2), zoned (type 3) and massive (type 4) textures. In IV. (retrograde skarn) stage, disseminated magnetite (type 5) is accompanied by epidote + calcite ± pyrite ± chlorite ± sericite ± arsenopyrite ± galena. Epidote and chlorite which is associated with magnetite and pyrite mineralizations have high Fe/Fe+Al (0.21-0.40) and medium Fe/Fe+Mg (0.31-0.32) ratios. These chlorites are classified as pycnochlorite and according to their Al<sup>IV</sup> content, formation temperature is calculated as 263-267°C for late retrograde stage. Quartz-carbonate-sulfide (V) stage is developed as veins cut by massive textured magnetite in Bugüz area. The main mineral of this phase is pyrite accompanied by quartz + calcite ± hematite ± chalcopyrite ± chlorite. Chlorite has medium-high Fe/Fe+Mg (0.45-0.60) ratio and pycnochlorite-ripidolite compositions. Based on their chemical compositions, low formation temperature (174-219°C) is calculated for this stage.

All magnetites with different types are characterized as skarn-hydrothermal origin deposit with medium-low Ti+V and medium-high Ca+Al+Mn contents. Magnetite occurred in different stages present compositional variations. Type 1 (magmatic) magnetites has low SiO<sub>2</sub> (<0.14%) and high TiO<sub>2</sub> (0.29-1.28%) and Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (0.69-4.63%) contents. Hydrothermal magnetites have generally poor TiO<sub>2</sub> (<0.02%) and high SiO<sub>2</sub> and low Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> contents. SiO<sub>2</sub> and Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> contents are 0.93-2.53% and 0.16-0.78% for type 2, 2.65-4.02% and 0.11-0.84% for type 3, 0.04-0.76% and 0.11-0.92% for type 4 and 3.76-4.76% and 0.02-0.06% for type 5, respectively. Systematical decreasing of Ti+V and Al+Mn content in different type magnetites indicate decreasing of formation temperature. FeO contents of the magnetites are 94.44% (type 1), 92.21% (type 2), 95.11% (type 3), 96.29% (type 4) and 95.83% (type 5). The mean fluid-rock ratios [(Si+Al)/(Mg+Mn)] of these magnetites are 1.74, 2.08, 4.51, 11.10, and 9.33, respectively.

The minerals and mineral compositions in the Kaman Fe-deposit indicate that, during the skarn forming process temperature was decreased whilst increased oxidant conditions. It can be said that the physico-chemical parameters effecting economic iron mineralization in the region are temperature, oxygen fugacity, silica activity and fluid-rock interaction. This study was supported by the Scientific Research Projects Unit of Nevşehir HBV University (NEÜBAP-15/2F7).

**Keywords:** Kaman iron deposit, Kırşehir, mineral chemistry, Central Anatolia.



## Hasenekevleri (Maden-Elazığ) Güneyindeki Cu Zenginleşmesinin Jeolojisi

*Geology Of Cu Enrichment In Southern of Hasenekevleri (Maden-Elazığ)*

**Cihan Yalçın<sup>1</sup>, Mustafa Kumral<sup>2</sup>, Mustafa Kaya<sup>2</sup>, Muhittin Karaman<sup>2</sup>,  
Mert Aydın<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, Burdur İl Müdürlüğü, Burdur, Türkiye*

<sup>2</sup>*İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye*

*(cihanyalcinjeo@gmail.com)*

**Öz:** Tektonik konum olarak Bitlis-Zagros suture zone üzerinde yer alan Hasenekevleri (Maden-Elazığ) güneyinde Maden Grubuna ait birimler yüzlek vermektedir. Birimler tabandan tavana doğru sırasıyla bazalt mercekli sedimanter kayaçlar, diyabaz, spilitik bazalt, pelajik çamurtaşı, çamurtaşı, kireçtaşı ve dolomitik kireçtaşlarından oluşmaktadır. Bu birimler KD-GB ve KB-GD uzanımlı faylar tarafından kesilmektedir. Bu fay zonları boyunca ezik zonlar gelişmiş ve bu zonlara kuvars damarları yerleşmiştir. Nava Tepesi batısında diyabazlar içerisinde gözlenen kuvars damarlarında ise Cu zenginleşmeleri bulunmaktadır. Damar tipi şeklinde ve epigenetik oluşumlu olan cevherleşme ortalama 30 m genişliğinde ve 100 m uzunluğundadır. Cevher damarlarının kalınlığı ise 1-5 cm arasında değişmektedir. Hidrotermal alterasyonun yoğun olarak gözleendiği bu alanda serisitleşme, kloritleşme ve piritleşme ile birlikte kükürtlü zonlar görülmektedir. Parajenezde kalkopirit, bornit, kovellit, pirit, malakit ve götit bulunmaktadır. Cevher zonunda K75 °B, K40 °D ve K45 °D doğrultusu boyunca derlenen örneklerde CuO %3,08 değerine kadar ulaşmaktadır. Kuvars damarlarının süreksizlik düzlemleri boyunca yerleşmesi ve cevher zonlarının fay zonlarında yer alması sebebiyle cevherleşmede yapısal kontrolün etkin olduğu belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Maden grubu, diyabaz, Cu zenginleşmesi, yapısal kontrol, Hasenekevleri (Maden-Elazığ).

**Abstract:** The units that belong to Maden Complex are located at south of Hasanekevleri(-Maden-Elazığ), which is on the Bitlis-Zagros suture zone as a tectonic location. Units consist of sedimentary rocks with basalt lenses, diabase, spilitic basalt, pelagic mudstone, mudstone, limestone and dolomitic limestone respectively. The units are cut by NE-SW and NW-SE trending faults. Crushed zones are occurred along these fault zones and quartz veins are settled in these zones. Cu mineralization is found in quartz veins that observed in diabase west of Nava Hill. Mineralization that is vein type and epigenetic formation, is 30 meters wide and 100 meters long. Thickness of ore is between 1 and 1.5 centimeters. In this area wher hydrothermal alteration is observed intensively, there are sericitization, chloritization and pyriteisation and sulfurous zones. In paragenesis; chalcopyrite, bornite, covellite, pyrite, malachite and goethite are found. CuO is determined to be up to 3.08% in the samples collected along the N75 °W,

N40 °E and N45 °E directions in the ore zone. It was determined that structural control is the main effect in the mineralization because of the settlement of quartz veins along the discontinuity planes and the fact that ore zones are located in the fault zones.

**Keywords:** Maden group, diabase, Cu enrichment, structural control, Hasenekevleri (Maden-Elazığ).





## Aşağımusalar (Dursunbey-Balıkesir) Çevresi Dere Kumlarının Metal İçeriği ve Dağılımı

*Metal Contents and Distribution of Stream Sediments in the Aşağımusalar Vicinity (Dursunbey-Balıkesir)*

**Gamze Bağçeci Taşkın, Cemal Bölücek**

*Balıkesir Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 10145,  
Balıkesir, Türkiye*

*(gamzebagceci@hotmail.com)*

**Öz:** Aşağımusalar (Dursunbey-Balıkesir) köyü yakın çevresindeki dere sedimanlarının drenaj ağlarında dere kumlarının metal içerikleri ve bunların dağılımları incelenmiştir. Böylece bölgede jeokimyasal prospeksiyon uygulaması gerçekleştirilerek metal zenginleşmeleri ve olası anomali alanları belirlenmeye çalışılmıştır.

İnceleme alanındaki derelerden yaklaşık 3-4 kg ağırlığında, 46 farklı noktadan dere kumu örneği alınıp dere kumlarının -80 mesh (180µm) boyutundaki fraksiyonlarında 32 element ICP-MS (Inductively Couple Plasma- Mass Spectrometre) yöntemiyle analiz edilmiştir. Bu elementlerin tamamına yakını log-normal dağılım göstermektedir. Çalışma alanında olası cevherleşmeleri belirleyebilmek için, analiz edilen elementlerin istatistiksel yorumlanması yapılarak, histogram eğrileri ve dağılım haritaları hazırlanmıştır. Dere kumlarındaki elementler arasındaki bağıntılar ortaya çıkarılmış ve bölgenin jeolojisi ile cevher oluşumlarının dere kumlarındaki yansımaları açığa çıkarılmaya çalışılmıştır.

Jeokimyasal analizler sonucunda elementler arasında aşağıdaki birlikteliklerin olduğu görülmüştür: Sc-Cr-Al-Ni-Cu-Fe-V-Co-Mg-Ti, Ba-Sb-As-W-Bi, Cd-La-Pb-Zn, Cd-La-Pb-Th, Ca-Sr ve Mn-Zn olarak değerlendirilmiştir. Birçok element çiftleri arasında kuvvetli pozitif korelasyon bulunmaktadır. Jeostatistiksel verilerin değerlendirilmesi sonucunda, drenaj haritası üzerinde element dağılımlarının Bağaltı Dere üzerinde yoğunlaştığı ve bölgedeki ultrabazik kayalarla ilişkili olduğu diğer zenginleşmelerin ise granit-kireçtaşı dokanağındaki sarnaklarla ilişkili olduğu değerlendirilmiştir.

Önceki çalışmalarla birkaç element için (Cu, Pb, Zn) belirtilen anomali alanlarının bu çalışmada analiz edilen birçok element bakımından da geçerli olduğu söylenebilir.

**Anahtar Kelimeler:** Anomali, Bağaltı Dere, Çamaşırılık Dere, dere kumu, Dursunbey, jeokimyasal prospeksiyon.

**Abstract:** Metal contents of the stream sands and their distribution in the drainage networks of the stream sediments in the vicinity of Aşağımusalar (Dursunbey-Balıkesir) village were investigated. Thus, geochemical prospecting was carried out in the region and metal enrichment and possible anomaly areas were determined.

In the study area, stream sand samples which are 3-4 kg weight were taken from 46 different points and analyzed 32 element in the -80 mesh (180 µm) fractions of stream sands by ICP-MS (Inductively Couple Plasma-Mass Spectrometer) method. Almost all of these elements show log-normal distribution. In order to determine possible mineralizations in the study area, histogram curves and distribution maps were prepared by statistical analysis of the analyzed elements. The relations between the elements in the stream sands have been discovered and the geology of the region and the reflection of the ore formations in the river sands were tried to be revealed.

As a result of the geochemical analyzes, the following affinities were observed between the elements: Sc-Cr-Al-Ni-Cu-Fe-V-Co-Mg-Ti, Ba-Sb-As-W-Bi, Cd-La-Pb-Zn, Cd- La-Pb-Th, Ca-Sr and Mn-Zn. There are strong positive correlations between many pairs of elements. As a result of the evaluation of geostatistical data, it was evaluated that the element distributions on the drainage map were concentrated on Bağaltı stream and the other enrichments related to the ultrabasic rocks in the region were related to the skarns in the granite-limestone contact.

It can be said that the anomaly areas mentioned in previous studies for several elements (Cu, Pb, Zn) are valid for many elements analyzed in this study.

**Keywords:** Anomaly, Bağaltı Stream, Çamaşırılık Stream, stream sand, Dursunbey, geochemical prospection.



## Karaaydın-Kalkım (Çanakkale) Pb-Zn-Ag (Cu) Yatağı'nın Jeolojisi

### *Geology of Kalkım-Karaaydın (Çanakkale) Pb-Zn-Ag (Cu) Deposit*

Arif Oğuzhan Maviş<sup>1</sup>, Tolga Oyman<sup>2</sup>

<sup>1</sup>CVK Maden İşletmeleri Gümüşsuyu Mahallesi İnönü Caddesi No:8 Beyoğlu/İstanbul

<sup>2</sup>Dokuz Eylül Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Tınaztepe Kampüsü, Buca-İzmir

(tolga.oyman@deu.edu.tr)

**Öz:** Karaydın Yatağı, bölgesel başkalaşmaya uğramış Torasan Formasyonu'nu oluşturan filit, mika-klorit şist ve bu şistler ile uyumlu yer yer iri bloklar halinde gözlenebilen mermer mercak ve bantları içinde yer almaktadır. Torasan Formasyonu'na ait birimler ortaç bileşimli diyoritik-monzodiyorit dayk ve granodiyorit bileşimli sokulumlar tarafından kesilmiştir. Kurşun-çinko cevherleşmesi, fay, akaslama çatlakları ve litolojik sınırlar tarafından kontrol edilen yapısal kontrollerin ve bunlara eşlik eden litolojik kontrolün egemen olduğu bir cevherleşmedir. Cevherleşme ile ilişkili KB-GD doğrultulu faylar saptanmış olsa da, cevherleşme oluşumunda başlıca KD-GB yönlü faylar etkilidir. Eğimleri 81°-45° arasında değişen KD-GB yönlü faylar, gömülü sokulumdan uzağa doğru hidrotermal sıvıların akışı için kanal görevi görmüştür. Ana ocak içinde damar tipi cevherleşmeler birbirine paralel KD doğrultulu ve 73°KB ve 77°KD eğimli normal faylarla ilişkilidir. Bir diğer cevherleşme içeren yapısal öge KB-GD yönlü, 45° KD eğimli bir faydır. Süreksizlikler boyunca ısı ve sıvı kaynağından uzağa ilerleyen cevherli hidrotermal çözeltiler, karbonat içerikli litolojileri kat ederken distal skarn ve/veya karbonat ornatım tip cevherleşmelerin oluşumu için uygun bir ortam gelişimine neden olmaktadır. Cevherleşmeler, magmatik kaya kontaklarına göre konumlarına, litolojiye ve süreksizliklere bağlı olarak gelişen mineralojik zonlanma ile karakterize edilmektedir. Yüzeyden derine doğru metal zonlanması sırasıyla gümüş içeriği yüksek Pb>Zn → Zn=Pb>Cu → Cu>Pb+Zn → Fe (sülfür-oksit) şeklindedir. Ana kuyuda cevherleşme geniş anlamda galen, sfalerit, pirit, kalkopirit, hematit, pirotin, manyetit ve değişik oranda gümüş içeren sulfotuzlar ile temsil edilmektedir. Sokulum kontaklarına yakın bölümlerde kalsiyum-silikat parajenezisi proksimal koyu kırmızı-kahverengi granat ile birlikte klinopiroksenden oluşurken, distal skarn yeşil renkli granatlar yaygın klinopiroksen ve artan oranda kuvars ile karakterize edilir. Retrograd alterasyonun farklı evreleri farklı oranlarda epidot, aktinolit, klorit, kuvars ve kalsit içerir. Sokulumlar tarafından katedilen yan kayaçların bileşimine bağlı olarak hornfels ve kalk-silikat hornfels oluşumları da gelişmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Pb-Zn, skarn, tektonik kontrol, litolojik kontrol, Çanakkale.

**Abstract:** Karaaydın deposit is hosted by regionally metamorphosed Torasan Formation which is composed mainly of phyllite, mica-chlorite schist with lesser intercalated lenses of carbonates and marble blocks in various sizes. The Torasan Formation is intruded by stocks of granodiorite in deeper levels and dykes of diorite-monzodiorite in shallower levels. Deposition of lead and zinc is strongly controlled by structures including normal faults, shear zones and

lithologic boundaries in association with lithological controls. NE-SW trending faults are the most important structures for mineralization though faults with NW-SE strikes are also present. The NE-SW trending faults with inclination angles varying between 81°-45°, served as conduits for the hydrothermal fluids in distal areas spatially to the buried stock. In the main shaft mineralization is associated with two NE oriented strike-parallel faults dipping with opposite directions to each other as 73° NW and 77° NE. Another ore-bearing structure in the main shaft is NW-SE trending fault dipping 45° to NE. Hydrothermal fluids flow away from a heat and fluid source along pathways till they pass through carbonate rocks convenient to form distal skarn and/or carbonate replacement type mineralization. Mineralization are typically zoned mineralogically with respect to pluton contacts, original lithology of host rocks, and (or) fluid pathways. From subsurface to deeper levels metal zoning generally follows Ag enriched  $Pb > Zn \rightarrow Zn = Pb > Cu \rightarrow Cu > Pb + Zn \rightarrow Fe$  sulfide/oxides. Mineralization at the main shaft is broadly representative of a typical Pb-Zn-Ag-Cu metal association, consisting mainly of galena, sphalerite, pyrite, chalcopyrite, hematite, pyrrhotite, magnetite and a variety of Ag-bearing sulfosalts. Calc-silicate paragenesis near the intrusive contacts composed of proximal dark red brown garnet with clinopyroxene, whereas garnets of distal skarn are characterized by the development of green-coloured garnet with abundant clinopyroxene with increasing quartz ratio. Different stages of retrograde alteration comprise epidote, actinolite, chlorite, quartz and calcite in different ratios. Depending on the composition of the host lithology that intruded by intrusive rocks, hornfels and calc-silicate hornfels assemblages were also developed.

Pb-Zn, skarn, tectonic control, lithological control, Çanakkale.



**METALİK MADEN YATAKLARI/METALLIC MINERAL DEPOSITS**

İlkay KUŞÇU - Tolga OYMAN - Ahmet ŞAŞMAZ - Robert MORITZ - Emin ÇİFTÇİ

---

**Poster/Posters**

---

**ÖZ/ABSTRACT**





## Kaplanköy/Bergama (İzmir) Pb-Zn (Au-Ag) Cevherleşmelerinin Jeolojisi, Jeokimyası ve Pb İzotop Karakteristikleri

*Geology, Geochemistry and Pb Isotope Characteristics of Kaplanköy/  
Bergama (İzmir) Pb-Zn (Au-Ag) Mineralizations*

**Sercan Bozan<sup>1</sup>, Serdar Çalgın<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Esan Eczacıbaşı Balya Kurşun-Çinko İşletmesi TR-10100 Balya/Balıkesir

<sup>2</sup> İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Mühendislik Fakültesi Avcılar, İstanbul

(sercan.bozan@esan.com.tr)

**Öz:** Kaplanköy/Bergama Pb-Zn (Ag-Au) cevherleşmeleri Batı Anadolu polimetalik provenisi içinde yer alır. Çalışma alanı İzmir ilinin 100 km KD'sunda yer almaktadır. Çalışma alanındaki Pb-Zn oluşumları, temel kayalar olarak bilinen Alt Triyas yaşlı Kınık formasyonu (gösel kireçtaşları-kumtaşı ve çakıltaşları) ile Alt-Orta Miyosen yaşlı Yürekli Dasitleri ve onların yarı derinlik kayalarının dokanıkları boyunca birbirlerine paralel kuvars damarları şeklinde KB-GD yönünde izlenmektedir. Yarı derinlik kayalarının altere olan kesimlerde yaygın arjilik alterasyon (kaolen, illit) ve kuvars damarları gözlenmektedir. Ayrıca kayalarda serizitleşme, kloritleşme ve opasitleşme, epidotlaşma ve cevherli opak mineraller bulunmaktadır. Sülfür mineralleri daha çok geç evre silisli hidrotermal çözeltilerle birlikte başlıca kuvarstan oluşan damar içinde galen ve sfalerit kristalleri gözlenmektedir. Bunlar erken evre karbonatların çatlak ve boşluklarını doldurmaktadır. Sülfürler, özellikle sfalerit, yer yer karbonatları ornatmıştır.

Bölgede yapılan çalışmalar sırasında cevherli zon ve yan kayalarda görülen mineraller, epidotlar, kuvars (kuvars-I), kalsit (kalsit-I ve II) ve barittir. Cevher mineralleri olarak ise sfalerit, galenit, pirit, arsenopirit ve hematit saptanmıştır. Bu dört ana sülfür minerali arasındaki oluşum sırası erken evreden geç evreye pirit, sfalerit I, galen, sfalerit II şeklinde belirlenmiştir. Toprak numunelerinden elde edilen jeokimyasal analizlere göre Pb ile Ag ve Zn elementleri, Zn ile Cd, Bi ile Hg, Cd ve In elementleri, Ag ile Pb, Te ve Mo elementleri, Cu ile In, Fe, Hg elementleri, As ile Fe elementi arasında pozitif korelasyon gözlenmektedir.

Galen cevherine ait Pb izotop oranları <sup>206</sup>Pb/<sup>204</sup>Pb için 18,750-18,786; <sup>207</sup>Pb/<sup>204</sup>Pb için 15,704-15,798 arasında değişmektedir. Bu değerler alt kabuk – manto kaynaklı gözükmekte ve üst kabuktan da az bir miktar katkıyı işaret etmektedir. Sfalerit ve kalsit mineralleri üzerinde gözlenen sıvı kapanım topluluklarının petrografik ve mikrotermometrik farklılıkları göz önüne alınarak sıvı ve gazdan oluşan iki bileşenli oldukları ve cevher oluşturu çözeltilerin NaCl+MgCl<sub>2</sub> bakımından zengin olduğu belirlenmiştir. Sfaleritlerde ölçülen homojenleşme sıcaklıkları ortalama 200 ile 250°C arasında değişirken kalsitlerde ölçülen sıcaklıklar ortalama 165°C'dir. Sıvı kapanım topluluklarında ölçülen son buz ergime sıcaklıklarından itibaren hesaplanan tuzluluk değerleri ise sfalerit ve kalsit için sırasıyla %4 ve %1 NaCl eşdeğerine karşılık gelmektedir.

Tüm veriler bir arada değerlendirildiğinde, bölgedeki bu oluşumları meydana getiren akışkanın olasılıkla magmatik kökenli olduğu ve cevher-alterasyon-yankayaç ilişkileri, alterasyon



zonlarına ait mineral toplulukları, alterasyon zonlarının zamansal-mekânsal dağılımı ve sıvı kapanımı verileri dikkate alındığında Kaplanköy Pb-Zn cevherleşmeleri için Pb-Zn skarn tipi bir cevherleşmeden ziyade ortaç sülfidasyon tipi bir epitermal sisteme işaret etmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Batı Anadolu, Kaplanköy Pb-Zn yatağı, skarn, epitermal, sıvı kapanımı.

**Abstract:** Kaplanköy/Bergama Pb-Zn deposit located in southeastern part of West Anatolian polymetallic province, which is situated in 100 km NE of Izmir city. Pb Zn occurrences of study area are structurally controlled mineralizations in quartz veins parallel to each other that located contacts between Lower Triassic aged basement, Kınık formation (consist from mud-silt-sandstones and limestones) and volcanic and subvolcanic rocks of Lower-Middle Miocene aged Yurekli Dacites; trending on NW-SE. Pervasive argillic alteration (kaolin, illite) and quartz veins are observed in altered zones of subvolcanic rocks. Rocks also contain sericite-chlorite-clay alterations, opasitization, epidotization and opaque ore minerals. Sulfide minerals generally together with late silicious hydrothermal stage. Galena and sphalerite crystals are being observed in the vein that consists generally from quartz. These are infilling the open spaces and fractures of early stage carbonates. Sulfides, especially sphalerite, overprinted carbonates in places.

During the field works conducted in the region; epidotes, quartz (quartz-I) and calcite (calcite I-II) are the minerals observed in ore zone and host rock. Galena, sphalerite, pyrite, arsenopyrite and hematite detected as ore minerals. From early stage to late stage, formation sequence of these 4 sulfide minerals is pyrite, sphalerite I, galena, sphalerite II. According to geochemistry results obtained from soil samples, positive correlations observed between Pb and Ag-Zn, Zn and Cd, Bi-Hg, Ag and Pb-Te-Mo, Cu and In-Fe-Hg, As and Fe elements.

Lead isotope ratios of galena ore vary between 18,750 and 18,786 for  $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ ; and vary between 15,704 and 15,798 for  $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ . These values appear from the lower crust - mantle and indicate a small amount of contribution from the upper crust. Considering petrographic and microthermometric differences of the fluid inclusion clumps observed on sphalerite and calcite minerals, it has been detected they have occurred from two phase consist from fluid and gas phases and the ore forming solutions are rich in  $\text{NaCl}+\text{MgCl}_2$ . Homogenization temperatures measured from sphalerites vary between 200-250°C while measurements in calcites are average 165°C. Salinity values calculated from last ice melting temperatures measured from fluid inclusion clumps are correspond to %4 NaCl equivalent for sphalerite and %1 NaCl equivalent for calcite.

When all data are evaluated together, the fluid, responsible for all mineralizations, probably has magmatic origin and ore-alteration-wall rock relations, mineral assemblages of the alteration zones, the temporal and spatial distribution of the alteration zones and fluid inclusion data point out an intermediate sulfidation epithermal system rather than Pb-Zn skarn type mineralization for Kaplanköy Pb-Zn Deposit.

**Keywords:** Epithermal, fluid inclusion, Kaplanköy Pb-Zn Deposit, skarn, West Anatolia

**METAMORFİZMA VE METAMORFİK KUŞAKLAR  
/ METAMORPHISM AND METAMORPHIC BELTS**

Erdinç YİĞİTBAŞ - Erdin BOZKURT - Donna WHITNEY - Gültekin TOPUZ - Ali POLAT

---

***Sözlü Sunumlar/Oral Presentations***

***ÖZ/ABSTRACT***





## **Granit/Granitoidler Magmadan Oluşmuş İntrüzif Magmatik Kökenli Plütonik Kayaları Değildir. Granit/Granitoidler Bir Tür Köksüz Metamorfik Kayaları Olan Lökokratoblastik Metablastik Kaya Serileridir**

*Granites/Granitoids are not Plutonic Rocks Generated by Magmatic Intrusions Originated From Magma. Instead, Granites/Granitoids are Leucocratoblastic Metablastic Rock Series, A Kind of Rootless Metamorphic Rocks*

**Niyazi Tarhan**

*MTA Genel Müdürlüğü, Maden Etüt ve Arama Dairesi*

*(ntara3@hotmail.com)*

**Öz:** Her farklı bölgesel dinamotermal metamorfizma bölgesel ilerleyen ve bölgesel gerileyen dinamotermal metamorfizma tiplerinden oluşmuş, kendilerine özgün metamorfizma döngüsü vardır. Bölgesel dinamotermal metamorfizma döngüsü Barrow tipi bölgesel ilerleyen dinamotermal metamorfizma tipiyle başlar. Yeşilşist fasiyesiyle başlar, almandin-amfibolit fasiyesiyle son bulur. Almandin-amfibolit fasiyesinin basınçlarında düşme (gerileme, dekompresyon) geliştiğinde, sıcaklık etkinliği artar. Barrow tipi bölgesel ilerleyen dinamotermal metamorfizma, Abakuma tipi bölgesel gerileyen dinamotermal metamorfizmaya değişim ve dönüşümüyle örtüşür. Abakuma tipi bölgesel gerileyen dinamotermal metamorfizmanın kordiyerit-amfibolit fasiyesi, Barrow tipi bölgesel ilerleyen dinamotermal metamorfizmanın almandin-amfibolit fasiyesiyle örtüşür. Almandin-amfibolit fasiyesinde granat ve disten oluşur. Disten silimanite polimorfik değişimi olunca kordiyerit-amfibolit fasiyesi başlar. Kordiyerit-amfibolit fasiyesinin fiziksel koşullarında (P/T) düşme devam edince silimanit ve disten andaluzite polimorfik değişimleri olur. Aynı metamorfik kuşak içerisinde almandin-amfibolit fasiyesiyle örtüşen kordiyerit-amfibolit fasiyeslerinden ötürü alüminyum silikat polimorfları üçlü kesişme noktasının fiziksel koşulları olan 0,25-3,75 kb ve 504±20 °C’de birlikte görülürler. Abakuma tipi bölgesel gerileyen dinamotermal metamorfizma yüksek dereceli alandan düşük dereceli alana doğru gerisin geriye terslenmiş metamorfizma tipidir. Abakuma tipi bölgesel gerileyen dinamotermal metamorfizmada katı fazda çözülme ve yeniden kristalleşmeyle susuz kristaloblast neomineraller gelişir. Bu nedenle, yeşilşist fasiyesi yoktur. Kordiyerit-amfibolit fasiyesinden başlayıp, yeniden tanımlanmış metablastik ve felsoblastik fasiyeslerine doğru tedricen sönmülenererek son bulur. Bu şekilde, bölgesel dinamotermal metamorfizma döngüsü evrimini tamamlar. Abakuma tipi metamorfizmanın fasiyes ve alt fasiyeslerin fiziksel koşullarında duraylıklarını kaybeden metamorfik mineraller katı fazda ve in-situ olarak çözülerek katı neoçözümler gelişir. Katı neoçözümlerden yeniden kristalleşmeyle granit bileşimli susuz kuvarso-feldispat kristaloblast neomineraller gelişir. Abakuma tipi bölgesel gerileyen dinamotermal metamorfizma tipinde açık renkli, kristaloblastik dokulu, bir tür metamorfik kaya türü olan lökokratoblastik metablastik kaya serileri gelişir. Bu şekilde metamorfik kayaları katı fazda ve in-situ olarak granit bileşimli kristaloblast neominerallerce zenginleşerek metablastik kayalarına değişim ve dönüşümleri olur. Bu nedenle, metamorfik kuşaklarda metamorfik kayalarla iç içe bulunan granit/granitoidler olarak bilinen kayalar metamorfik kökenli bir tür metamorfik kayaları olan lökokratoblastik metablastik kaya serileridir. Söz konusu farklı metamorfik kayalarla ilişkili metamorfik ve metab-

lastik maden yatakları gelişmiştir. Doğada granit/granitoidler olarak bilinen intrüzif, magmatik kökenli plütönik kayaları ve granit/granitoidlerle ilişkilendirilmiş magmatik kökenli maden yatakları gelişmemiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Granitoidler, metamorfizma, metamorfizma döngüsü, metablastik kayaları, metamorfik ve metablastik maden yatakları.

**Abstract:** Each different regional dynamothermal metamorphism is divided into two as regional-prograding and regional-retrograding types with own characteristic cycle of metamorphism. The cycle of regional dynamothermal metamorphism begins with Barrow-type regional prograding dynamothermal metamorphism type with greenschist facies and ends with almandine-amphibolite facies. When the pressures fell where almandine-amphibolite facies are occurred (retrograding, decompression), the activity on temperature increased. Barrow-type regional prograding dynamothermal metamorphism coincides with the change and transformation of Abukuma-type regional retrograding dynamothermal metamorphism. The cordierite-amphibolite facies under the Abukuma-type regional-retrograding dynamothermal metamorphism coincides with the almandine-amphibolite facies under Barrow-type regional-prograding dynamothermal metamorphism. Garnet and disthene minerals are generated by the almandine-amphibolite facies. When the polymorphic conversion of disthene to sillimanite occurred, the cordierite-amphibolite facies began. If the fall under the physical conditions of cordierite-amphibolite facies continued, both sillimanite and disthene change into andalusite polymorphically. Because of the cordierite-amphibolite facies coinciding with the almandine-amphibolite facies within the same metamorphic belt, the polymorphs of aluminum silicates are together observed under the physical conditions of triple junction point (0.25-3.75 kb and  $504 \pm 20$  °C). Abukuma-type regional-retrograding dynamothermal metamorphism is a type of metamorphism reversed from high temperature area to low temperature area and vice versa. Anhydrous crystalloblast minerals took place by solid phase dissolution and recrystallization during Abukuma-type regional-retrograding dynamothermal metamorphism. Hence, there was no greenschist facies. Here, the cordierite-amphibolite facies begins and fades away, gradually passing to the redescribed metablastic and felsoblastic facies. In this way, the evolutionary cycle of regional dynamothermal metamorphism was finished. Metamorphic minerals, the stabilities of which lose under physical conditions of the facies and subfacies during Abukuma-type metamorphism, dissolve in-situ at solid phase and then generate solid neosolutions. Anhydrous quartzo-feldspathic crystalloblast neominerals in which any rock has a granitic composition are occurred via recrystallization from the solid neosolutions. Leucocratoblastic-metablastic rock series, a kind of light-colored, crystalloblastic-textured metamorphic rock, exist by means of Abukuma-type regional-retrograding dynamothermal metamorphism. In this way, metamorphic rocks are enriched in crystalloblast neominerals with a granitic composition in-situ at solid phase, and turn into metablastic rocks. Therefore, the rocks known as granites/granitoids juxtaposed with metamorphic rocks along metamorphic belts, in fact, are leucocratoblastic-metablastic rock series, a kind of metamorphic rocks originated from metamorphism. Metamorphic and metablastic-origin ore beds are generated with a relationship of the mentioned diverse metamorphic rocks. There are no natural occurring intrusive magmatic-origin plutonic rocks known as granites/granitoids, and related magmatic-origin ore beds.

**Keywords:** Granitoids, metamorphism, cycle of metamorphism, metablastic rocks, metamorphic and metablastic ore beds.



## Granit/Granitoyidler Olarak Bilinen Metamorfik Kökenli Lökokratoblastik Metablastik Kayaların Oluşumları, Mineralojik ve Saha Özellikleri

*On the Formation, Mineralogical and Field Characteristics of Metamorphic  
Derived Leucocratoblastic Metablastic Rocks, Known as Granites/  
Granodiorites*

**Niyazi Tarhan**

*MTA Genel Müdürlüğü, Maden Etüt ve Arama Dairesi  
(ntara3@hotmail.com)*

**Öz:** Bölgesel dinamotermal metamorfizma döngüsünü oluşturan Barrow tipi bölgesel ilerleyen dinamotermal metamorfizmada moleküler hacmi küçülmüş, yoğunluğu artmış, yönlü mineral ve metamorfik kaya serileri gelişir. Barrow tipi bölgesel ilerleyen dinamotermal metamorfizmayı takiben gelişmiş ve onunla örtüşmüş Abakuma tipi bölgesel gerileyen dinamotermal metamorfizmada ise moleküler hacmi artmış, yoğunluğu azalmış, genişleyen kafesli, açık renkli, susuz kristaloblast neominerallerden oluşmuş, kristaloblastik dokulu ve yapılı, bir tür metamorfik kaya türü olan, köksüz, granit/granitoyidler olarak bilinen lökokratoblastik metablastik kaya serileri oluşur. Basınçlara oranla sıcakların etkin olduğu Abakuma tipi bölgesel gerileyen dinamotermal metamorfizmanın fasiyes ve alt fasiyeslerin fiziksel koşullarında (P/T), sıcaklıklara oranla basınçların etkin olduğu Barrow tipi bölgesel ilerleyen dinamotermal metamorfizmanın metamorfik mineralleri duraylıklarını kaybederek katı fazda ve in-situ olarak kısmen veya tamamen çözülürler. Katı fazda çözümlenmeyle farklı kimyasal bileşimli katı neoçözelliler gelişir. Katı neoçözellilerde elektrik yüklü kayaç yapıcı iyonlar duraylı değildir. Katyonlar oksijen anyonlarıyla birleşerek (polarizasyon), yeniden kristalleşmeyle farklı oksitoblast blast ve blast agregatları gelişerek, duraylı hale geçerler. Katı fazda çözülme devam ettikçe, katı neoçözellilerin oranı da artar. Katı neoçözellilerden metablastlaşmayla gelişen yeniden kristalleşmeyle jeokimyasal özellikleri aynı veya benzer olan oksitoblast blast (embriyolaşma) ve blast agregatları kendi aralarında gruplaşarak, birbirlerine eklenerek porfiroblast, kristaloblast ve megakristaloblast türü susuz neomineraller gelişir. Bu şekilde metamorfik kayaları katı fazda ve in-situ olarak granit bileşimli kuvarso-feldisbatoblast kristaloblast neominerallerce zenginleşerek açık renkli, köksüz, bir tür metamorfik kayalar olan, kristaloblastik dokulu ve yapılı lökokratoblastik metablastik kaya serilerine değişim ve dönüşümleri olur. Metablastik kayaları, ilksel köken kayaları ve söz konusu ilksel köken kaya birimlerinin metamorfik eşdeğer kayalarına bağlı olarak kuvarsoblast, mafikoblast-felsikoblast oksitoblast, foidoblast, kalsitoblast, kalsito-dolomitoblast, dolomitoblast, albitoblast, anortoklazoblast, mikroklinoblast, ortoklazoblast blast, blast agregatları, porfiroblast, kristaloblast ve megakristaloblast ana-tali kristaloblast susuz neominerallerinden oluşurlar. Metablastik kayaları ana-tali kristaloblast neominerallerin yanı sıra, katı fazda çözümlenmeyle farklı şekil ve boyutlarda küçülmüş kalıntı mafik-felsik protomineral-metaprotomineral, kalıntı mafik-felsik protolite-metaprotolit kaya bölümlerini içerirler. Granit/granitoyidler olarak bilinen metablastik kaya

serileri metamorfik kayalarla iç içe yan yana olup, düşey ve yanal yönde tedrici geçişler yapar. Metamorfik ve metablastik kaya serileri katı fazda ve in-sitü türedikleri için, türedikleri ilksel köken kayalarının yapısal konumlarını korumuşlardır. Metamorfik ve metablastik kaya serileri oluşumlarından sonra yatay tektonik kuvvetlerle, bazı bölgelerde gerek kendi aralarında ve gerekse metamorfik olmayan formasyonları ekay, bindirme ve naplar şeklinde birlikte tektonik olarak üzerlemişlerdir.

**Anahtar Kelimeler:** Metamorfizma döngüsü, metablastik kayaları, kristaloblast neomineraler, yapısal konum.

**Abstract:** During Barrow-type regional-prograding dynamothermal metamorphism producing the cycle of regional dynamothermal metamorphism, oriented mineral and metamorphic rock series occurred with a reduction in molecular volume and an increase in density. Following Barrow-type regional-prograding dynamothermal metamorphism, coincident Abukuma-type regional-retrograding dynamothermal metamorphism resulted in light-colored, anhydrous, crystaloblast neominerals-bearing, crystaloblastic-textured and –fabric, leucocratoblastic metablastic rock series with an increase in molecular volume, a decrease in density and an expansion of lattice. They are a kind of rootless metamorphic rocks also known as granites/granodiorites. Under the physical conditions (P/T) of facies and subfacies in which temperature-dominant Abukuma-type regional-retrograding dynamothermal metamorphism occurred resulted in metamorphic minerals of pressure-dominant Barrow-type regional-prograding dynamothermal metamorphism, losing their stabilities and partly or completely dissolving in-situ at solid phase. Solid neosolutions with a composition of diverse chemistry occurred by dissolving at solid phase. Electrically-charged rock-forming ions are not stable in solid neosolutions. Cations merge with oxygen anions (polarization) and then different oxidoblast blasts and blast aggregates took place via recrystallization, passing to the stable state. As the dissolution at solid phase continues, the rate of solid neosolutions also increases. Oxidoblast blasts (embryonization) and blast aggregates, geochemical features of which are identical or similar, occurred via recrystallization through metablastization from solid neosolutions, making groups between each of these and joining to each other and so, the results are emergent porphyroblast, crystaloblast and megacrystaloblast-type anhydrous neominerals. In this way, metamorphic rocks are enriched in quartzo-feldspathoblast crystaloblast neominerals with a composition of granite, and change and transform to light-colored, crystaloblastic-textured and –fabric, leucocratoblastic metablastic rock series, a kind of rootless metamorphic rocks. Metablastic rocks are composed of anhydrous quartzoblast, maficoblast-felsicoblast oxidoblast, foidoblast, calcitoblast, calcito-dolomitoblast, dolomitoblast, albitoblast, anorthoclasoblast, microclinoblast, orthoclasoblast blast, blast aggregates, porphyroblast, crystaloblast and megacrystaloblast-type major and minor crystaloblast neominerals due to their original source rocks and metamorphic equivalent rocks of the mentioned original source rocks. Metablastic rocks contain relict mafic-felsic protomineral-metaprotomineral and relict mafic-felsic protolith-metaprotolith rock sections, which reduced in varying shape and size by dissolving at solid phase, as well as major and minor crystaloblast neominerals. Metablastic rock series, which are known as granites/granitoids and juxtaposed with metamorphic rocks, gradually pass to metamorphic rocks vertically and laterally. Because metamorphic and metablastic rock series

are derived in-situ at solid phase, they preserved structural setting of the original source rocks from which they derived. Metamorphic and metablastic rock series overlie and underlie with horizontal tectonic forces after they were generated, and both between themselves and over non-metamorphic formations as overthrusts, thrusts and nappes in some regions.

**Keywords:** Cycle of metamorphism, metablastic rocks, crystaloblast neominerals, structural setting.





## Göksun, Afşin ve Ekinözü (Kahramanmaraş) Çevresindeki Metamorfitlemin Mineralojik-Petrografik Özellikleri

*Mineralogical and Petrographical Properties of the Metamorphites in the  
vicinities of Göksun, Afşin and Ekinözü (Kahramanmaraş)*

Deniz Hozatlıoğlu<sup>1</sup>, Ömer Bozkaya<sup>2</sup>, Hüseyin Yalçın<sup>1</sup>, Hüseyin Yılmaz<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Sivas, Türkiye

<sup>2</sup>Pamukkale Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Denizli, Türkiye

<sup>3</sup>Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Jeofizik Mühendisliği Bölümü, Sivas, Türkiye

(denizhozatlioglu@gmail.com)

**Öz:** Bu çalışmada, Doğu Toroslar'ın batı kesiminde Kahramanmaraş ili kuzeyinde batıdan doğuya doğru Göksun, Afşin ve Ekinözü ilçeleri çevresinde yüzeyleyen Üst Paleozoyik-Alt Mesozoyik yaşlı metamorfik birimlerin litolojik / stratigrafik, mineralojik ve petrografik özelliklerinin incelenerek metamorfizma özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu çerçevede, araziden alınan örneklerin optik mikroskopi ve XRD yöntemleri ile fillosilikat mineralojisi (mineral birliktelikleri, illit Kübler indeksi-KI, illit/mika *b*-hücre mesafesi, illit/mika ve klorit politipi) incelemeleri yapılmıştır. Göksun çevresindeki metamorfik kayalar oluşturan buruşma kıvrımlı / dilinimli fillit, kalkfillit ve mermer litolojileri başlıca kalsit, dolomit, kuvars, feldispat ve fillosilikat ( $2M_1$  illit / mika,  $I1b$  klorit, paragonit, kaolinit, klorit-vermikülit / C-V, illit-klorit / I-C) içermekte, KI ve *b* hücre mesafesi verilerine göre yüksek ankizon-epizon ve orta basınç fasiyesi koşullarını (alt yeşilşist) yansıtmaktadır. Afşin çevresindeki metamorfik kayalar fillit, kalkfillit, kalkşist, granatlı ve epidotlu mikaşist, klorit-epidot-amfibolşist ile tremolitli ve mikalı mermer litolojileriyle temsil edilmekte, fillosilikat minerallerini illit / mika ( $1M$  biyotit,  $2M_1$  muskovit, paragonit),  $I1b$  klorit, C-V, I-C, illit-simektit / I-S ve simektit oluşturmaktadır. Mineral birliktelikleri ve dokusal verilerin yanı sıra, illit/mika KI (epizon) ve *b*-hücre mesafesi (orta-yüksek basınç) verileri alt yeşilşist-yeşilşist fasiyesi koşullarına karşılık gelmektedir. Ekinözü çevresindeki metamorfik kayalar alt düzeylerde kloritşist, amfibolşist, granat, sillimanit, stavrolit ve disten içeren mikaşist ve mikagnays litolojilerinden, üst düzeylerde ise tremolit, aktinolit, biyotit, muskovit ve klorit içeren kalsitli ve dolomitli mermerlerden oluşmaktadır. Mikalar, muskovit ( $2M_1$ ) ve biyotit ( $1M$ ) arasında (biyotit-seladonit, muskovit-flogopit, muskovit-ferrihenjit, muskovit-ferrobiyotit, Al-flogopit-Al-annit), kloritler ( $I1b$ ) ise şamozit ve klinoklor (brunsvigit ve diyabantit) arasında trioktahedral bileşime sahiptir. Mineral birlikteliklerine göre, Ekinözü bölgesindeki metamorfik kayalar metabazik ve metapelitlerce zengin alt seviyelerde amfibolit fasiyesi; metakarbonatlarca zengin üst seviyelerde ise yeşilşist fasiyesi koşullarını yansıtan metamorfizma derecelerini göstermektedir. İri tane boyutlu biyotit, muskovit ve kloritlere çok düşük-dereceli metamorfizmayı işaret eden C-V, C-S, I-C ve illit-vermikülit / I-V eşlik etmektedir. Mineralojik bileşim ve metamorfizma derecelerine göre Göksun ve Afşin bölgesindeki metamorfik kayalar Malatya metamorfitlemine, Ekinözü bölgesindekiler ise Pütürge metamorfitlemine benzerlik sunmaktadır. Elde edilen veriler; Güneydoğu Anadolu Orojenik Kuşağı Metamorfik Masiflerinin batı uzantısını temsil eden metamorfik kayaların bölgelere göre farklı köken kayac ve/veya litolojilere, batıdan

(Göksun) doğuya (Ekinözü) doğru artan sıcaklık ve basınç koşullarına ve her birinin farklı jeolojik evrime sahip mozaikleri temsil ettiklerini göstermiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Doğu Toroslar, fillosilikat mineralojisi, metamorfizma, XRD.

**Abstract:** In this study, it was aimed to determine the metamorphism characteristics of the Upper Palaeozoic-Lower Mesozoic metamorphic units by investigating lithological / stratigraphical, mineralogical and petrographic properties which were outcropped from west to east in the vicinities of Göksun, Afşin and Ekinözü towns in the north of Kahramanmaraş province in the western part of the Eastern Taurus. In this context, phyllosilicate mineralogy (mineral associations, illite Kübler Index-KI, illite / mica b-cell dimension, illite / mica and chlorite polytypes) studies were carried out on the samples taken from the field by optical microscopy and XRD methods. Lithologies of the phyllite with cleavage, calcphyllite and marble forming metamorphic rocks around Göksun contain mainly calcite, dolomite, quartz, feldspar and phyllosilicate ( $2M_1$  illite/mica,  $Ib$  chlorite, paragonite, kaolinite, chlorite-vermiculite / C-V, illite-chlorite / I-C), and reflect high anchizon-epizon and medium pressure facies conditions (subgreenschist) according to KI and  $b$  cell dimension data. The metamorphic rocks around Afşin are represented by phyllite, calcphyllite, calcschist, micaschist with garnet and epidote, chlorite-epidote-amphiboleschist, and marble with tremolite and micaceous lithologies, and phyllosilicate minerals are made up of illite / mica ( $1M$  biotite,  $2M_1$  muscovite, paragonite),  $Ib$  chlorite, C-V, I-C, illite-smectite / I-S and smectite. In addition to mineral associations and textural data, illite / mica KI (epizon) and  $b$ -cell dimension (medium-high pressure) data correspond to the subgreenschist-greenschist facies conditions. The metamorphic rocks around Ekinözü are formed of lithologies of chloriteschist, amphiboleschist, and micaschist and micagneiss with garnet, sillimanite, staurolite and kyanite at the lower levels, but calcitic and dolomitic marbles with tremolite, actinolite, biotite, muscovite and chlorite at the upper levels. Micas and chlorites ( $Ib$ ) have trioctahedral compositions among muscovite ( $2M_1$ ) and biotite ( $1M$ ) (biotite-celadonite, muscovite-phlogopite, muscovite-ferriphengite, muscovite-ferrobiotite, Al-flogopite-Al-annite), and chamosite and clinocllore (brunsvigite and diabantite) respectively. According to the mineral associations, the metamorphic rocks in Ekinözü region show the amphibolite facies, rich in metabasic and metapelites at the lower parts, but greenschist facies conditions, rich in metacarbonates at the upper parts. The coarse grained biotite, muscovite and chlorites are accompanied by C-V, C-S, I-C and illite-vermiculite / I-V, which indicate very low-grade metamorphism. According to the mineralogical composition and metamorphism degrees, metamorphic rocks in Göksun and Afşin regions are similar to Malatya metamorphites; however ones in Ekinözü region to Pütürge metamorphics. The data show that metamorphic rocks representing the western extension of the Southeast Anatolian Orogenic Belt Metamorphic Massives have different origin rocks and/or lithologies according to the regions, increasing temperature and pressure conditions from west (Göksun) towards east (Ekinözü) and mosaics with different geological evolutions.

**Keywords:** Eastern Taurus, phyllosilicate mineralogy, metamorphism, XRD.



## Tavşanlı Zonu Kayalarının Maksimum Çökme Yaşı ve Tektonik Önemi: U-Pb Kırıntılı Zirkon Jeokronolojisi Verileri

*Maximum Depositional Age and Tectonic Significance of the Rocks of the Tavşanlı Zone: Evidence from U-Pb Detrital Zircon Geochronology*

**Erdin Bozkurt<sup>1,2</sup>, Aral İ. Okay<sup>3</sup>, Axel Gerdes<sup>4,5</sup>**

<sup>1</sup>Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Üniversiteler Mahallesi, Dumlupınar Bulvarı, No: 1, 06800 Ankara, Türkiye (erdin@metu.edu.tr)

<sup>2</sup>Center for Global Tectonics & State Key Laboratory of Geological Processes and Mineral Resources, China University of Geosciences, Wuhan, 388 Lumo Road, Hongshan District, Wuhan 430074, Hubei Province, China

<sup>3</sup>İstanbul Teknik Üniversitesi, Avrasya Yerbilimleri Enstitüsü ve Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Ayazağa, Maslak, 34 İstanbul, Türkiye

<sup>4</sup>Institute of Geosciences, Goethe-University Frankfurt, Altenhoferallee 1, 60438 Frankfurt am Main, Germany

<sup>5</sup>Department of Earth Sciences, Stellenbosch University, Private Bag X1, Matieland 7602, South Africa

**Öz:** Anadolu-Toros bloğunun en önemli tektonik birlikleri arasında yeralan Tavşanlı Zonu, Geç Kretase'de yüksek basınç-düşük sıcaklık (YB/DS) koşullarında metamorfizma geçirmiş bir tektonik birliktir. YB/DS mineral parajenezleri çok iyi korunmuş olan birim Anadolu-Toros Bloğu'nun bir dalma-batma zonu içine dalan ve daha sonra tekrar satha yükselen kesimini temsil etmektedir. Tavşanlı Zonu, metasedimanter, ofiyolitli melanj ve ofiyolit gibi değişik kaya toplulukları ile temsil edilir, bu kaya toplulukları Eosen granitoidleri tarafından kesilir. Metasedimanter kayalardan yapılmış düzenli bir stratigrafik istif ile temsil edilen Orhaneli Grubu Tavşanlı Zonunun yapısal olarak en alt birimini temsil eder. Orhaneli Grubu alttan üste doğru mikaşistlerden oluşan *Kocaçay Formasyonu*, İnönü Mermeri ve baskın olarak metabazitlerden yapılmış *Devlez Formasyonu*'nu içermektedir.

Çalışma, Orhaneli Grubu'nun yapısal olarak en alt birimini oluşturan ve yüzeyletiği her yerde genelde gnaysik dokulu kuvars mikaşistler ile daha ince taneli mikaşistlerin ardanlanmasıyla temsil edilen, yer yer de kuvars çakıllı metaçakıltaşları içeren Kocaçay Formasyonunu konu edinmiştir. Mikaşistler esas olarak kuvars ve fengitden oluşurken, YB/DS metamorfizmasına işaret eden jadeit, kloritoyid, glökofan ve lavsonit gibi mineraller de bulundurmaktadır.

Kocaçay Formasyonu'nun litolojik özellikleri istifin metamorfizma öncesi tipik kumtaşı-şeyl ardanlanmasından oluştuğuna işaret etmektedir. Birimin yaşı literatürde erken Triyas olarak ifade edilirken, bu yaklaşımı destekler veri dağarcığı oldukça sınırlıdır. Dolayısıyla, formasyonun maksimum çökme yaşı ve kaynak alanları konusunda daha sağlıklı bir değerlendirme yapabilmek için birimden ayıklanan kırıntılı zirkonlar üzerine ayrıntılı ve sistematik bir jeokronolojik (U-Pb) çalışma yürütülmüştür.

Uyumlu (%90–110) zirkon yaşlarından oluşan popülasyonda Paleozoyik zirkonları (%52,0) en baskın topluluğu oluştururken, Neoproterozoyik (%25.7) ikinci, Mesozoyik (%13,5) ise üçüncü büyük zirkon topluluğunu temsil ederler. Paleoproterozoyik (%5,1) ve Mezoproterozoyik (%2,7) zirkonlarının varlığı da önemlidir. Permien (%11,7) ve Triyas (%8,0) zirkonlarının çok sayıda bulunması birimin maksimum çökelim yaşını göstermesi açısından önemlidir. Bunlara ilaveten birimde *geç Geç Triyas*, (*Retiyen*) ve erken Jura zirkonları da bulunmaktadır. Özellikle Jura yaşlarının ne anlama geldiği tartışmalıdır. Yeni kırıntılı zirkon yaş verilerinin anlamı ve tektonik önemi tartışılacaktır.

**Anahtar Kelimeler:** kırıntılı zirkon, U-Pb jeokronolojisi, Tavşanlı Zonu, Neotetis

**Abstract:** Tavşanlı Zone, one of the most important tectonic units of the Anatolide-Tauride block, is a tectonic unit that has undergone high pressure-low temperature (HP/LP) metamorphism during Late Cretaceous. The HP/LT mineral paragenesis are commonly well preserved. The unit is interpreted as deeply subducted and then exhumed part of the Anatolide-Tauride block. A sequence of metasediments, ophiolitic melange and ophiolites characterize the Tavşanlı Zone. The metasediments forms the lowest lithological association in the zone, namely the Orhaneli Group, and is made up of micaschists (*Kocaçay Formation*), marbles (*İnönü Marble*) and metabasic (*Devlez Formation*).

This paper is concerned with the lowest formation of the Orhaneli Group, the Kocaçay Formation. The unit is composed mainly of quartz micaschist and fine-grained micaschist alternation; conglomerates with quartz pebbles occur locally. Micaschist consists mainly of quartz and phengite, and is characterized by the presence of typical HP/LT minerals like jadeite, chloritoid and lawsonite.

The lithological characteristics of the Kocaçay Formation suggest a protolith of typical sandstone-shale alternation. The age of the formation is considered as early Triassic but the supporting evidence is scarce. Hence, a detailed and systematic geochronologic campaign (U-Pb analyses on detrital zircons) has been carried out to determine the age and provenance of the formation.

Paleozoic zircons (52.0%) form the most abundant concordant (90–110%) zircon population while Neoproterozoic (25.7%) and Meozoic (13.5%) zircons form the other important populations. The presence of Palaeoproterozoic (5.1%) and Mezoproterozoic (2.7%) zircons is also important to note. Abundance of Permian (11.7%) and Triassic (8.0%) zircons is important as they bear on maximum depositional age of the metaclastic sequence. Additionally, there latest Triassic (Rhaetian) and early Jurassic zircons as well but their meaning is controversial. The meaning and tectonic significance of new detrital zircon ages will be discussed.

**Keywords:** detrital zircon, U-Pb geochronology, Tavşanlı Zone, Neotethys



**MÜHENDİSLİK JEOLJİSİ VE JEOTEKNİK**  
**/ ENGINEERING GEOLOGY AND GEOTECHNICS**  
Tamer TOPAL - Aykut AKGÜN - Nihat Sinan IŞIK -  
Özge DİNÇ GÖĞÜŞ - Harun SÖNMEZ

---

**Sözlü Sunumlar/*Oral Presentations***

---

**ÖZ/ABSTRACT**





## Kaya Şev Duraylılığının Farklı Deterministik ve Olasılıksal Yöntemlerle Değerlendirilmesi: Batı Karadeniz Örneği

### *Assessment of Rock Slope Stability by Different Deterministic and Probabilistic Methods: Western Black Sea Example*

**Timur Ersöz, Tamer Topal**

*Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü  
(tersoz@metu.edu.tr)*

**Öz:** Yol yarmalarının şev duraylılığı geometrik değişiklikler, süreksizlik açıklıklarının genişlemesi, kazı, ayrışma ve gerilme azalımı gibi örselenmelerden etkilenmektedir. Bu örselenmeler göz önüne alınmadan yapılan hatalı tasarımlar bir kazaya sebebiyet verebilir. Kaya şevlerin duraylılığını değerlendirmek için deterministik ve olasılıksal yöntemler kullanılabilir. Deterministik yöntemler şev duraylılığını küçük hesaplamalarla bulabilmekte ve güvenlik katsayısını doğrudan hesaplayabilmektedir. Olasılıksal yöntemler ise, şev özelliklerinin belirsizliklerini göz önünde bulundurarak istatistiksel sonuçlar elde edebilir ve dolayısıyla güvenlik katsayısını doğrudan belirleyemez. Bu çalışmanın amacı, Türkiye'nin Batı Karadeniz bölümünde seçilen 20 kaya şevinin farklı deterministik ve olasılıksal yöntemlerle duraylılığının değerlendirilmesidir. Yol yarmalarında bulunan kaya kütlelerine ait kaya malzemesi indeks özellikleri ve dayanım parametreleri laboratuvar deneyleriyle belirlenmiştir. Her bir yarmanın yapısal süreksizlik özellikleri saha çalışmaları sırasında hat etüdleriyle elde edilmiştir. Duraylılık analizleri Şev Kütle Puanlaması (SMR), Kaya Şev Bozunma Değerlendirmesi (RDA), Kaya Düşmesi Tehlike İndeksi (FRHI) ve Olasılıksal Şev Duraylılığı Sınıflandırma Sistemi (SSPC) yöntemlerine göre yapılmıştır. Saha çalışmaları yarmaların bütünsel duraylılığının bir sorun teşkil etmediğini gösterse de, ayrışma ve kazının etkisinden kaynaklanan yüzeysel yenilmelerin ciddi sorunlar yaratabileceğini göstermiştir. Bu sebeple, ampirik yöntemlerle elde edilen sonuçlar saha gözlemleriyle karşılaştırılmıştır. Buna göre SSPC saha gözlemleriyle tutarlı sonuçlar göstermiştir. Diğer yandan SMR, SSPC'ye oranla daha detaysız sonuçlar ortaya koymuştur. RDA ve FRHI sonuçları ise şev yüzeyleri için tutarlıdır. Sonuç olarak, ayrışma ve kazının etkisini göz önünde bulunduran yöntemlerle yapılan şev duraylılığı analizlerinin daha tutarlı sonuçlar ürettiği söylenebilir. Ancak, ayrışma ve kazıdan kaynaklanan örselenmiş bölgenin kaya kütle dayanımı ve kalınlığı da belirlenerek söz konusu yöntemlerle dikkatlice kullanılması önerilmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Ayrışma, Batı Karadeniz, kaya dayanımı, kazı, olasılıksal yöntem, SSPC, şev duraylılığı

**Abstract:** Road cut slope stability is affected by the disturbances such as geometry change, widening of apertures of discontinuities, excavation, weathering and stress relief. A wrong design without considering these disturbances can cause an incident. In order to assess the stability of rock slopes, deterministic or probabilistic methods can be used. Deterministic methods



can evaluate slope stability by small computational efforts and compute the factor of safety directly. Considering uncertainties of the slope properties, probabilistic methods can obtain statistical results but it cannot determine the factor of safety. The aim of this study is the stability assessment of twenty rock slopes located in Western Black Sea region of Turkey with different deterministic and probabilistic methods. The index rock properties and strength parameters of the cut slopes were determined by the laboratory tests. Discontinuity properties of each cut slope were obtained during field studies by scan line surveys. The stability analyses were carried according to Slope Mass Rating (SMR), Rock Slope Deterioration Assessment (RDA), Falling Rock Hazard Index (FRHI) and Slope Stability Probability Classification (SSPC). The field studies showed that although there is no concern about the overall stability of the cut slopes, surficial failures triggered by weathering and excavation can cause significant problems. Therefore the results obtained from empirical methods were compared with field observations. According to this, SSPC provided consistent predictions with the field observations. On the other hand, SMR produced less detailed results compared to SSPC. RDA and FRHI results were appropriate for the slope faces. Overall, the methods considering weathering and excavation can evaluate the slope stability more accurately. Nevertheless, the rock mass strength and thickness of the disturbed zone due to excavation and weathering should be determined and used carefully in these methods.

**Keywords:** Weathering, western Black Sea, rock strength, excavation, probabilistic method, SSPC, slope stability



## Kaya Malzemelerinin Doğrudan Çekme Dayanımı Testlerinde Delinmiş Karot Numunelerinin Kullanımı

### *Use of Drilled Core Specimens in Direct Tensile Strength Tests of Rock Materials*

Eren Kömürlü<sup>1</sup>, Serhat Demir<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Giresun Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, Giresun, Türkiye,

<sup>2</sup>Karadeniz Teknik Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, Trabzon, Türkiye  
(ekomurlu@giresun.edu.tr)

**Öz:** Bu çalışmada delinmiş karot numunelerinin kaya malzemelerinin doğrudan çekme dayanımı değerlerinin belirlenmesi için kullanılabilirliği deneysel ve numerik çalışmalar ile incelenmiştir. Numunelerin delinmesindeki amaç yenilme yükünü azaltarak doğrudan çekme testlerinde görülebilen yapıştırıcı bölgesindeki geçersiz yenilmeleri önleyebilmektir. Deneylerde Uluslararası Kaya Mekaniği ve Kaya Mühendisliği Derneği (ISRM) tarafından önerilen boy/çap oranı 3 olan, NX çaplı karotiyer ile alınan farklı kaya malzemesi (kireçtaşı, andezit, bazalt ve silttaşı) numuneleri test edilmiştir. Karot üzerine açılan farklı delik çaplarının yenilme yükleri ve numune içerisindeki gerilme dağılımlarına etkileri numerik modeller ile analiz edilmiştir. Numerik analizlerde sonlu elemanlar yöntemi ile çözümleme yapan ANSYS programı kullanılmıştır. Numune hazırlık aşamasındaki pratiklik ve gerilme dağılımları göz önüne alındığında ideal delik çapı 11 mm olarak belirlenmiştir. Delikler, ayaklı matkap kullanılarak numune uzunluğunun yarısından, karot çapı boyunca açılmıştır. Numerik ve deneysel çalışmalardan elde edilen sonuçlara göre, kaya malzemelerinin doğrudan çekme dayanımının 11 mm çapında delinmiş, NX çaplı karotiyer ile alınan numuneler kullanılarak belirlenmesi için  $UTS = F_{ud}/A \cong (F_{11}/0.6)/A$  eşitliği önerilmiştir.  $UTS$  tek eksenli çekme dayanımı (MPa),  $A$  karot numunenin delinmemiş dairesel kesit alanı (mm<sup>2</sup>),  $F_{ud}$  delinmemiş karot numunesinin doğrudan çekme testinde yenilme yükü (kN),  $F_{11}$  11 mm delik çapına sahip karot numunesinin doğrudan çekme testinde yenilme yüküdür (kN). Yenilme başlangıcının deliklerin yan cidarlarında tek eksenli çekme gerilmesi altında gerçekleştiği belirlenmiştir. Yenilme yükü, delinmemiş standart karot numunelerine kıyasla delinmiş karot kullanımında düşük olduğundan yapıştırıcı bölgesindeki geçersiz yenilmelerin bu yöntemle önlenilebileceği görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Çekme dayanımı, doğrudan çekme testi, kaya malzemesi, delinmiş karot numune

**Abstract:** In this study, a new direct tensile strength determination method of drilled core specimen testing was investigated with numerical and experimental studies. The aim of drilling process is decreasing the failure load and stress concentration at the adhesive part to prevent invalid failures in direct tensile strength tests of rock materials. In experimental studies, core specimens taken by an NX size core driller, from four different types of rock materials (limestone, andesite, basalt, siltstone) were tested selecting the length to diameter ratio of 3 according to the ISRM standard.

ding to International Society for Rock Mechanics and Rock Engineering (ISRM) suggestions. Effects of different hole diameters drilled in the rock specimens on the stress distribution and failure loads were analysed with numerical models. The ANSYS finite element modelling program was used in the numerical analyses. Considering the simplicity in the preparation of the samples and the stress distribution in the cores, suitable hole diameter was determined as 11 mm. The holes were drilled along the diameter at the middle length of core specimens by using a stand driller machine. According to the results obtained from numerical and experimental analyses, an equation of  $UTS = F_{ud} / A \equiv (F_{11} / 0.6) / A$  is suggested in order to obtain the direct tensile strengths of rock material specimens drilled in a hole diameter of 11 mm. In the equation above, UTS is the uniaxial tensile strength (MPa),  $F_{11}$  is the failure load of specimens with the drill hole diameter of 11 mm (kN),  $F_{ud}$  is the failure load of undrilled (standard) specimen (kN),  $A$  is the cross-section area of undrilled part of the core specimen (cm<sup>2</sup>). It was determined that the failure initiates at the sidewalls of holes under uniaxial tensile stress condition. Because failure loads of the drilled cores are less than those of the standard core samples, it was observed that the invalid failures at the adhesive part can be prevented with this method.

**Keywords:** Tensile strength, direct tensile strength test, rock materials, drilled core specimen



## D-400 Karayolu (Anamur-Kaledran Arası) T5 Tünelinin Jeoteknik İncelemesi

### *Geotechnical Investigation of T5 Tunnel on the D-400 Highway (Between Anamur-Kaledran)*

**Mehmet Aydoğdu<sup>1</sup>, Sedat Türkmen<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Temat A.Ş.-Gözlem A.Ş. İş Ortaklığı

<sup>2</sup>Çukurova Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü

(mehmetaydogdu.80@gmail.com)

**Öz:** Bu çalışma, Mersin-Antalya arasındaki karayolunun Anamur kesiminde yer alır. Proje, yapımı devam etmekte olan yol çalışmasında, T5 olarak anılan tünel güzergahının mühendislik jeolojisini, jeolojik modellemesini kapsar. Bu çalışma ile, tünel kazı ve destekleme sınıflamasının belirlenmesi, yorumlanması ve alternatif öneriler sunulması amaçlanmaktadır.

Planlama aşamasında açık kazı olarak yapılması öngörülen yolun bu bölümü, şevlerdeki duraysızlık problemleri nedeniyle, emniyet bakımından tünel olarak inşa edilmiştir. Bölgede genel olarak kahve renkli, tektonizmanın etkisiyle deformasyona uğramış, kırılmalı bol eklemli şistlerden oluşan Çakmak formasyonu yüzeylemektedir. Önceki açık kazı projesinde şevler 1V/2D olarak tasarlanmış, uygulamada açılan yarmalarda stabilite problemleri oluşmasından dolayı şev yapımından vazgeçilerek tünel projesine dönülmüştür. Tünel güzergahı genel olarak bol eklemli şistler içerisinde yer almaktadır. Bu çalışma ile NATM ilkelerine göre tünel açılmasına olanak sağlayacak olan RMR ve Q kaya kütle sınıflamaları yapılmıştır. Kazı ve desteklemeler NATM ilkelerine göre gerçekleştirilmiştir. Tünel açımı sırasında projede öngörülen desteklemeler yer yer yetersiz kalmış ilave olarak boru şemsiye yöntemi uygulanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Kaya kütle özellikleri, RMR, Q, NATM, karayolu tüneli

**Abstract:** This study takes place along the motorway around Anamur village between Antalya and Mersin cities. The project includes the geological modeling, rock mass classification and engineering geology of the tunnel route called T5 along the ongoing road works. In this study, it is aimed to determine the classification, interpretation and alternative proposals of tunnel excavation and support classification.

Due to the instability of the road section, which is planned to be constructed as an open excavation at the planning stage, it was constructed as a tunnel because of its safety. In the region, Çakmak formation, which is generally composed of brittle, abundant jointed and fractured metamorphic units is exposed. In the previous open excavation project, the slopes were designed as 1V/2H, and because of the stability problems in the cut-slopes that opened in the same unit, it was abandoned and changed to a tunnel project. The tunnel route is generally located within often jointed schists. In this study, RMR and Q rock mass classifications which allow tunneling according to NATM principles were done for the tunnel. Excavations and supports were car-

ried out according to the NATM principles. During the tunnel opening, the supports provided in the project were insufficient from time to time and the umbrella arch method was applied.

**Keywords:** Rock Mass Parameters, RMR, Q, NATM, motorvay tunnel.



## Jet-Enjeksiyon Basıncının Enjeksiyon Kolonu Çevresindeki Zeminlerin Dayanım Özellikleri Üzerindeki Etkisi

### *Impact of Jet-Grouting Pressure on the Strength Characteristics of Soils Around Grouting Columns*

Mutluhan Akın<sup>1</sup>, İsmail Akkaya<sup>2</sup>, Müge K. Akın<sup>3</sup>, Ali Özvan<sup>4</sup>, Yusuf Ak<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Nevşehir

<sup>2</sup>Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, Van

<sup>3</sup>Abdullah Gül Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Kayseri

<sup>4</sup>Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Van

<sup>5</sup>İlbank 13.Bölge Müdürlüğü, Van

(mutluhanakin@nevsehir.edu.tr)

**Öz:** Jet-enjeksiyon (jet-grout), düşük dayanıma ve yüksek deformasyon özelliklerine sahip zeminlerin fiziko-mekanik özelliklerinin iyileştirilmesinde son yıllarda yaygın olarak tercih edilen yöntemlerden bir tanesidir. Uygulamanın temel esası, farklı oranlardaki su-çimento şerbetinin oldukça yüksek basınçlı olarak (en düşük 300 bar) çok küçük çaplı dönel püskürtme deliklerinden zemin içerisine gönderilmesi ve bu dönüş esnasında farklı çaplarda yüksek dayanımlı silindirik kolonların oluşturulmasına dayanmaktadır. Zemini yırtarak meydana gelen bu kolonlar çimentonun yanı sıra, bir miktar zemin malzemesini de bünyesine almaktadır. Öte yandan, jet-enjeksiyon kolonlarının oluşturulması sırasında uygulanan yüksek enjeksiyon basınçları kolon çevresindeki zeminleri iterek kolonlar arasında bir sıkışma zonu oluşmasına neden olmaktadır.

Bu çalışmada, jet-enjeksiyon kolonları çevresindeki sıkışma zonunda farklı tane boylarındaki zeminlerin dayanım özelliklerindeki olumlu değişim arazide gerçekleştirilen deneysel çalışmalarla ortaya konmuştur. Bu kapsamda, jet-enjeksiyon uygulamasından önce inceleme sahasında gerçekleştirilen Standart Penetrasyon Deneyleri ve Çok Kanallı Yüzey Dalgası Analiz Yöntemleri (MASW), jet-enjeksiyon kolonlarının yapımından sonra kolonlar arasında kalan zeminlerde tekrarlanmış ve sıkışma zonundaki bu zeminlerde SPT darbe sayılarındaki ve S-dalga hızlarındaki değişim belirlenmiştir. Arazi deney sonuçları, sıkışma zonundaki zeminlerde darbe sayılarının ve S-dalga hızlarının ilksel değerlere oranla önemli ölçüde arttığını göstermektedir. Bu artış, jet-enjeksiyon kolonları arasında yer alan zeminlerin enjeksiyon basınçlarından olumlu yönde etkilendiğini ve fiziko-mekanik özelliklerinde önemli bir iyileşme olduğu sonucunu ortaya koymaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Enjeksiyon basıncı, jet-enjeksiyon, kolon, sıkışma zonu, zemin iyileştirme.

**Abstract:** Jet-grouting is one of the widely preferred methods for improving the physico-mechanical properties of soils with low strength and high deformation properties. The fundamental

of the application is based on the injection of different proportions of water-cement grout at very high pressure (at least 300 bar) from very small diameter rotational nozzles to the ground and construction of high strength cylindrical columns of different diameters during rotation. These columns, which are formed by deforming subsoil, also involve some soil material as well as cement. On the other hand, the high grouting pressures applied during the formation of jet-grouting columns squeeze the soil around the columns causing a compression zone among the columns.

In this study, the improvement of the strength characteristics of soils with varying grain sizes in the compression zone around jet-grouting columns was verified by field tests. In this context, Standard Penetration Tests and Multi-channel Surface Wave Analysis Methods (MASW), which were carried out in the field before jet-grouting, were repeated for the soils between the columns after the construction of jet-grouting columns and the variation of SPT blow-counts and S-wave velocities were determined in these compression zones. The results of the field tests indicate that the blow-counts and S-wave velocities of the soils in the compression zone significantly increased compared to their primary values. This increase suggests that the soil between jet-grouting columns is positively affected by the grouting pressures resulting in a substantial improvement of its physico-mechanical properties.

**Keywords:** Grouting pressure, jet-grouting, column, compression zone, soil improvement.



## Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Uzaktan Algılama Tabanlı Çok Değişkenli İstatistik Yöntemle Heyelan Duyarlılık Analizi: Beşikdüzü (Trabzon) Örneği

### *Geographical Information Systems and Remote Sensing Based Landslide Susceptibility Analysis by Multivariate Statistical Method*

**Kübra Tezel, Aykut Akgün, Ehsan Alizadeh**

*Karadeniz Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 61080, Trabzon  
(tezelkubra@gmail.com)*

**Öz:** Heyelanlar, ülkemizde özellikle yüksek miktarda yağış alan ve sarp morfolojiye sahip bölgelerde sıklıkla görülmekte, ciddi boyutlarda mal ve can kayıplarına neden olmaktadır. Bu açıdan ele alındığında Karadeniz Bölgesi'nin Doğu Karadeniz Bölümü heyelanların çok sayıda yaşandığı alanların başında gelmektedir.

Bu çalışmada, heyelanların ülkemizde en çok yaşandığı Trabzon iline bağlı, Beşikdüzü ilçesine ait heyelan duyarlılık değerlendirmesi gerçekleştirilmiştir. Heyelan duyarlılık değerlendirmesi, etkin bir heyelan afet yönetim modelinin olmazsa olmaz en temel başlangıç aşaması olarak kabul edilmektedir. Bu amaçla, çalışma alanında bir heyelan duyarlılık değerlendirmesi için ihtiyaç olan girdi parametreleri gerek arazi çalışmaları, gerekse mevcut veriler kullanılarak elde edilmiştir. İlk olarak, inceleme alanına ait 1:25.000 ölçekli ve Harita Genel Komutanlığı tarafından üretilen sayısal topoğrafik haritalardan yararlanarak Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ortamında 10 m mekânsal çözünürlüklü sayısal yükseklik modeli (SYM) üretilmiştir. Üretilen bu SYM'den itibaren ikincil topoğrafik veriler olan yamaç eğimi, yamaç yönelimi ve plan ve profil yamaç eğriselliği, topoğrafik nemlilik indeksi (TNI) ve akarsu güç indeksi (AGİ) parametreleri üretilmiştir. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA) tarafından yine 1:25.000 ölçekli olarak üretilen sayısal jeoloji haritası bir girdi parametresi olarak kullanılmıştır. Heyelan duyarlılık değerlendirmesinde gerek modelleme, gerekse model sonrası doğrulama aşamasında oldukça önemli ve gerekli olan heyelan envanter verisi hem arazi çalışması, hem de uzaktan algılama yaklaşımıyla yüksek mekânsal çözünürlüklü uydu görüntüleri kullanılarak çok zamanlı biçimde elde edilmiştir. Bunun için, 2000-2018 yılları arasını kapsayan bir zaman dilimi dikkate alınmış, bu zaman dilimi içinde alanda meydana gelen heyelanlar haritalanmıştır.

Sözü edilen parametreler elde edildikten sonra, modelleme aşaması gerçekleştirilmiştir. Bu aşamada modelleyici yöntem olarak literatürde en çok kullanılan yöntemlerin başında gelen Mantıksal Regresyon yöntemi kullanılmıştır. Modelleme aşamasında, heyelan envanter verisi bağımlı değişken, diğer parametreler ise bağımsız değişken olarak tanımlanmıştır. Heyelan envanter verisindeki heyelanların %70'i modelde bağımlı değişken olarak kullanılmış, diğer %30'luk kısım ise çıktı modelin doğruluk değerlendirmesinde dikkate alınmıştır. Model sonucunda elde edilen çıktı sonuç, eğri altındaki alan (EAA) yöntemi ile doğruluk değerlendirmesine sokulmuştur.



**Anahtar Kelimeler:** Coğrafi bilgi sistemleri, heyelan duyarlılık, mantıksal regresyon, Trabzon

**Abstract:** Landslides are frequently seen in our country especially in areas with high rainfall and steep morphology, and cause serious loss of dwellings and lives. When approached from this perspective, The Eastern part of Karadeniz Region is one of the areas where landslides are experiencing a large number of landslides.

In this study, a landslide susceptibility assessment of Besikduzu district located in Trabzon province where is the most landslide prone area in the country was carried out. The landslide susceptibility assessment is considered to be the most essential initial phase of an effective landslide hazard management model. For this purpose, input parameters required for a landslide susceptibility assessment in the study area have been obtained by using both field studies and available data. First, a 10 m spatial resolution digital elevation model (DEM) was prepared in Geographic Information Systems (GIS) environment using the 1:25.00 scaled digital topographic maps generated by the General Command of the Survey. The slope gradient, slope aspect, plan and profile slope curvature, topographic wetness index (TWI), and stream power index (SPI) parameters have been produced from this generated DEM. 1:25.000 scale digital geology map generated by the General Directorate of Mineral Research and Exploration (MTA) was used as an input parameter. In landslide susceptibility assessment, landslide inventory data which are important and necessary in the modeling and after-modeling verification phase were obtained in a multi-time range using high spatial resolution satellite images with remote sensing approach and field survey. For this aim, occurred landslides were mapped using a considered time zone in a time range of 2000 to 2018.

After obtaining the mentioned parameters, modelling process was carried out. At this stage, Logistic Regression method which is one of the most commonly used methods in the literature was used as a modeling method. At the modeling stage, landslide inventory data were defined as dependent variable and other parameters as independent variable. 70% of landslides in landslide inventory data were used as dependent variables in the model, the other 30% were considered in the accuracy assessment of the output model. The result obtained from the model was evaluated by the area under the curve (AUC) methodology.

**Keywords:** Geographic information systems, landslide susceptibility, logistic regression, Trabzon



## Sıkı Kumlarda Mohr - Coulomb Eğrisel Yenilme Zarfı: Bartın Çayı Kumları Örneği

*Mohr - Coulomb Curvilinear Failure Envelope in Dense Sand: A Case of Bartın River Sands*

**Ermedin Totiç**

*Bartın University, Department of Civil Engineering, TR-74000 Bartın, Turkey  
(ermedintotic@bartin.edu.tr)*

**Öz:** Mühendislik yapılarının altında zemin yenilmesi kayma şeklinde gerçekleşir. Uygulanan kayma kuvvetlerine karşı zeminin göstermiş olduğu maksimum içsel dirence kayma dayanımı denilmektedir. Zeminlerin kayma dayanımı; daneler arası sürtünme, kayma düzlemi üzerindeki efektif normal gerilme, kayma esnasında danelerin yeniden düzenlenmesi, birim deformasyon, zeminin boşluk oranı, gerilme tarihçesi, danelerin boyu, dağılımı, şekli ve pürüzlülüğü, mineralojik bileşimi gibi birçok değişkene bağlıdır. Bu faktörlerin hepsi aynı öneme sahip olmayıp, bazılarının deneysel olarak belirlenmesi de mümkün olamamaktadır.

Kumlu zeminlerde kayma dayanımının en önemli bileşeni daneler arasındaki kayma direnci açısıdır ( $\phi_n$ ). Diğer önemli bileşen ise, kesme esnasında danelerin birbiri üzerindeki geometrik yöneliminden kaynaklı olan kenetlenme direnci açısıdır ( $\phi_g$ ). Bu iki bileşenin toplamı içsel sürtünme açısı ( $\phi$ ) olarak ifade edilmektedir. Gevşek kum kesmeye maruz kaldığı zaman kayma gerilmesi maksimum veya kritik değere ( $\tau_{cr}$ ) kadar giderek artar. Gerilme artarken eş zamanlı olarak hacimde azalma meydana gelir. Hacim değişim gradiyenti (yanal yer değiştirme-hacim değişim oranı eğrisinin teğet eğimi) sıfır veya sıfıra yakın bir değere ulaşır ve bu noktadan sonra hacimde önemli ölçüde bir değişim görülmez. Sıkı kum kesmeye maruz kaldığı zaman ise kayma gerilmesi maksimuma ( $\tau_{max}$ ) kadar artar, sonra azalarak kritik değere ulaşır. Artan kayma gerilmesiyle önce hacimde bir azalma daha sonra ise artış görülür. Hacimdeki artışla hacim değişim gradiyenti sıfır veya sıfıra yakın bir değere ulaşır ve nihayetinde bu noktadan sonra hacimde önemli ölçüde bir değişim görülmez.

Bu çalışmada sıkı Bartın Çayı kumlarında geniş normal gerilme aralığında efektif normal gerilme-kayma gerilmesi ilişkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Birleştirilmiş Zemin Sınıflama Sistemine (USCS) göre sembolü SP olan Bartın Çayı kumları maksimum kuru birim hacim ağırlığında sıkıştırılmış ve 10 kPa - 800 kPa normal gerilme aralığında drenajlı şartlar altında doğrudan kesme kutusu deneyine tabi tutulmuştur. Elde edilen sonuçlardan efektif normal gerilme ile kritik kayma gerilmesi ( $\sigma_n' - \tau_{cr}$ ) arasında doğrusala yakın bir ilişki olduğu belirlenmiştir. Kritik içsel sürtünme açısının ( $\phi_{cr}$ ) normal gerilmeye bağlı olmadığı, zeminin bir sabiti ve sadece daneler arası kayma direncinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu değer Bartın Çayı kumları için  $38^\circ$  olarak bulunmuştur. Efektif normal gerilme - maksimum kayma gerilmesi ( $\sigma_n' - \tau_{max}$ ) ilişkisine bakıldığında; yenilme zarfının yaklaşık 300 kPa efektif normal gerilmeye kadar eğrisel, daha yüksek normal gerilme değerleri için ise doğrusal olduğu gözlemlenmiştir. Yapılan deneysel çalışmalardan içsel sürtünme açısının ( $\phi_{max}$ ) sabit bir değer olmadığı; efektif normal gerilmenin artmasıyla logaritmik olarak azaldığı görülmüştür. Uygula-

nan efektif normal gerilme aralığında  $\phi_{\max}$  değeri  $59^\circ$ 'den  $41^\circ$ 'ye azalmıştır. Kesme esnasında gözlemlenen bu davranış literatürde de ifade edildiği üzere kumların dilatant davranışından kaynaklanmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Dilatasyon, eğrisel yenilme zarfı, içsel sürtünme açısı, sıkı kum

**Abstract :** Failure of the ground under engineering structures occurs as a slip. It is considered as shear strength resisting against the applied shear forces. Shear strength of soils; friction between the grains, effective normal stress on the slip plane, rearrangement of the grains during the sliding, the unit deformation, the void ratio of the ground, the stress history, the length, distribution, shape and roughness of the grains, mineralogical composition depends on many variables. Not all of these factors have the same impact and some of these can not be determined experimentally as well.

The most important component of the shear strength in sandy soils depends on the slip resistance between the grains ( $\phi_n$ ). Another important component is the coupling resistance angle ( $\phi_g$ ), which is due to the geometric orientation of the grains during shear. The sum of these two components is expressed as the internal friction angle ( $\phi$ ). When loose sand is subjected to shear force, shear stress increases gradually to maximum or critical value ( $\tau_{cr}$ ). Simultaneous decrease in volume occurs when stress increases. The volume change gradient (lateral displacement - tangential slope of the volume change rate curve) reaches zero or near-zero, and there is no significant change in volume after this point. The shear stress increases to a maximum value ( $\tau_{\max}$ ) when dense sand is exposed to shear force, then decreases to a critical value. With increasing shear stress, there is a decrease in volume and then an increase. With the increase in volume, the volume change gradient reaches a value of zero or near zero, and ultimately there is no significant change in volume after this point.

In this study, it is aimed to determine the relationship between effective normal stress - shear stress in the Bartın River dense sand in wide normal stress range. Drained shear box tests using normal stress range of 10 kPa - 800 kPa were performed on Bartın River sand compacted at maximum dry density which is a poorly graded sand (SP) according to the Unified Soil Classification System (USCS). It is determined that there is a linear relationship between the effective normal stress and the critical shear stress ( $\sigma_n' - \tau_{cr}$ ). It is considered that the critical internal friction angle ( $\phi_{cr}$ ) does not depend on normal stress, as a property of the ground, this angle depends on intergranular sliding resistance. This value is obtained as  $38^\circ$  for Bartın River sands. According to the relation between effective normal stress and maximum shear stress ( $\sigma_n' - \tau_{\max}$ ), it is observed that the shear strength envelope is curvilinear up to approximately 300 kPa effective normal stress and linear for higher normal stress values. With respect to experimental studies, the internal friction angle ( $\phi_{\max}$ ) is not a fixed value but decreases logarithmically when the normal normal stress increases. In the effective normal stress range, the  $\phi_{\max}$  value decreased from  $59^\circ$  to  $41^\circ$ . This observed behaviour of sand during shear is due to dilatancy as stated in the literature.

**Keywords:** Dilatation, curvilinear failure envelope, internal friction angle, dense sand



## Güneyce (İkizdere – Rize) Karayolu Tüneli Sağ Tüp Giriş ve Çıkış Bölümlerinin Jeoteknik Açından İncelenmesi

### *Geotechnical Investigation of the Right Tube Entrance and Exit Parts of the Güneyce Highway Tunnel (Ikizdere - Rize)*

**Baki Ömer Furat<sup>1</sup>, Fikri Bulut<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> İstanbul Üniversitesi – Cerrahpaşa, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, İstanbul

<sup>2</sup> Karadeniz Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Trabzon

(bamerfu@gmail.com)

**Öz:** Bu çalışmada, Rize-İspir Kara Yolu güzergâhı üzerinde bulunan ve inşa edilmekte olan Güneyce (İkizdere-Rize) Tüneli'nin sağ tüp giriş ve çıkış bölümleri boyunca mühendislik jeolojisi incelemesi ve jeoteknik tasarımı yapılmıştır. Güneyce Tüneli Geç Kretase yaşlı Kızılkaya Formasyonu ve İkizdere Granitoyidi içinde açıldığı belirlenmiştir. Güneyce (İkizdere-Rize) Tüneli sağ tüp giriş ve çıkış bölümleri boyunca yapılan hat etüdü çalışmaları ve kaya malzemeleri üzerinde yapılan laboratuvar deneyleri sonucunda elde edilen veriler kullanılarak Q, RMR<sub>14</sub>, NATM ve Jeolojik Dayanım İndeksi (GSI) kaya kütle sınıflama sistemlerine göre sınıflandırılmıştır ve uygun destek birimleri belirlenmiştir. Yapılan bu çalışmalar sonucunda, Güneyce Tüneli'ni iki ayrı jeoteknik birime ayırarak jeoteknik tasarımı yapılmıştır. Çalışma alanının sağ tüp giriş ve çıkış bölümleri boyunca yapılmış olan ölçümler ve gözlemler aracılığıyla jeoteknik birimlere özgü süreksizliklerin temel özellikleri saptanmıştır. Bu özellikler; İkizdere Granitoyidi ve Kızılkaya Formasyonu için sırasıyla, 4 ve 3 süreksizlik takımı, 0.131 - 0.312 m süreksizlik ara uzaklığı, 20.59 - 20.97 m süreksizlik devamlılığı, 4 - 6 ile 2 - 4 JRC puanı ile süreksizlik pürüzlülüğü, 2.7 - 1.6 mm süreksizlik açıklığı, her iki jeoteknik birim için W1 tanımlaması ile süreksizlik yüzeyinin dayanımı, her iki jeoteknik birim için 4 numaralı tanımlama ile süreksizlik yüzeylerindeki su durumu özellikleri ortaya konmuştur. Gereken destek sistemleri için; Q değeri İkizdere Granitoyidi ve Kızılkaya Formasyonuna ait jeoteknik birimleri için sırasıyla 2.42 ve 6.87, Q<sub>w</sub> değerleri sırasıyla 6.05 ve 17.17, Q sisteminden elde edilen RMR<sub>89</sub> değerleri sırasıyla 55.65 ve 62.33 ve son olarak NATM sınıflandırmaları için sırasıyla B2 'Çok kırılğan' ve B1 'Kırılğan' olarak saptanmıştır. Jeolojik Dayanım İndeksi (GSI) sınıflama sistemi İkizdere Granitoyidine ve Kızılkaya Formasyonuna ait jeoteknik birimler için değerleri sırasıyla 61.75 ve 73.75 olarak belirlemiştir. Ayrıca RMR<sub>14</sub> değerleri, İkizdere Granitoyidi jeoteknik birimi için 66.736 olarak, Kızılkaya Formasyonu jeoteknik birimi için 74.38 olarak saptanmıştır ve RMR<sub>14</sub>'ün destek sistemi tasarımı önerilmiştir. Bu destek türleri İkizdere Granitoyidine ve Kızılkaya Formasyonuna ait jeoteknik birimler için sırasıyla; kaya yükü 0.170 - 0.135 MPa, desteklenecek kaya zonunun kalınlığı 6.180 - 4.855 m, desteksiz durma süresi 80 - 289 gün, bulonların ara mesafesi 2.297 - 2.591 m, bulon uzunluğu 7.095 - 5.563 m, bulon tasarım kapasitesi 144.171- 155.120 kN, püskürtme beton dayanım kapasitesi 12.722 - 14.263 MPa, püskürtme beton tasarımı (iksasız) 90.914 - 61.817 mm ve püskürtme beton kalınlığı 98.817 - 63.260 mm olarak belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Destek sistemi, kaya kütle sınıflamaları, tünel, İkizdere-Rize.

**Abstract:** In this study, engineering geological investigation and geotechnical design for the right tube entrance and exit of the Güneyce Tunnel (Ikizdere, Rize), which is under construction along Rize-Ispir highway, were carried out. It is determined that the Güneyce Tunnel is being constructed in both Late Cretaceous Kızılkaya Formation and İkizdere Granitoid. Using the results from the scan-line survey studies and laboratory tests, geotechnical units along the tunnel route were classified according to Q, RMR<sub>14</sub>, NATM and GSI classification systems and appropriate support types were determined. The geological units along the Güneyce Tunnel route were divided into two geotechnical units according to the data gathered during the study, and geotechnical design was done. The main characteristics of the discontinuities related to the geotechnical units were determined by the measurements and observations carried out along with the right tube entrance and exit parts of the study area, which were 4 and 3 discontinuity set, 0.131 - 0.312 m discontinuity spacing, 20.59 - 20.97 m discontinuity persistence, 4 - 6 and 2 - 4 JRC rating of discontinuity roughness, 2.7 - 1.6 mm discontinuity aperture for both geotechnical units, the resistance of the surface of discontinuity with the definition of W<sub>1</sub>, for the two geotechnical units the definition of water condition on discontinuity surfaces with the identification of number 4 are revealed. For the required support systems of the two units; Q value for the geotechnical units of the İkizdere Granitoid and Kızılkaya Formation were 2.42 and 6.87, Q<sub>w</sub> values were 6.05 and 17.17 respectively, RMR<sub>89</sub> values were 55.65 and 62.33 which obtained from the Q system and finally for NATM classifications respectively, B2 'very fragile' and B1 'fragile' have been identified. The Geological Strength Index (GSI) classification system for the geotechnical units of the İkizdere Granitoid and the Kızılkaya Formation was determined as 61.75 and 73.75, respectively. In addition, RMR<sub>14</sub> values were determined as 66,736 for İkizdere Granitoid geotechnical unit and 74,38 for the Kızılkaya Formation geotechnical unit, and support system of RMR<sub>14</sub> was proposed. These types of support for the geotechnical units of İkizdere Granitoid and Kızılkaya Formations are determined as follows; rock load 0.170 - 0.135 MPa, thickness of the rock zone to be supported 6.180 - 4.855 m, the stand-up time 80 - 289 days, distance between the bolts 2.297 - 2.591 m, bolt length 7.095 - 5.563 m, bolts design capacity 144.171-115.120 kN, shotcrete strength capacity 12.722 - 14.263 MPa, shotcrete design (untimbered) 90.914 - 61.817 mm and thickness of shotcrete 98.817 - 63.260 mm.

**Keywords:** Support systems, rock mass classifications, tunnel, İkizdere-Rize



## Zeminlerin Sıvılaşma Potansiyelini Değerlendirmede Enerji Yaklaşımı

### *Energy Approach for the Evaluation of Liquefaction Potential of Soils*

**Zeynel Abidin Dereli<sup>1</sup>, Kamil Kayabalı<sup>2</sup>, Murat Mollamahmutoğlu<sup>3</sup>,  
Turgay Beyaz<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>*Millî Savunma Bakanlığı Van Kont. ve İnc. A. liği, Van*

<sup>2</sup>*Ankara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Gölbaşı, Ankara*

<sup>3</sup>*Gazi Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Maltepe, Ankara*

<sup>4</sup>*Pamukkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Denizli*

*(derelizeynel@gmail.com)*

**Öz:** Depremler, bazı zeminlerde sıvılaşmaya neden olmakta ve büyük hasarlara yol açmaktadır. 1964-Niigata (M=7,6), 1964-Alaska (M=9,2), 1995-Kobe (M=7,2) ve 1999-Gölcük (M=7,4) depremlerinde yaygın hasar tipleri, belirgin bir şekilde gözlemlenmiştir. Bu gözlemler sonrasında, bilimsel çalışmalarda sıvılaşmaya olan ilgi artmıştır. Sıvılaşmaya olan ilgi artmıştır. Laboratuvarlarda yapılan araştırmalar zeminin sıvılaşma potansiyeli ve sıvılaşmaya karşı dirençleri üzerine yoğunlaşmıştır. Sıvılaşma analizlerinde arazi deneylerinin kullanımı, oldukça yaygın olup, özellikle standart penetrasyon deneyi (SPT) ile sıvılaşma potansiyelinin değerlendirilmesi başı çekmektedir. Son yıllarda, zeminlerin sıvılaşma potansiyelinin laboratuvarında enerji yaklaşımıyla değerlendirilmesi oldukça ilgi çekmiştir. Bu amaçla, dinamik üç eksenli, içi boş silindirik burulmalı makaslama, tekrarlı basit makaslama deneyleri kullanılmaktadır. Bu araştırmada; siltlerin sıvılaşma enerjisi, çok yönlü tekrarlı basit kesme deney yöntemi kullanılarak incelenmiştir.

Çok yönlü tekrarlı basit kesme yönteminde, birim deformasyon kontrollü 0,1 Hz yükleme frekansında farklı düşey gerilme ve farklı sıklıktaki silt numunelerinin, sıvılaşma davranışları incelenmiştir. Deneylerden elde edilen sayısal veriler kullanılarak, numunelerin sıvılaşmaya başlaması için numunelere aktarılması gereken enerji miktarları hesaplanmıştır.

Data Fit programı ile yapılan analizlerde, hesaplanan sıvılaşma enerjisi ile numunenin boşluk oranı ve numuneye uygulanan düşey gerilme arasında tutarlı bir ilişki olduğu görülmüştür. Bu ilişkiye göre, düşey gerilmenin artması ve boşluk oranının azalması ile zemini sıvılaştırmak için daha büyük bir enerjiye ihtiyaç olacağı, başka bir ifadeyle zeminin sıvılaşma direncinin artacağı tespit edilmiştir. Sonuç olarak, siltlerin sıvılaşma enerjisini belirleyebilmek için, zemin boşluk oranı ile zemine uygulanan düşey gerilme faktörlerine bağlı ampirik bir ifade geliştirilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Sıvılaşma enerjisi, sıvılaşma, silt

**Abstract:** Earthquakes cause some soil to liquefy and result in extensive damage. Typical damages were clearly observed in 1964-Niigata (M=7,6), 1964-Alaska (M=9,2), 1995-Kobe (M=7,2) ve 1999-Gölcük (M=7,4) earthquakes. After these observations the liquefaction phe-

nomena has attracted considerable attention. Investigations performed in laboratory have been focused on the liquefaction potential and/or liquefaction resistance of soils. The use of in-situ tests for the analysis of soil liquefaction is very common and assessment of liquefaction potential by SPT is the leading one among them. In recent years, the energy approach for the liquefaction analysis of soils has gained popularity. For this purpose, cyclic triaxial tests, torsional shear tests, and simple cyclic shear tests have been utilized. In this study, the multidirectional direct simple cyclic shear test was used to investigate the liquefaction energy of silty soils.

The liquefaction behavior of the silty soil specimens constituted at different relative density and different vertical stress conditions were investigated by means of the strain-controlled multidirectional direct simple cyclic shear test running at 0.1 Hz loading frequency. By using the numerical data obtained from the tests, the amount of energy required to trigger the liquefaction of the silty soil samples were calculated.

The analyses carried out by the data fitting software revealed that there was a very compatible relationship among the void ratio, the applied vertical stress, and the necessary liquefaction energy. According to this relationship, the higher energy is needed for the liquefaction of the silty soil specimens with the increase of vertical stress and the decrease of void ratio. In other words, the liquefaction resistance of silty soil specimens is increased with the increase of vertical stress and the decrease of void ratio. Consequently, an empirical relationship was developed to estimate the required energy for the liquefaction of the silty soils depending on such factors as the void ratio and the vertical stress

**Keywords:** Liquefaction energy, liquefaction, silt





## Atık Çam Ağacı Talaşı İle Güçlendirilmiş Taneli Zeminlerin Donma-Çözülme Davranışı

*The Freezing-Thawing Behavior of Granular Soils Reinforced with Waste Pine Tree Sawdust*

**Necmi Yarbaşı**

*Atatürk Üniversitesi, Oltu Yer Bilimleri Fak., Jeoloji Müh. Böl. Erzurum-Türkiye  
(nyarbasi@atauni.edu.tr)*

**Öz:** Soğuk iklim bölgelerinde, mühendislik yapıları (karayolu, demiryolu, boru hatları gibi) iklim koşullarından olumsuz yönde etkilenebilmektedir. Bu etkinin, taneli zeminlere birçok farklı atık/artık malzemeler katılmasıyla azaltılması yönünde çalışmalar yapılmaktadır. Bu çalışmada artık malzeme olan çam ağacı talaşı ile güçlendirilmiş taneli zeminlerin donma-çözülme sonucu mukavemetlerindeki değişim incelenmiştir. Deneyler standart proktor enerjisi altında sıkıştırılması ile hazırlanan taneli zemin numuneleri üzerinde yürütülmüştür. Taneli zemin (TZ) örneğine % 0.5, % 1 ve % 2 çam ağacı talaşı (ÇAT) ilavesi yapılarak 1, 7 ve 28 günlük çalışmalarla (+21°C) sıcaklıkta kür edilerek (kurutularak sertleştirme) serbest basınç mukavemetleri belirlenmiştir. 28 günlük kür sonunda, en yüksek mukavemet değerleri, TZ+%0.5 ÇAT karışımında %83.30, TZ+%1 ÇAT karışımında %51.65 ve TZ+%2 ÇAT karışımında ise %20.78 oranında artmıştır. Bu örneklerle 12 çevrim olarak (-21°C, +21°C) sıcaklık aralığında donma-çözülme deneyi uygulanmıştır. Bu deney sonucunda ise TZ+%0.5 ÇAT karışımında %71.65, TZ+%1 ÇAT karışımında %50.49 ve TZ+%2 ÇAT karışımında ise %15.53 oranında mukavemet artışları belirlenmiştir. En yüksek mukavemet artışı donma çözülme öncesi ve sonrası TZ+%0.5 ÇAT karışımında gözlenmiştir. Elde edilen sonuçlardan; çam ağacı talaşının, taneli zeminleri potansiyel olarak güçlendirebileceği, sıcaklık farklarının sıkça yaşandığı bölgelerde sınırlı derinliklerde kullanılabilceği kanaatine varılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Çam ağacı talaşı, taneli zemin, serbest basınç mukavemeti, Donma-çözülme.

**Abstract:** In cold climatic regions, it is frequently experienced that engineering constructions (such as roads, railways, pipelines) are adversely affected. A wide variety of ongoing studies have been carried out to reduce this effect to granular soils with adding waste/residual materials. In this study, the changes in strength of granular soil reinforced with waste pine tree sawdust were investigated under freezing-thawing conditions. Experiments were conducted on granular soil samples prepared by compression under standard proctor energy. Unconfined compressive strength values of granular soil (GS) sample with 0.5%, 1% and 2% addition of pine tree sawdust (PTS) were determined at studied temperature (+21°C) on days 1, 7 and 28. At the end of the 28-day cure, the highest strength values increased by 83.30% in mixture GS+%0.5 PTS, 51.65% in mixture GS+%1.5 PTS and 20.78% in mixture GS+%2 PTS. These samples (-21°C, +21°C) and 12 cycles were frozen-thawed. As a result of this experiment,



strength increases of 71.65% in GS + 0.5% PTS, 50.49% in GS + 1% PTS mixture and 15.53% in GS + 2% PTS mixture were determined. The highest strength increase was observed in the GS+ 0.5% PTS mixture before and after freezing-thawing. According to the obtained results it was concluded that pine tree sawdust could potentially strengthen the granular soils and could be used at limited depths in regions where temperature differences are frequently experienced.

**Keywords:** Pine tree sawdust, granular soil, unconfined compressive strength, freeze-thaw.



## Andezitik Kayalarda Makaslama Bantları Oluşumunun Ayrık Elemanlar Yöntemiyle Modellenmesi

### *Modelling of Shear Banding in Andesitic Rocks Through Discrete Element Methods*

Ş. Özge Dinç Göğüş

*Istanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü  
(osgedc@gmail.com)*

**Öz:** Bu çalışmada, ayrık elemanlar yöntemine (DEM) dayalı üç boyutlu “Yade açık kaynaklı - DEM” kodu kullanılarak, andezitik kayaların progresif yenilme ve deformasyon süreçleri ile makaslama bantlarının oluşum mekanizmaları sayısal analizlerle araştırılmıştır. Bu amaçla, andezitik kayaların Türkiye’deki bilinen örneklerinden biri olan Ankara andezitlerine ait laboratuvar verileri kullanılarak, model kalibrasyonu yapılmıştır. Yapılan sayısal analizlerde, laboratuvar ortamında dikkate alınamayan ölçek etkisi gibi önemli bir parametre de hesaba katılarak andezitik bir kayada gelişen çatlak başlangıcı, gelişimi ve çatlakların lokalize olduğu eşik gerilim değerleri belirlenmiştir. Farklı yanal basınçlar altında gerçekleştirilen üç eksenli sıkışma deneyi simülasyonlarıyla, andezitlerde oluşan yenilme mekanizmaları (çekme ve makaslama mikro çatlaklarının gelişimi) tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlar, gerilim-deformasyon eğrisindeki, yenilme öncesi gelişen mikro çatlakların yöneliminin, yenilme sonrası oluşan makro çatlak (kırık) yönelimi üzerinde etkili olduğunu göstermiştir. Buna ek olarak, kullanılan yöntemin ölçek etkisini dikkate almadaki üstünlüğünden emin olmak adına, aynı simülasyonlar farklı çözünürlükteki ve boyutlardaki örnekler üzerinde tekrarlanmıştır. Elde edilen makaslama bantlarının kalınlığı örneğin boyutuna bağlı olurken, bütün makaslama bantlarının yönelimi birbirine benzer çıkmıştır. Bu bulgular, model sonuçlarının örneklerin çözünürlüğünden genel olarak bağımsız olduğunu göstermektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Ayrık elemanlar yöntemi, makaslama bandı, andezit, kaya yenilmesi, ölçek etkisi

**Abstract:** In this research, progressive failure and deformation processes and shear banding mechanisms of andesitic rocks are investigated through a three-dimensional “Yade open source - DEM” code which works based on discrete element methods (DEM). For this purpose, the mechanical properties of Ankara andesite as one of the known examples of andesitic rocks in Turkey were calibrated. In the numerical analysis, taking in to account the rock scale effect which is not considered in the laboratory tests, the stress thresholds of crack initiation, progression and localization were determined. Under different confining stresses, the failure mechanisms (tensile and shear micro cracking) of the andesitic rocks were ascertained during the triaxial compressive test simulations. The results show that at stress-strain curve, the orientations of the micro cracks emerged at the pre-failure stage have an influence on the orientation of the macro crack appeared at the post-failure stage. In addition to this, to verify the robust-

ness of the method in consideration of the scale effect, the simulation were repeated on the samples with different resolutions and sizes. While the thickness of the predicted shear band is controlled by the dimensions of the sample, all shear bands present a similar orientation. These evidences indicate that the model's predictions generally do not depend on its resolution.

**Keywords:** Discrete element method, shear band, andesite, rock failure, scale effect

**NEOTEKTONİK VE DEPREMSELLİK / NEOTECTONICS AND SEISMICITY**

Gürol SEYİTOĞLU - Serdar AKYÜZ - Ziyadin ÇAKIR - Korhan ESAT - Laura GREGORY -  
Azad SAĞLAM SELÇUK

---

**Sözlü Sunumlar/*Oral Presentations***

---

**ÖZ/ABSTRACT**





## Şemdinli-Yüksekova Fay Zonu'nun Aktif Tektoniği: Yüksekova Çek-Ayır Havzası'ndan Morfometrik Çıkarımlar

*Active Tectonics of the Şemdinli-Yüksekova Fault Zone: Morphometric Inferences from the Yüksekova Pull-Apart Basin*

**Taylan Sançar**

*Munzur Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 62000 Aktuluk Tunceli, Turkey*

*(tsancar@munzur.edu.tr)*

**Öz:** Türkiye'nin en güneydoğusunda yer alan Şemdinli Yüksekova Fay Zonu (ŞYFZ) K50°-60B° doğrultusunda ve 90 km uzunluğunda doğrultu atımlı sağ yanal bir faydır. Bu çalışmada ŞYFZ üzerindeki en belirgin morfotektonik yapı olan Yüksekova çek-ayır havzası civarındaki güncel deformasyon özellikleri morfometrik indisler kullanılarak araştırılmıştır. KB-GD uzanımlı havzanın sınırlarındaki dağ önleri üzerinde gerçekleştirilen morfometrik analizler (Dağ Önü Sinüslüğü (Smf) ve Vadi Tabanı Genişliğinin Vadi Yüksekliğine Oranı (Vf)) havzayı sınırlayan ŞYFZ segmentlerinin aktivitesinin yüksek olduğuna ve yükselim hızının 0.5 mm/yıl'dan az olmadığına işaret etmektedir. Yüksekova Havzası civarında belirlenen 129 drenaj alanı içerisindeki dere kolları üzerinde, farklı yöntemler ile hesaplanan konkavlık değerlerinin dağılımı, havza sınırlarına yakın konumlanmış drenaj alanlarının bölgesel yükselime ek olarak ŞYFZ'nin etkisi altında kaldığını göstermektedir. Yüksekova Havzası'nı sınırlayan faylara yakın konumlanmış drenaj alanları içerisindeki dere kollarının İntegral Analizi ( $\chi$ -chi) havzaların konkavlık değerinden bağımsız olarak yükselim hızının zaman içerisinde dört defa değiştiğine işaret etmektedir. Drenaj alanları üzerinde gerçekleştirilen Transvers Topografik Simetri Faktör analizleri havzaya uzak kesimlerde litolojik birimlerden kaynaklı olarak stokastik erozyon değişimleri gösterse de, havza civarında ŞYFZ'nin etkisini açığa çıkarmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Şemdinli-Yüksekova Fay Zonu, yükselim hızı, morfometrik indis, Doğu Anadolu Sıkışma Bölgesi

**Abstract:** The 90-km-long and N50°-60W° oriented right lateral Şemdinli-Yüksekova Fault Zone (ŞYFZ) located at southeast of the Turkey. In this study, the recent deformation properties in the vicinity of Yüksekova pull-apart basin, which is the most prominent morphotectonic feature along the ŞYFZ, were investigated using morphometric indices. Morphometric analyses (mountain-front sinuosity (Smf) and valley-width to valley-height ratio (Vf)) on mountain fronts at the boundaries of NW-SE trending basin indicate that the ŞYFZ segments limiting the basin have high activity and their uplift rate is not less than 0.5 mm / year. The distribution of the concavity values calculated by different methods on the river tributaries within the 129 drainage areas around Yüksekova Basin shows that the drainage areas located close to the basin boundaries are under the influence of ŞYFZ apart from the regional uplift. The Integral Analyses ( $\chi$ -chi) of these tributaries reveal that the uplift rate changes four times, indepen-

dent of the concavity of the basins. Although, the Transverse Topographic Asymmetry Factor analyses show that the stochastic variations of erosion in distant part of the basin due to lithological units, it reveals the effect of ŞYFZ around the basin.

**Keywords:** Şemdinli-Yüksekova Fault Zone, uplift rate, morphometric indices, East Anatolian Compressional Province



## A GIS and Remote Sensing Based Study to Understand Tectonic Geomorphological Features of Indus Kohistan Seismic Zone, Pakistan

Javed Sami<sup>1</sup>, Syed Amir Mehmood<sup>1</sup>, Jahanzeb Qureshi<sup>1</sup>, Pervez Khalid<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Department of Space Sciences, University of the Punjab 54590 Lahore, Pakistan

<sup>2</sup> Institute of Geology, University of the Punjab 54590 Lahore, Pakistan

(javedsami\_pu@yahoo.com)

**Abstract:** Pakistan is one of the countries which have been facing devastating earthquakes since very long ago. The primary reason is its geographic location and the presence of more than one seismotectonic zones. The most prominent seismotectonic zones of the country are: Indus Kohistan seismic zone, Hazara–Kashmir Syntaxis, Indus Suture zone, Ladakh magmatic arc etc. Among these seismotectonic zones, the Indus Kohistan Seismic Zone is highly active seismically. It is noted that deformation and some other geomorphological features originated under the action of tectonic activities are obstructed by thick vegetation, sheet of alluvium or other type of weathered and transported sediments in the study area. Thus complete surface mapping was very difficult with high level of accuracy and it is difficult to get up-to-date informations of the recent neotectonics. In this work a robust methodology on the basis of GIS, remote sensing, geomorphometry, geoinformatics and geological field observation is developed to understand the tectonic geomorphological features of the Indus Kohistan Seismic Zone of Pakistan. Different geomorphological features, drainage pattern into the basins produced under the action of different tectonic activities are mapped. Geomorphic indices were determined in order to get very useful information about the evolution of relief and drainage patterns in the study area. Geomorphometry and geoinformatic techniques were applied to investigate landscape evolution necessary to understand seismicity pattern and stress release during an earthquake. The results show that these landscapes are continuously developing under the action of active tectonic forces, which are acting in different zones of the study area. The new results focus on the strong relationship between tectonic and erosional processes on evolution of geomorphology with special insights on neotectonic deformation, active faulting and change in drainage pattern. It is concluded that the basin drainage patterns and other active tectonic features were produced by more than one tectonic deformation and erosional cycles.

The results of the study will be helpful to understand all those factors which have been triggering seismicity in this zone.

**Keywords:** Neotectonics, geomorphometry, remote sensing, Indus Kohistan Seismic Zone





## Zagros Orojenik Kuşağının Kuzeybatı Bölümünün Tektonik Jeomorfolojisi ve Sismotektoniği: 2017/11/12 (M = 7,3) ve 2018/11/25 (M = 6,3) Depremlerinin Anlamı

*Tectonic Geomorphology and Seismotectonics of the Northwestern Part of the Zagros Orogenic Belt: Meaning of the 2017/11/12 (M = 7.3) and 2018/11/25 (M = 6.3) Earthquakes*

**Korhan Esat**

*Ankara Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Tektonik Araştırma Grubu, Gölbaşı, Ankara*  
([esat@ankara.edu.tr](mailto:esat@ankara.edu.tr))

**Öz:** Zagros Orojenik ya da Kıvrım-Bindirme Kuşağı dünyadaki tektonik olarak en etkin deformasyon kuşaklarından biridir. Güneydoğu Anadolu'dan Güneybatı İran'a doğru uzanan kuşak yaklaşık 1700 km uzunluğunda ve 250 km genişliğindedir. Bu çalışmanın inceleme alanı kuşağın kuzeybatı bölümünde yer alan Kerkük bölgesidir. Deformasyon kuşağı kuzeydoğudan güneybatıya doğru litolojik ve morfolojik karakteristiklerine göre klasik olarak üç bölgeye ayrılır: (I) Yüksek Zagros (İmbrike bölge), (II) Basit Kıvrım Kuşağı ve (III) Zagros Ön Çukuru. Bu bölgeler ana bindirme fayları olan Yüksek Zagros Fayı ve Zagros Dağ Önü Fayı ile birbirinden ayrılırlar. Bu çalışmada inceleme alanındaki antiklinal eksenleri ve ilişkili bindirme/kör bindirme fayları, yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerinin, sayısal yükseklik modelinin ve önceki çalışmaların yardımıyla detaylı olarak haritalanmıştır. Bindirme/kör bindirme faylarının KB-GD doğrultusu ile asimetric antiklinal eksenlerinin gidişi, deprem odak mekanizması çözümlerinden elde edilmiş bölgesel KD-GB daralma yönüyle kinematik olarak uyumluluk gösterir. Büyüklüğü 4 ve üzerinde olan deprem dağılımı inceleme alanındaki fayların etkin olduğunu gösterir ve 2017/11/12 (M = 7.3) depreminde de görüldüğü üzere bu faylarla ilişkili olarak büyüklüğü 7 ve üzerinde olan depremler oluşabilmektedir. Yakın zamanda meydana gelen 2018/11/25 (M = 6.3) tarihli önemli bir deprem ve artçıları ayrıca bölgede bindirme faylanmasına eşlik eden KKD-GGB doğrultulu sağ yanal yırtılma faylanmasının varlığını da gösterir. Son olarak, kuzeydoğuya eğimli bindirme/kör bindirme fayları, deformasyon kuşağının altında depremlerin iç merkez dağılımlarının gösterdiği üzere yaklaşık 20 km derinlikte düşük açılı bir ana taban bindirmesine bağlanıyor olmalıdır.

**Anahtar Kelimeler:** Kerkük, kıvrım-bindirme kuşağı, kör bindirme, kuzeybatı Zagros, yırtılma fayı

**Abstract:** Zagros Orogenic or Fold-Thrust Belt is one of the most tectonically active deformation belts in the world. It extends from the southeast Anatolia to the southwest Iran with around 1700 km length and 250 km width. This study concerns with the Kerkük (Kirkuk) region of the northwestern part of the belt. The deformation belt is classically divided into three zones from the northeast to the southwest based on its lithological and morphological characteristics: (I)

High Zagros (Imbricated Zone), (II) Simple Fold Belt, and (III) Zagros Foredeep. These zones are separated each other by the main thrust faults namely the High Zagros Fault and the Zagros Mountain Front Fault. In this study, the anticline axes and related thrust/blind thrust faults in the region were carefully mapped in detail with the help of high-resolution satellite images, digital elevation model, and previous studies. NW-SE strike of the thrust/blind thrust faults and trend of the asymmetric anticline axes are kinematically compatible with the regional NE-SW contraction direction, which is derived from the earthquake focal mechanism solutions. The earthquake distribution of magnitude 4 and above indicates that the faults in the study area are active, and these faults can be related to the earthquakes of magnitude 7 and above as seen in the 2017/11/12 ( $M = 7.3$ ) earthquake. The recent significant earthquake on 2018/11/25 ( $M = 6.3$ ) and its aftershocks also show that the NNE-SSW striking right-lateral tear faulting accompanies the thrust faulting in the region. Finally, the northeast dipping thrust/blind thrust faults should be linked to the main low-angle basement thrust located around 20 km in depth under the deformation belt as indicated by the hypocentral distribution of the earthquakes.

**Keywords:** Blind thrust fault, fold-thrust belt, Kirkuk, northwest Zagros, tear fault



## Gökova Fay Zonu'nun Morfometrik Özellikleri ve Ören Fan Deltası Civarında Aktif Tektonik İzler, GB Türkiye

*Morphometric features of Gökova Fault Zone and Active Tectonic Imprints  
Near Ören Fan Delta, SW Turkey*

**Aynur Dikbaş-Akyüz, Erdem Kirkan, Mehran Basmenji, H. Serdar Akyüz**

*İstanbul Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Ayazağa, İstanbul  
(aynur.dikbas@gmail.com)*

**Öz:** Ören fan deltası güneybatı Ege Bölgesi'nde Gökova Körfezi kuzeyinde yer alır. Körfezin kuzey kıyıları tektonik kıyı özelliği gösterir ve doğuda Akyaka (Ula, Muğla) ile batıda Çökertme (Milas, Muğla) arasında Gökova Fay Zonu'na ait normal fay segmentleri ile sınırlanmıştır.

Ören'den Gökova Körfezi'ne dökülen Koca Dere önünde gelişmiş olan Ören fan deltası ile kuzeydeki yüksek alanı oluşturan Likya napları arasındaki sınır, aktif bir normal fay segmentidir. Bu segment Ören segmenti olarak adlandırılmıştır. Deltanın batı kesimlerinde, fay düzlemi yaklaşık D-B doğrultuda izlenir ve 70°-75° güneye eğimlidir. Deltanın doğu kesimlerinde ise K65°-75°B doğrultulu ve 65°-75° güneybatı eğimlidir. Antik Keramos (M.Ö. 2.yy) kentinin de merkezi olan bu bölgede fay düzlemi Keramos halkı tarafından birçok kral mezarının yerleştirilmesi için uygun bir duvar oluşturmuştur. İyi korunmuş bu düzlemlerde çoğunlukla fay breşi izlenir ve kayma çizikleri, tarak yapıları, korugasyonlar yaygın olarak gözlenen kinematik belirteçlerdir.

Gökova Fay Zonu'nun bölge morfolojisi üzerindeki etkileri, sayısal yükseklik modeli üzerinde nitel gözlemler yapılarak ve morfometrik indisler hesaplanarak araştırılmıştır. 1/25000 ölçekli eşyüksekti eğrileri kullanılarak gerçekleştirilen bu çalışmalarda hipsometrik eğri ve integral (HI), akarsu uzunluk-gradyan (SL) ve dağ önu eğriliği ( $S_{mp}$ ) indisleri hesaplanmış; drenaj geometrisi, baki ve yüzey eğim haritaları üretilmiştir. Fay düzlemleri morfolojide takip edilir basamaklar oluşturmuştur. Bu basamaklar fayın hareket yönü tersine tiltlenme gösterirler. Fay zonlarında izlenen drenaj ağı, litolojiden bağımsız olarak fay düzlemine ya paralel, ya da oldukça dik açılarda gelişmiştir. Fayın kuzeyinde ve güneyinde yer alan havzalara ait hipsometrik eğri ve integral (HI) değerleri güney kesimdeki havzaların daha genç evrede olduğunu gösterir. Ana drenaj kolları üzerinde hesaplanan akarsu uzunluk-gradyan (SL) indisi değerleri haritalanan aktif fayların konumlarını desteklemektedir. Ören, Çökertme ve Gökova civarında aktif fay segmentleri boyunca hesaplanan dağ önu eğriliği ( $S_{mp}$ ) değerleri tektonik kuvvetlerin dağ önünü şekillendirmede baskın olduğunu gösterir.

Ören fan deltasının doğu ve batı kesimlerinde paleosismolojik hendek çalışmaları ile segment üzerindeki eski depremler araştırılmıştır. Batı kesimdeki hendek Gereme, doğu kesimdeki hendek ise Keramos hendeği olarak adlandırılmıştır. Gereme hendeği iyi korunmuş bir fay düzlemi önünde flüviyal ve kolüviyal çökellerin birlikte depolandığı bir kesimde açılmıştır. Bu hendek içerisinde gözlenen sentetik yapılara göre iki farklı eski deprem seviyesi belirlenmiştir.

Keramos hendeği ise fay düzlemine bitişik bir şekilde yamaç molozu içerisinde açılmıştır. Hendek içerisinde izlenen stratigrafik seviyeler ve bu seviyeleri kesen antitetik ve sintetik yapılara göre Keramos hendeğinde son depreme ait olay seviyesi belirlenmiştir. Gereme ve Keramos hendeklerinde belirlenen eski deprem seviyelerinin hem daha altında hem de daha üstünde izlenen stratigrafik birimler içerisinden Karbon-14 ve OSL yaş tayinine uygun örnekler toplamak mümkün olmuştur.

Ören segmenti üzerinde yapılan paleosismolojik hendek çalışmaları ile iki eski deprem belirlenmiştir. Hesaplanan morfometrik indis değerleri ve haritalanan yapılar, bölgenin jeomorfolojik gelişiminde tektonik kuvvetlerin erozyonal süreçlerden daha etkili olduğunu göstermiştir.

Bu araştırma TÜBİTAK 1001 programı (proje no: 116Y179) ile desteklenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** aktif fay, Gökova fay zonu, morfometri, Ören fan deltası, paleosismoloji.

**Abstract:** The Ören fan delta is located in the north of Gulf of Gökova in southwest Aegean region. The northern coast of the gulf is a tectonic coast and bounded by normal fault segments of Gökova Fault Zone between Akyaka (Ula, MUĞLA) to east and Çökertme (Milas, MUĞLA) to west.

The boundary between the Ören fan delta and the highlands to the north is an active normal fault and named as Ören segment. On the western part of the delta, the fault trends almost E-W with a dip of 70°-75° to south. On the eastern part, its strike is N65°-75°W with a dip of 65°-75° to southeast. Ören village region was the settlement of ancient Keramos (2nd century BCE) people and the fault plane was a convenient wall for carving rock-cut tombs. Fault breccia and kinematic indicators such as, slickensides, comb structures and corrugations are commonly observable on these well-preserved fault planes.

The effects of Gökova Fault Zone on the morphology was studied through 1/25000 scaled digital elevation model; maps of drainage geometry, aspect and surface slope; and morphometric indices such as hypsometric curve and integral (HI), stream length-gradient (SL), mountain front sinuosity ( $S_{mf}$ ). The fault planes form risers of continuous steps on the topography. These steps are mainly tilted to the north, which is the opposite direction of the fault movement. The geometry of the drainage branches indicate that they are mainly developed parallel or perpendicular to the strike of faults within the fault zone. The hypsometric curves and integral values of the basins indicate that the basins on southern part of the fault zone are in a younger stage than the ones on the northern side. The values of stream length-gradient indices are consistent with the location of mapped active faults. The mountain front sinuosity indices, which can be calculated near Ören, Çökertme and Gökova villages, express that the tectonic forces are dominant than the erosional processes in shaping the mountain front.

Investigation of past earthquakes was performed by paleoseismological trenching on two sites near Ören fan delta: Gereme site in the west and Keramos site in the east. The Gereme trench was excavated in front of a well-preserved fault plane where both colluvial and fluvial sedi-

ments deposited together. The synthetic structures observed in this trench express two past event horizons. The Keramos trench was excavated in colluvium in conjunction with the fault plane. The stratigraphic layers, antitetic and synthetic structures both indicate evidences of the last earthquake in Keramos trench. It was possible to collect samples for C-14 and OSL dating from above and below layers of event horizons in Gereme and Keramos trenches.

The paleoseismological studies on Ören segment revealed two past earthquakes. The values of morphometric indices and the mapping of structures indicate that the tectonic forces are dominant than erosional processes in geomorphological evolution of the region.

This study was supported by TÜBİTAK 1001 Programme (project no: 116Y179).

**Keywords:** active fault, Gökova fault zone, morphometry, Ören fan delta, paleoseismology.



## **Bolu-İzmir Arasında Kuzey Anadolu Fay Zonu Güney Kolu'na Ait Olası Segment Dağılımı: İzmir-Balıkesir Transfer Zonu Yorumunun Uygunluğu Üzerine Bir Tartışma**

*The Possible Segmentation of Southern Branch of North Anatolian Fault Zone Between Bolu and İzmir: A Discussion on the Suitability of İzmir-Balıkesir Transfer Zone Interpretation*

**Gürol Seyitoğlu, Korhan Esat**

*Ankara Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Tektonik Araştırma Grubu, Gölbaşı, Ankara*

*(seyitoglu@ankara.edu.tr)*

**Öz:** Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ) kuzey kolu Marmara Denizi içinde sismik yansıma verileri ile saptanmış olmasına rağmen, güney Marmara'da KAFZ'nin kol sayısı ve güzergahları hakkında farklı yorumlar bulunmaktadır. Klasik hale gelmiş önceki çalışmalarda belirlenmiş olan KAFZ'nin orta ve güney kollarının bağlantıları son Türkiye diri fay haritasında yer almamaktadır. Bu haritada güney Marmara'da Biga yarımadasında bulunan KD-GB doğrultulu fay zonları doğuya doğru bir yay çizerek KB-GD doğrultulu Eskişehir Fay Zonu'na dönerler.

Yakın zamanda yapılan bir çalışmada klasik görüşten farklı alternatif bir hipotez olarak KAFZ'nin güney kol güzergahı Bolu-Manyas arasında yeniden tanımlanmıştır. Bu kolun GPS temelli blok modelleme sonuçlarına dayanarak kayma değerleri açısından KAFZ'nin ikinci öneme sahip kolu olduğu gösterilmiştir.

Son yıllarda Batı Anadolu'da doğrultu atımlı faylanmaya bağlı olarak gelişen sismik etkinliğin farkedilmesi sonucunda araştırmacılar, farklı miktarlarda genişlemeye sahip bölgeleri birbirinden ayıran KKD-GGB doğrultulu sağ yanal İzmir-Balıkesir Transfer Zonu'nun varlığını öne sürmüşler ve bu zona ait yapısal verileri literatüre kazandırmışlardır.

Bu bildiriye Güney Marmara ve Batı Anadolu birlikte değerlendirilerek Bolu'nun güneyinden İzmir Seferihisar'a kadar uzanan KAFZ'nin güney kol'una ait segment dağılımı sunulacaktır. Bolu'nun güneyinden ayrılan KAFZ'nin güney kolu üzerinde Gölpazarı, Yenişehir, Bursa, Ulubat ve Manyas çek-ayır havzaları bulunmaktadır. Yenice-Gönen fayı ve bunlara paralel gelişen faylar Kazdağ masifinin kuzeyinden batı kıyılarına ulaşır. Burada Bababurnu'nda bir çek-ayır havza oluşturarak Ege Denizi içindeki İskiri-Biga fayına bağlanır. Manyas ve Ulubat gölleri arasındaki faylar aralı aşmalı olarak Susurluk vadisini geçerek Havran'a uzanır ve Edremit ovasında genişlemeli bir sıçrama ile Kazdağ güneyindeki Edremit fayı'na bağlanır. Kepsut üzerinden gelen kol ise rahatlamalı sıçramalar ile Balıkesir çek-ayır havzasını oluşturur ve bu hat da Havran'a bağlanır. Kepsut doğusundaki diğer fay kolu ise KKD-GGB doğrultuda Akhisar ovasına iner. Soma ve Bergama'daki sağa sıçramalar Bergama ovasını çek-ayır havzaya dönüştürür. Fayın bir kolu Çandarlı körfezinin doğusundan Aliğa üzerinden Karaburun yarımadası doğusuna uzanırken, Akhisar ovasının batı kenarındaki kol, Manisa üzerinden sıçramalar yaparak İzmir Körfezine ulaşır. İzmir Körfezine çek-ayır karakteri kazandırdıktan

sonra faylar Sığacık körfezine ulaşır.

Burada kısaca ifade edilen ve yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerinden elde ettiğimiz segment dağılımı arazi çalışmaları ile doğrulandığı takdirde, İzmir-Balıkesir Transfer Zonu kavramı terk edilmeli ve aslında bu zonun KAFZ'nin güney kolu olduğu düşünülmelidir. Bu değerlendirmenin sonucu olarak KAFZ'nin güney kolu üzerinde bulunan Türkiye'nin üçüncü ve dördüncü büyüklükteki şehirleri İzmir ve Bursa'ya yönelik ve ayrıca bölgede inşasına başlanan otoyollar ve hızlı tren güzergahlarına ait deprem tehlike analizlerinin KAFZ'nin önemi dikkate alınarak yeniden gözden geçirilmesi kaçınılmazdır.

**Anahtar kelimeler:** İzmir-Balıkesir Transfer Zonu, Kuzey Anadolu Fay Zonu, neotektonik

**Abstract:** Although the northern branch of North Anatolian Fault Zone (NAFZ) were determined in the Marmara Sea by the seismic reflection data, there are different views about the positions and number of branches of the NAFZ in the southern Marmara region. The linkages between the middle and southern branches of NAFZ, which are determined in the previous classical studies, is not included in the latest active fault map of Türkiye. In this map, the NE-SW trending fault zones in the Biga peninsula at southern Marmara region create an arc shape toward east by turning to the NW-SE trending Eskişehir Fault Zone.

The southern branch of NAFZ has been re-determined between Bolu and Manyas as an alternative hypothesis which is different than the classical view in a recent study. It has been demonstrated that the southern branch is a second important branch of NAFZ in terms of slip values obtained by GPS based block modelling.

As a result of recognizing the seismic activity related to strike-slip faulting in the western Anatolia, researchers postulated the existence of right lateral strike-slip İzmir-Balıkesir Transfer Zone which separates the regions having different extension values, and they published relevant structural data.

In this presentation, the segmentation of southern branch of NAFZ from Bolu to İzmir Seferihisar will be given. The southern branch of NAFZ bifurcating in the south of Bolu has Gölpazarı, Yenişehir, Bursa, Ulubat, and Manyas pull-apart basins. Yenice-Gönen fault and its parallel counterparts reach western shoreline of Anatolia from the north of Kazdağ massif. In this location at Bababurnu, a pull-apart basin has been developed by the interaction of İskiri-Biga fault in the Aegean Sea. The en echelon faults between Manyas and Ulubat lakes pass through Susurluk valley and reach to Havran that is linked to the Edremit fault at the south of Kazdağ with a releasing stepover in the Edremit plain. The other branch coming from Kepsut constitutes Balıkesir pull-apart basin by using releasing stepovers and it is also connected to Havran. The other branch in the east of Kepsut having NNE-SSW strike reaches the Akhisar plain. The right stepping branches in Soma and Bergama create Bergama pull-apart basin. While a branch of fault reaches to east of Karaburun peninsula via east of Çandarlı Gulf and Aliağa, the other branch at the west of Akhisar plain reaches İzmir Gulf with en echelon segments via Manisa. After creating pull-apart nature of İzmir Gulf by the releasing stepovers, the faults also reach the Sığacık Gulf.

If the segment distribution, which is briefly described here, obtained from high-resolution satellite images is confirmed by field studies, the İzmir-Balıkesir Transfer Zone concept should be abandoned and this zone should be considered as the southern branch of the NAFZ. As a result of this evaluation, a revision of the earthquake hazard analysis is inevitable for the third and fourth biggest cities (İzmir and Bursa) of Türkiye located on the southern branch of NAFZ and also for the linear structures such as highways and high speed train lines under construction in that region when considering the importance of the NAFZ.

**Keywords:** İzmir-Balıkesir Transfer Zone, North Anatolian Fault Zone, neotectonics





## 1999 İzmit Kırığı Boyunca Sığ Krip Kareketlerinin GPS ve INSAR (2011 - 2017) Verileri ile Gözlemlenmesi

*Shallow Surface Creep Rate Along the 1999 Izmit Earthquake Rupture  
(Turkey) from GPS and Multi-Sensor InSAR Dataset.*

**Gökhan Aslan<sup>1,2</sup>, Cecile Lasserre<sup>3</sup>, Ziyadin Çakır<sup>2</sup>, Semih Ergintav<sup>4</sup>,  
Seda Çetin<sup>5</sup>, Ugur Dogan<sup>5</sup>, Roger Bilham<sup>6</sup>, François Renard<sup>7</sup>**

<sup>1</sup>Université Grenoble-Alpes, Université Savoie Mont Blanc, CNRS, IRD, IFSTTAR, ISTERre,  
38000, Grenoble, France

<sup>2</sup>Department of Geological Engineering, ITU, Maslak, 34469, Istanbul, Turkey

<sup>3</sup>Université de Lyon, UCBL, ENSL, CNRS, LGL-TPE, 69622 Villeurbanne, France

<sup>4</sup>Department of Geodesy, Kandilli Observatory and Earthquake Research Institute, Bogazici  
University, Istanbul, Turkey

<sup>5</sup>Department of Geomatic Engineering, Yıldız Technical University, Istanbul, Turkey

<sup>6</sup>CIRES and Department of Geological Sciences, University of Colorado, Boulder, Colorado,  
USA

<sup>7</sup>The Njord Centre, PGP, Department of Geosciences, University of Oslo, NO-0316, Oslo,  
Norway

(gokhan.aslan@univ-grenoble-alpes.fr)

**Öz:** Bu çalışmada, 1999 İzmit kırığı boyunca meydana gelen asismik kayma, InSAR zaman serisi analizi ile gözlenmiş ve krip davranışının mekan ve zamansal gelişiminin üzerinde durulmuştur. 2011-2017 yıllarını kapsayan TerraSAR-X ve Sentinel 1A/B radar görüntülerinden elde edilen zaman serileri, yakın fay alanı boyunca 2014-2016 yılları arasında her 6 ayda bir yapılan kampanya GPS ölçümleri ile entegre edilmiştir. Elde edilen ortalama InSAR hız alanları, 1999 İzmit kırığının merkezi segmentinde gözlenen asismik kaymanın, depremden 19 yıl sonra logaritmik bir hızla azalarak devam ettiği ve bunun deprem sonrası gelişen afterslip modelleri ile uyumlu olduğunu göstermiştir. Günümüzdeki hızının 8 mm/yıl olduğu krip hareketi, deprem esnasında Süper Makaslama Kırılmasının (super shear rupture) gerçekleştiği segment ile kısmen örtüşmektedir. Sentinel-1 sonuçlarından türetilen zaman serileri incelendiğinde, Aralık 2016 tarihinde krip hızında yaklaşık 10 mm'lik bir sıçramanın bir aylık bir süre içerisinde sığ derinlikte gerçekleştiği, bölgedeki kripmetre ölçümleri ile de tespit edilmiştir. Ayrıca, deprem sırasında kırılmanın gözlemlendiği Gölcük oblik normal fayında belirgin bir düşey yönlü hareket de gözlemlenmiştir. Elde ettiğimiz sonuçlar göstermektedir ki, fay boyunca mekan ve zamansal değişim gösteren asismik krip davranışı, düşünüldüğünden daha karmaşık bir yapıya sahiptir.

**Anahtar Kelimeler:** Asismik krip, InSAR, GPS,

**Abstract:** In this study we compute an InSAR time series of creep along the 1999 Izmit eart-

hquake rupture. The main focus of the study is to characterize the creep rate decades after the event and identify its spatio-temporal characteristic. We combine here new InSAR time series, based on TerraSAR-X and Sentinel 1A/B SAR images acquired over the period 2011-2017, with near field GPS measurement campaigns performed every 6 months from 2014 to 2016. The data set is unique because it combines more than 300 satellite InSAR images, acquired with unprecedented time resolution of up to 1 image every 6 days. We found that the afterslip on the central segment of 1999 Izmit fault rupture is still taking place 19 years after this earthquake at an average rate reaching up to 8 mm/year, becoming one of the longest recorded afterslip. In addition our results reveal for the first time along this fault section that the creep rate is not steady, with a transient accelerating creep event (creep burst) detected in mid-November 2016, which releases 10 mm in less than one month (almost twice the released slip at the average creep rate). Finally, aseismic displacement on the Golcuk normal fault is detected for the first time. The results provide time-resolved characterization of aseismic sliding in one of the most active continental fault.

**Keywords:** Aseismic creep, InSAR, GPS



## Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun Batı Marmara Bölgesi'ndeki Toplam Atım Miktarı ve Yaşı

### *The Cumulative Offset and the Age of the North Anatolian Fault Zone in the Western Marmara Region*

**Kenan Akbayram**

*Bingöl Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Geoteknik Anabilim Dalı, 12000 Bingöl  
(kabbayram@bingol.edu.tr)*

**Öz:** Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ) Doğu Anadolu çarpışma kuşağı ile Ege dalma-batma zonunu birbirine bağlayan ~1400 km uzunluğunda aktif bir sağ yanal atımlı fay zonudur. KAFZ boyunca Anadolu Levhası, Avrasya Levhası'na göre yılda 23-24 mm hızla batı yönünde hareket eder. KAFZ üzerindeki toplam atım miktarı tartışmalı bir konudur. Bu konuda temel olarak iki farklı görüş bulunmaktadır. Birinci görüşe göre KAFZ üzerindeki toplam atım Doğu Anadolu'dan Ege Denizi'ne doğru, batı yönünde gidildikçe kademeli olarak azalmaktadır. Bu görüşe göre Doğu Anadolu'da KAFZ üzerindeki toplam atım miktarı ~90 km iken, bu değer KAFZ'nun orta bölümünde 30–75 km ve batı bölümünde 25–40 kilometredir. Diğer görüşe göre ise KAFZ boyunca ölçülen atımlar doğudan batıya doğru kademeli olarak azalmaz, toplam atım miktarı 30°D-42°D boylamları arasında daima ~90 kilometredir. Bu çalışmada Batı Marmara Bölgesi'nde, 27°D-29°D boylamları arasında, KAFZ'nu oluşturan faylar ve bu fayların üzerlerindeki toplam atım miktarlarına odaklanılarak yukarıda bahsedilen tartışmaya katkı sunmak amaçlanmıştır. Literatürde Marmara Denizi çevresinde KAFZ'nun, her biri 7.4Mw büyüklüğünde deprem üretme potansiyeline sahip, üç ana kola ayrıldığı yaygınca kabul edilmektedir (Kuzey Kol, Orta Kol ve Güney Kol). Fakat KAFZ'nun Batı Marmara'daki, gerek denizaltında gerekse de karada tespit edilmiş olan, kolları üzerine yapılmış önceki çalışmalar birlikte değerlendirildiklerinde; KAFZ'nun 27°D-29°D boylamları arasında ~140 km genişliğinde bir makaslama zonu oluşturduğu ve bu makaslama zonunun içerisinde en az 11 adet fay kolunun bulunduğu görülmüştür. Jeomorfolojik ve jeolojik atım gösteren yapıların detaylı incelenmesi neticesinde KAFZ'nun toplam atımının Batı Marmara'da bu çok sayıda fay tarafından paylaşıldığı görülmektedir. Bu çalışmada tespit edilmiş olan fayların dokuzunda toplam ~75 km sağ yönlü atım ölçülmüştür. Ölçülen bu toplam atım miktarı Doğu Marmara Bölgesi'nden (~31°D boylamında) kısa bir süre önce bildirilmiş olan 88±5 km toplam atım miktarı ile uyumlu görünmektedir. Ancak yine de Batı Marmara'da ~15 kilometrelik bir atım kaybı bulunmaktadır. Bu ~15 kilometrelik kayıp atım Marmara Denizi içerisinde kısa bir süre önce tespit edilmiş olan Güney Marmara Fayı (ya da İmralı Sırtı Fayı) üzerinde yer alıyor olabilir. Anadolu Levhası'nın batı yönlü hareketinin yılda ~23 mm olan hızı ve ~90 kilometrelik toplam atım miktarı bir arada değerlendirildiklerinde KAFZ'nun Marmara Bölgesi'nde Pliyosen'den (3.9 Ma) beri aktif olduğu düşüncesi doğrulanmaktadır. Kuzey Ege Denizi içerisindeki çökel havzalarda yapılmış yeni sismik çalışmalar, bu bölgedeki Oligo-Miyosen yaşlı normal fayların KAFZ'nu oluşturan sağ yanal atımlı faylar tarafından Pleistosen'de yeniden aktive edildiklerini göstermektedir. Sonuç olarak bu çalışma KAFZ'nun Marmara Bölgesi'ndeki yaşının Pliyosen olduğunu ve KAFZ boyunca toplam atımın doğudan batıya doğru değişkenlik

göstermediğini ortaya koymaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Atım paylaşımı, batı Marmara, Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ), Kuzey Ege Denizi, toplam atım ve yaş.

**Abstract:** The North Anatolian Fault Zone (NAFZ) is a ~1400 km long active strike-slip fault zone connecting the Eastern Anatolian convergence and the Aegean subduction zone. The NAFZ accommodates 23-24 mm/yr of dextral motion between the Anatolian and the Eurasian plates. The cumulative offset along the NAFZ had long been controversial. There are two main ideas in this discussion: (1) the total offset of the NAFZ decreases gradually from Eastern Turkey towards the Aegean Sea; from ~90 km in the east to 30–75 km in the central and to 25–40 km in the western part of the NAFZ and (2) the cumulative offset of the NAFZ is ~90 km both in the eastern, central and western Turkey, between 30° and 42° E longitudes, hence, there is no gradual decrease of offsets along the fault zone. In order to contribute to this discussion, in this study I focus on the fault structures and their cumulative offset in the Western Marmara region between the 29°E and 27°E longitudes. It is been commonly accepted that in the Marmara Sea region, the NAFZ split into three major branches both are tectonically active and have the potential for an M7.4 earthquake: the northern branch (NAFN), the middle branch (NAFM) and the southern branch (NAFS). My review of the earlier publications suggests that between 29°E and 27°E longitudes the NAFZ gets wider and becomes a ~140 km broad shear zone comprising at least 11 fault strands in the Western Marmara region. Detailed investigation of the geomorphologic and geological offset structures along these strands suggests that the cumulative offset of the NAFZ is partitioned between these faults. In the present study, I report a total of ~75 km offset over the nine of these faults. This cumulative offset value is in good correlation with the recently reported total 88±5 km offset in the Eastern Marmara region near 31°E longitude. The missing ~15 km offset has possibly occurred over a recently discovered offshore fault, the South Marmara Fault (or the Imralı Ridge Fault) and could not be identified yet. The ~23 mm/yr of total plate motion of the Anatolian Block along the North Anatolian Fault and the accumulated ~89 km total offset suggest that the initiation of transform displacement started at Pliocene (3.9 Ma) across the Marmara Sea. Recent offshore studies held in the northern Aegean Basins also suggest that earlier existed structures were reactivated by dextral strike-slip faults of the NAFZ during the Pleistocene. All these data support the Pliocene inception of the NAFZ in the Marmara Region and evidenced no gradual decrease of offsets along the NAFZ.

**Keywords:** Cumulative offset and age, Northern Aegean Sea, North Anatolian Fault Zone (NAFZ), offset partitioning, Western Marmara



## Doğu Anadolu Fayı'nın Sismik Döngüleri ve Sismik-Asismik Davranışı ile İlgili Sorunlar

*Question about the Seismic Cycle of the East Anatolian Fault and its Seismic versus Aseismic Behavior*

Aurélia Hubert-Ferrari<sup>1</sup>, Laura Lamair<sup>2</sup>, Sophie Hage<sup>2</sup>, Namık Çağatay<sup>3</sup>, Ulaş Avsar<sup>4</sup>

<sup>1</sup>University of Liège, Department of Geography, clos Mercator 3, 4000, Liège, Belgium

<sup>2</sup>National Oceanography Centre, University of Southampton, UK

<sup>3</sup>Istanbul Technical University, Faculty of Mines, Geology Department

<sup>4</sup>Middle East Technical University, Department of Geological Engineering, Ankara, Turkey

(aurelia.ferrari@uliege.be)

**Abstract:** The East Anatolian Fault (EAF), first studied by Dr. Fuat Şaroğlu, is a large active left-lateral strike-slip fault in Turkey. The EAF was seismically active during the 19th century according to historical documents and was mostly quiet during the 20th century. Geodetic studies suggest that the fault is creeping along its central part. Only one paleoseismological record exists in its central part near Hazar Lake. Trenches evidence only one event in the last 5500 years on the master fault and recurring ruptures along a close splay fault.

In the present study, we focus on the seismic shaking history recorded in the sediments of the Hazar Lake that occupies a 20 km long pull-apart basin in the central part of the EAF. Sections across the Kürk Delta at the southwestern end of the Hazar Lake, and sedimentary cores sampling the lake bottom were studied to retrieve a paleoseismological record. The Kürk Delta displays five episodes of strong seismic shaking (i.e. ball and pillows, paleoliquefactions and fracturing linked to lateral spreading) and their timing could correspond to destructive historical events. The analyses (X-ray imagery, magnetic susceptibility, grain-size, loss-on-ignition and XRF measurements) conducted on the sedimentary cores identified recurring thin coarse-grained sedimentary events in all cores. Fifteen turbidites were deposited simultaneously at the two deep sites investigated. The turbidite ages are inferred combining radiocarbon and radionuclide (137Cs and 210Pb) dating in an Oxcal model. An average recurrence of turbidite deposition of ~150 years is inferred. These thin turbidites are inferred to be earthquake triggered based on (1) their occurrence at different sites that must be reached by different turbiditic flows; (2) their large-scale global impact on the lake sediments even at sites where no turbiditic deposit occurred. Some of the triggered turbidites correspond to historical earthquakes occurring in 1874-75, in 1789, during the 13th century, in AD 995 and AD 817, and with paleoearthquakes documented in trenches northeast of the Hazar Lake.

Our record demonstrates that Hazar Lake has repeatedly sustained large seismic shaking. The earthquake source might be located exactly at the lake location where the master fault could be creeping, but seismic sources along the EAF or on secondary structures near the location of Hazar Lake still generated repeatedly large magnitude earthquakes.

**Keywords:** East Anatolian fault, paleoseismology, turbidites, seismic shaking, creep

**Öz:** İlk olarak Dr. Fuat Şaroğlu tarafından çalışılan Doğu Anadolu Fayı (DAF) Türkiye’de bulunan büyük bir aktif sol-yanal doğrultu-atımlı faydır. Tarihsel kayıtlara göre 19. yüzyılda sismik aktivite gösteren DAF, 20. yüzyılda çoğunlukla sessiz kalmıştır. Jeodezik çalışmalar fayın orta kısımlarında krip olduğunu ileri sürmektedir. Fayın Hazar Gölü yakınlarındaki orta kesminden elde edilmiş yalnızca bir adet paleosismik kayıt bulunmaktadır. Paleosismik hendek kayıtları ana fay üzerinde son 5500 yılda sadece bir adet deprem olduğunu, buna karşın yakındaki bir ayrılma fayı üzerinde ise tekrarlanan kırıklar olduğunu göstermektedir.

Bu çalışma, DAF’ın orta kısmında yeralan 20 km uzunluğundaki bir çek-ayır havzasını dolduran Hazar Gölü sedimanlarında kaydedilmiş sismik aktivite tarihçesine odaklanmaktadır. Hazar Gölü’nün güneybatı ucundaki Kürk Deltası’ndaki kesitler ve gölden alınan sediman karot örnekleri paleosismik kayıt elde etmek için ayrıntılı olarak incelenmiştir. Kürk Deltası kesitlerinde, zamansal olarak yıkıcı tarihsel depremlerle ilişkilendirilebilecek beş adet şiddetli sismik sarsıntı döneminin sedimanter izleri (top ve yastık yapıları, paleosivilleşme izleri ve yanal zemin yayılmalarına bağlı kırılmalar gibi) tespit edilmiştir. Sediman karotları üzerinde yapılan analizler ile (X-ışını görüntüleme, manyetik duyarlılık, tane-boyu dağılımı, yanma kaybı ve XRF analizleri) tüm karotlarda tekrarlanan iri-taneli sedimanter olaylar tespit edilmiştir. İncelenen iki adet derin sahada onbeş adet türbiditin eşzamanlı çökeldiği anlaşılmıştır. Türbiditlerin tarihleri radyonüklit ( $^{137}\text{Cs}$  and  $^{210}\text{Pb}$ ) ve radyokarbon tarihlendirme yöntemleri ile belirlenmiştir. Buna göre, yaklaşık 150 yıllık bir türbidit tekrarlanma aralığı olduğu anlaşılmıştır. Gölün içinde farklı lokasyonlarda olmaları (eşzamanlı farklı türbidit akıntılarından kaynaklandıklarını gösterir) ve türbidit çökellerinin olmadığı karot lokasyonlarında bile sedimantasyonu etkileyecek kadar büyük ölçekli olmaları nedeni ile, tespit edilen bu türbiditlerin deprem kaynaklı olduğu sonucuna varılmıştır. Tespit edilen türbiditlerden bazılarının tarihleri, 1874-75’de, 1789’da, 13. yüzyılda, MS 995’de ve MS 817’de kaydedilmiş tarihsel depremler ile, ve Hazar Gölü’nün kuzeydoğusundaki hendeklerde tespit edilmiş eski depremler ile örtüşmektedir.

Elde ettiğimiz sedimanter kayıtlar Hazar Gölü’nün defalarca sismik sarsıntıya maruz kaldığını göstermektedir. Deprem kaynağı tam olarak gölde, yani ana fayın krip ettiği yerde olabilir, ancak DAF üzerindeki ya da Hazar Gölü yakınlarındaki ikincil yapılarındaki deprem kaynaklarının da tekrarlanan büyük depremler ürettiği görülmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Doğu Anadolu Fayı, paleosismoloji, türbidit, sismik sarsıntı, krip



## Pütürge Segmentinin Yapısal ve Morfolojik Analizi: Doğu Anadolu Fay Zonu (DAFZ), Doğu Türkiye

### *Structural and Morphological Analysis of Pütürge Segment: East Anatolian Fault Zone (EAFZ), Eastern Turkey*

Elif Akgün<sup>1</sup>, Murat İnceöz<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Fırat Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 23119, Elazığ

<sup>2</sup>Alpin Mermer Mühendislik İnşaat Turizm Sanayi ve Ticaret Ltd. Şti., Elazığ  
(efiratligil@firat.edu.tr)

**Öz:** Doğu Anadolu Fay Zonu, Alp-Himalaya Orojenik Kuşağı içerisindeki önemli Neotektonik yapılardan biridir. Bu çalışmada fay zonunun Doğanyol ile Çelikhan arasında kalan Pütürge segmentinin morfolojik ve yapısal özellikleri incelenerek, segmentin tektonik evriminin ortaya konulması amaçlanmıştır.

Pütürge segmenti boyunca basınç sırtları, üçgen yüzeyler, ötelenmiş dereler ve çizgisel vadiler gibi çok sayıda morfolojik yapı gözlemlenmiştir. Şiro vadisi bu segment tarafından denetlenen çizgisel bir vadi olup, vadi boyunca fayın etkisiyle yükselmiş akarsu terasları gözlemlenmiştir. Sincik'ten (Adıyaman) itibaren; kenet kuşağının segment boyunca sol yanal ötelenmesi ile morfolojide sıkışmalı yapılar rol almıştır. Bu deformasyon sonucunda gelişen kıvrımlar, bindirmeler ve ters faylar karmaşık bir morfoloji oluşturmuştur. Faya paralel olarak gelişen basınç sırtları bu alanda morfolojik olarak yükselime yol açmıştır. Morfolojik gözlemlere ek olarak, segment boyunca kinematik veriler ölçülmüştür. Saha çalışmalarının yanında, uydu görüntülerinden elde edilen sayısal yükseklik modelinden çizgisellikler belirlenmiştir.

Tüm veriler analiz edildiğinde, çalışma alanı Orta Eosen'den günümüze en az üç farklı deformasyon evresi geçirmiş olup; Pütürge segmenti bu deformasyon evrelerinin son fazında (Geç Pliyosen'den günümüze) gelişmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Doğu Anadolu Fay Zonu, morfolojik yapı, neotektonik, Pütürge segmenti.

**Abstract:** The Eastern Anatolian Fault Zone is one of the important Neotectonic structures in the Alpine-Himalayan Orogenic Belt. In this study, the morphological and structural characteristics of the Pütürge segment of the fault zone between Doğanyol and Çelikhan were investigated and it was aimed to reveal the tectonic evolution of the segment.

A number of morphological structures such as pressure ridges, triangular surfaces, deflected stream courses and displaced linear valleys were observed along the segment. The Şiro valley is a linear valley controlled by this segment, along which elevated rivers terraces were observed due to the faulting. From the Sincik (Adıyaman); with the left lateral displacement of the suture zone along the segment, the compressional structures in the morphology played a role.

The folds, thrusts and reverse faults developed as a result of this deformation have formed a complex morphology. The pressure ridges developed parallel to the segment led to an elevation in this area. In addition to morphological observations, kinematic data were measured along the segment. As well as field works; lineaments were determined from digital elevation model obtained from satellite imagery.

When all data is analyzed; it has been shown that the study area has undergone at least three different stages of deformation from Middle Eocene to the present day; the Pütürge segment has developed in the last phase (from Late Pliocene to present day) of these deformation stage.

**Keywords:** East Anatolian Fault Zone, morphological structure, neotectonic, Pütürge segment.





## Anadolu Bloku'nun Batıya Kaçışı Sırasında Eski Yapıların Yeniden Aktifleşmesine Bir Örnek: Nazımiye Fayı

*An Example for the Re-Activation of the Pre-Existing Structures During the Westward Extrusion of the Anatolian Scholle: Nazımiye Fault*

**Taylan Sançar<sup>1</sup>, Gürsel Sunal<sup>2</sup>, Mehmet Korhan Erturaç<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Munzur Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 62000 Aktuluk Tunceli, Turkey

<sup>2</sup>İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 34469 İstanbul, Turkey

<sup>3</sup>Sakarya Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, 54187 Sakarya, Turkey  
(tsancar@munzur.edu.tr)

**Öz:** Avrasya Levhası'na göre kuzeye doğru hareket eden Arap ve Afrika levhaları Anadolu Bloku'nun batıya hareket etmesine neden olmaktadır. Bu hareket sırasında deformasyonun büyük kısmı Anadolu Bloku'nun sınırlarını temsil eden Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ) ve Doğu Anadolu Fay Zonu (DAFZ) üzerinde toplanır. Anadolu Bloku'nun günümüzdeki sınırlarının ne zaman oluştuğu hâlâ tartışılmalı olan önemli bir konudur ve bu sorunun çözümü ile ilgili olarak değişik görüşler ileri sürülmüştür. Bu tartışmanın çözümünde DAFZ'nin yaşı ve Anadolu Bloku doğusundaki deformasyon özellikleri kritik öneme sahiptir. Söz konusu problemi tartışmak için bu çalışma kapsamında iki bölge üzerinde araştırmalar yapılmıştır. Çalışma yapılan ilk bölge kuzeyde KAFZ, güneydoğuda DAFZ ve batıda Malatya Ovacık Fayı (MOF) ile sınırlıdır, ikinci bölge ise Muş Havzası civarını kapsamaktadır. İlk bölgenin güney sınırını oluşturan Nazımiye Fayı (NF), KAFZ'nin 60 km güneyinde ve DAFZ ile MOF arasında yer alır. NF'nin kuzey ve güney segmentlerinde ölçülen birikimli atım miktarları sırası ile 12 ve 23 km'dir. NF kuzeyinde yer alan akaçlama alanlarında uygulanan hipsometrik analiz, integral yöntem ve transvers topoğrafik asimetri faktör gibi morfolitik araştırmalar birinci bölgede yanal hareketin yanında önemli miktarda yükselimin olduğunu da göstermektedir. Muş Havzasının kuzey sınırını belirleyen Muş Bindirme Fayı ve havzanın güneyinde yer alan Murat Fay Zonu (MFZ), ikinci bölge içerisindeki iki önemli tektonik yapıdır. MFZ, EAFZ ile Van Gölü arasında uzanan ve genişliği yaklaşık 45 km olan transpresyonel bir deformasyon zonudur. MFZ üzerinde gerçekleştirilen morfolitik analizler bu zonun yükselimi dışında önemli derecede doğrultu atımlı deformasyona maruz kaldığını ortaya çıkarmıştır. Yaklaşık 23 km sağ yanal ötelenmiş Murat Nehri, MFZ üzerinde ölçülen en fazla birikimli atımdır. NF ile MFZ arasında fayların atım yönü, doğrultuları ve birikimli atım miktarları bakımından önemli benzerlikler vardır. NF ve MFZ arasındaki benzerlikler dikkate alınarak her iki fay zonunun KAFZ'ye paralel olarak oluşmuş eski bir yapı olduğu ve DAFZ tarafından 33±3 km sol yanal ötelenildiği düşünülmektedir. NF'ye yakın konumlanmış geç Miyosen bazaltları ve ilk bölge içerisinde farklı yerlerde ortaya çıkan Pliyosen-Plesitosen bazaltları NF'nin günümüze yaklaşık 13-12 milyon yıl önce oluşmaya başladığına ve DAFZ geliştikten sonra başlayan Anadolu Bloku'nun batı yönlü hareketi ile yeniden aktif olduğuna işaret etmektedir. Bütün bu veriler NF'nin Anadolu Bloku'nun batı yönlü hareketi sırasında ortaya çıkan yamulma

neticesinde aktif hale gelen eski bir yapı olduğuna işaret eder.

**Anahtar Kelimeler:** Nazimiye Fayı, Doğu Anadolu Fay Zonu, Anadolu Bloğu,

**Abstract:** The ongoing northward convergence of the Arabian and African plates with respect to Eurasia give rise to westward extrusion of the Anatolian Scholle, during which the boundary faults of the Anatolian Scholle, the North Anatolian Fault Zone (NAFZ) and East Anatolian Fault Zone (EAFZ), accommodate main deformation. One of the important discussion is about when the present day configuration of the boundary faults of the Anatolian Scholle did form? Several hypotheses have been proposed to lighten this question. The age of the EAFZ and internal deformation of eastern part of the Anatolian Scholle have a critical role to solve this discussion. In this study, our investigations focus in two regions to discuss this problem. The first region is delimited by the NAFZ to the north, the EAFZ to the southeast, and the Malatya Ovacık Fault (MOF) to the west, and the second region is the vicinity of the Muş Basin. The right lateral Nazimiye Fault (NF), which delimit the southern boundary of the first region, is located 60 km south of the NAFZ and extends between the EAFZ and the MOF. We measured ca. 12 and 23 km cumulative offsets on the northern and southern segment of the NF, respectively. Moreover, the applied morphometric indices such as, hypsometric integral, integral analyses and transverse topographic asymmetry factor, reveal that the first region deformed with a considerable amount of vertical uplift along with the lateral displacement. Muş Thrust Fault, which delimits the northern margin of the Muş Basin, and the Murat Fault Zone (MFZ), which located to the south of the basin, are two important tectonic structures within the second region. The 45 km wide MFZ is a transpressional zone between EAFZ and Lake Van. The morphometric analyses point out that the MFZ characterized by significant strike-slip deformation along with the regional uplift. The ca. 23 km dextrally offset Murat River presents the maximum cumulative offset of the MFZ. Considering similarities between the NF and MFZ, in terms of their orientations, slip senses and cumulative offsets, we suggest that they belonged to the same deformational zone ones was parallel to the NAFZ then sinistrally offset by the EAFZ about  $33\pm 3$  km. In the light of the late Miocene Tunceli basalts nearby the NF and Plio-Pleistocene basaltic emplacement within the first region, we propose that the NFZ developed ca. 13-12 Ma ago and re-activated after the formation of the EAFZ that mark the beginning of the westward motion of the Anatolian Scholle. Therefore, we assert that the NF represents an older structure that reactivated as a result of generated bulk strain during the westward extrusion of the Anatolian Scholle.

**Keywords:** Nazimiye Fault, East Anatolian Fault Zone, Anatolian Scholle



## 2011 (Mw 7.1) Van Depremi: Neden Yeni bir Fay Modeli Öneriyoruz?

*2011 (Mw 7.1) Van (Turkey) Earthquake: Why Are We Proposing A New Fault Model?*

**Ahmet M. Akoğlu<sup>1</sup>, Ziyadin Çakır<sup>1</sup>, Semih Ergintav<sup>2</sup>, Uğur Doğan<sup>3</sup>, Alpay Özdemir<sup>3</sup>, Cengiz Zabcı<sup>1</sup> ve Sigurjón Jónsson<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>*İstanbul Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, İstanbul*

<sup>2</sup>*Boğaziçi Üniversitesi, Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü, Jeodezi Anabilim Dalı, İstanbul*

<sup>3</sup>*Yıldız Teknik Üniversitesi, Harita Mühendisliği Bölümü, İstanbul*

<sup>4</sup>*King Abdullah University of Science and Technology (KAUST), Physical Science and Engineering Division, Thuwal 23955, Saudi Arabia*  
(akoglua@itu.edu.tr)

**Öz:** 600'den fazla vatandaşımızın hayatını kaybettiği 23 Ekim 2011 Van Depremi meydana geleli yedi yıldan fazla bir zaman geçmiş bulunuyor. Depremi takip eden yıllarda yeni sismolojik, jeodezik ve jeolojik verilerin de temini ile birlikte bir çok bilimsel araştırma yayınlanmıştır. Bu çalışmalar ekseriyet ile yüzeyden 8 km derine kadar ciddi bir atım meydana gelmediği ve ana faylanmanın 10-22 km derinliklerde kuzeye eğimli bir kör bindirme fay üzerinde gerçekleştiği konusunda görüş birliği etmektedirler. Bununla birlikte araştırmacılar yeryüzünde gözlenen yer değiştirmelerin tek bir fay mı yoksa eş doğrultulu ve birbirine komşu iki parçalı bir faylanma sonucu mu oluştuğu konusunda iki gruba ayrılmışlardır. Ne var ki öne sürülen bu iki fay modelinin de deprem sonucu yüzeyde meydana gelen ve radar uydularınca kaydedilen yer değiştirmeleri, Erçek Gölü batı kıyısı civarında rapor edilen saha gözlemlerini ve konumları iyileştirilmiş (reloke) artçıları tam olarak izah edemediği görülmektedir. Sunumda önceki çalışmaların sonuçlarına dair kısa fakat detaylı bir özeti takiben, ana faya ek olarak Erçek Gölü batı kıyısına paralel bir yırtılma fayını içeren yeni kosismik modelimiz tanıtılacak ve depremden beri geçen yedi yıl içinde bölgede meydana gelen deprem sonrası aktiviteye ait güncel radar verileri ışığında ana fay ile doğusundaki yırtılma fayı ve güneyindeki Bostaniçi Fayı arasındaki ilişki ele alınacaktır.

**Anahtar Kelimeler:** 2011 Van Depremi, kör bindirme, InSAR, kosismik model, postsismik hareket, Türk İnan Platosu.

**Abstract:** It has been well over seven years since the October 23<sup>rd</sup>, 2011, Mw 7.1 Van, Turkey, earthquake took place causing a loss of > 600 lives. Several scientific studies were published in this period with the introduction of newly available seismological, geodetical and geological datasets. These studies generally agree upon a deeply buried coseismic slip (10-22 km) on a north-dipping blind thrust fault and a lack of slip at shallower depths (< 8 km). That being said the researchers are divided into two camps: while one group of studies are proposing a two-fault model with subparallel segments others suggest a single segment. Our recent study shows

that these two fault models fail to explain fully the surface deformation that were recorded by the radar satellites, the field observations that were reported along the west coast of Lake Erçek as well as the relocated aftershocks. In this presentation, after a concise review of the earlier studies, we will be introducing our new two-fault coseismic model which is comprised of a tear fault running parallel to the west coast of Lake Erçek in addition to the main Van fault itself. The relationship of the main Van fault with the tear fault to the east as well as the recently discovered Bostaniçi fault to the south will also be discussed using the SAR and GPS data covering the last 3 years of the postseismic period.

**Keywords:** 2011 Van (Turkey) Earthquake, coseismic model, InSAR, postseismic motion, blind thrust, The Turkish Iranian Plateau



## Chlorine-36 Cosmogenic Data On Active Bedrock Fault Scarps From Central Italy and Western Turkey

*Batı Anadolu ve Orta İtalya'daki Diri Fay Düzlemleri Üzerinde <sup>36</sup>Cl Kozmojenik Verileri*

**Laura C Gregory<sup>1</sup>, Huw Goodall<sup>1</sup>, Luke NJ Wedmore<sup>2</sup>, Ken McCaffrey<sup>3</sup>, Bora Uzel<sup>4</sup>, Hasan Sözbilir<sup>4</sup>, Ökmen Sümer<sup>4</sup>, Mustafa Softa<sup>4</sup>, Richard P Shanks<sup>5</sup>, Gerald P Roberts<sup>6</sup>, Leo JJ Zijerveld<sup>7</sup>**

<sup>1</sup>*School of Earth and Environment, University of Leeds*

<sup>2</sup>*School of Earth Sciences, University of Bristol*

<sup>3</sup>*Dept of Earth Science, University of Durham*

<sup>4</sup>*Dept of Geological Engineering, Dokuz Eylül University*

<sup>5</sup>*AMS Laboratory, Scottish Universities Environmental Research Centre*

<sup>6</sup>*Dept of Earth and Planetary Sciences, University College London Birkbeck*

<sup>7</sup>*Dept of Earth Science, University of Bergen*

*(l.c.gregory@leeds.ac.uk)*

**Abstract:** In zones of distributed continental faulting, it is important to understand how slip is partitioned onto brittle structures over a range of timescales, from geological to a single earthquake cycle. Quantifying the earthquake recurrence is challenging because earthquake repeat times are often longer or similar to that covered by the historical or instrumental record. Average fault slip rates can be determined using Quaternary dating techniques on offset features, but there is a paucity of data representing multiple earthquake cycles in detail. Cosmogenic isotope analyses from bedrock fault scarps have the potential to bridge the gap, as these datasets track the exposure of fault planes due to earthquakes with millennial resolution. We present <sup>36</sup>Cl data combined with historical earthquake records to document orogen-wide changes in the distribution of seismicity on millennial timescales in central Italy, and show where we are applying this method in Turkey.

In the Italian Apennines, seismic activity due to extensional faulting has been concentrated on the northeast side of the mountain range during the historical period (since approximately the 14th century). Few earthquakes have struck the western side of the region during the historical times. This pattern of activity has led some to suggest that faults on the southwest side of Abruzzo are not active, however clear fault scarps cutting Holocene-aged slopes are well preserved across the whole of the orogen. These scarps preserve an excellent record of Holocene earthquake activity, which can be quantified using cosmogenic isotopes that track the exposure of the bedrock fault scarps. <sup>36</sup>Cl accumulates as the fault plane is progressively exhumed by earthquakes and the concentration of <sup>36</sup>Cl measured in samples collected along the fault slip vector reflects the rate and patterns of slip and earthquake recurrence. We utilise Bayesian modelling techniques to quantify the history of exposure due to earthquakes from the cosmogenic data. Each sampling site is carefully characterised using LiDAR and GPR to ensure that fault

plane exposure is due to slip during earthquakes and not sediment transport processes.

Faults in the central Apennines demonstrate slip rate variability on millennial timescales, with relatively fast slip and multiple earthquakes interspersed between long periods with few to no earthquakes. We show that heightened activity spatially migrates across central Italy over time. We have applied the same technique to several normal faults across south western Turkey, along some of the major seismically active basins. Whilst we do not yet have data from these sites, we will show examples of how we have collected our samples and outline what we hope to learn about the targeted fault systems. We highlight the importance of understanding dynamic fault behaviour, which may include spatial and temporal migration of seismicity, quantified by detailed cosmogenic isotope studies.

**Keywords:** Neotectonics, active faults, cosmogenic isotopes, earthquake recurrence



**NEOTEKTONİK VE DEPREMSELLİK / NEOTECTONICS AND SEISMICITY**

Gürol SEYİTOĞLU - Serdar AKYÜZ - Ziyadin ÇAKIR - Korhan ESAT - Laura GREGORY -  
Azad SAĞLAM SELÇUK

---

**Poster/Posters**

---

**ÖZ/ABSTRACT**





## Erciş Fay Zonu'nun Van Gölü Havzasının Tektonik Evrimine Etkisinin Morfometrik İndislerle Belirlenmesi

*Determination of the Effect of Erciş Fault Zone on the Tectonic Evolution of the Van Lake Basin by Morphometric Indices*

**Ahmet Özkan Kul<sup>1</sup>, Abdulcelil Sîyahtaş<sup>1</sup>, Azad Sağlam Selçuk<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, 650080 Tuşba/Van

<sup>2</sup>Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 650080 Tuşba/Van

(kulahmetozkan@gmail.com)

**Öz:** Yerkabuğunun derinliklerinde etkili olan iç süreçler yeryüzünde farklı jeomorfolojik izler bırakmaktadır. Bu izlerin araştırılmasında ve tektonik ile jeomorfolojik gelişim arasındaki ilişkinin ortaya çıkarılmasında sıklıkla morfometrik analizler kullanılmaktadır. Bu çalışmada, morfometrik indisler kullanılarak Erciş Fay Zonu'nun Van Gölü Havzası'nın tektonik evrimi üzerindeki etkisinin araştırılması amaçlanmıştır.

Erciş Fay Zonu, yaklaşık olarak 50 km uzunluğunda sağ yanal doğrultu atımlı yaklaşık K30°B doğrultulu bir deformasyon zonudur. Bu fay zonunda bazı faylara ait segmentler normal bileşene sahip iken bazı segmentler de ise ters bileşen görülmektedir. Van Gölü havzasının kuzeyinde yer alan bu fay zonu, Erciş ilçesinin kuzeyinde bulunan ve Afgan köyü olarak da bilinen Ulupamir köyü ile Muradiye ilçesinin güneyinde bulunan Yumaklı köyü arasında uzanmaktadır. Fay zonu bölge içerisinde aktif ve birbirine yaklaşık paralel uzanan kısa faylardan meydana gelerek GD'ya doğru net bir şekilde takip edilebilir. Morfolojik olarak doğrultu atımlı faylanmaya özgü yer şekilleri (basınç sırtları, dere ötelenmeleri vs.) ile karakteristiktir.

Erciş Fay zonu ve civarındaki deformasyon özellikleri morfometrik indisler kullanılarak araştırılmıştır.

Çalışma kapsamında kullanılan morfometrik indisler; Hipsometrik eğri ve integral (HE ve HI), Drenaj havzası asimetrisi (AF), Akarsu uzunluk-eğim indeksi (SL), Dağ önü kıvrımlılığı (Smf), Vadi tabanı uzunluğunun Vadi yüksekliğine Oranı (Vf) ve chi oranlarıdır. Bu değerler farklı araştırmacılar tarafından üretilen programlar kullanılarak hesaplanmıştır.

Erciş fayının aktif olması ve bölgenin jeodinamik evriminde rol üstlenmesinden dolayı, bu fayın segmentlerinin birbirlerine göre aktiflik derecelerinin belirlenmesi jeomorfolojik açıdan önemlidir. Erciş Fay Zonu üzerinde yapılan morfometrik indisler (Smf ve Vf), segmentlerin aktivitesinin yüksek olduğunu ve yükselimin hızının 0.5 mm/yıl'dan daha az olmadığına işaret etmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Erciş Fay Zonu, yükselim hızı, morfometrik indis, Van Gölü Havzası

**Abstract:** Internal processes that are effective in the depths of the earth's crust leave different geomorphological traces. Morphometric analysis is often used in study of geomorphological traces and that reveal the relationship between tectonic and geomorphological development. In this study, we aimed to investigate the effect of Erciş Fault Zone on the tectonic evolution of the Van Lake Basin using morphometric indices.

The Erciş Fault Zone is an N30°W oriented right lateral strike-slip fault of approximately 50 km. This fault zone is located to the north of Lake Van basin. In this fault zone, some fault-related segments have a normal component whereas some segments have an inverse component. This fault zone is located north of Van lake basin, and between Ulupair village, also known as Afghan village, and Yumaklı village to the south of Muradiye. The fault zone is composed of short segments that are active and parallel to each other in the region and can be followed in a towards the Southeast. It is characteristic of strike-slip fault morphology of landforms (pressure ridge, offset stream, etc).

Deformation properties of Erciş fault zone were researched by using morphometric indices. Morphometric indices used in the study; Hypsometric curve and integral (HC ve HI), Drainage basin asymmetry (AF), Stream length- gradient index (SL), Mountain front sinuosity (Smf), The ratio of valley floor width to valley height (Vf) and integral analysis of longitudinal profiles. These values were calculated by using programs produced by different researchers.

The fact that the Erciş Fault is an active fault due to its role in the geodynamic evolution of the region, The geomorphological significance of the segments of this fault is determined according to each other.

The morphometric indices (Smf and VF) on the Erciş Fault zone indicate that the activity of the segments is high and that the velocity of the elevation is not less than 0.5 mm / year.

**Keywords:** The Erciş Fault Zone, uplift rate, morphometric indices, Van Lake Basin

**OFİYOLİT VE OFİYOLİTİK MELANJ / *OPHIOLITES AND OPHIOLITIC MELANGES***

Osman PARLAK - Alastair ROBERTSON - Utku BAĞCI

---

***Sözlü Sunumlar/Oral Presentations***

***ÖZ/ABSTRACT***





## Ofiyolitlerle İlişkili Melanjlar ve Türkiye Jeolojisindeki Rolü

### *Ophiolite-Related Mélanges and Their Role in Turkish Geology*

**Alastair H.F. Robertson<sup>1</sup>, Osman Parlak<sup>2,3</sup>, Timur Ustaömer<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>*School of Geosciences, University of Edinburgh, Edinburgh EH9 3JW, UK*

<sup>2</sup>*Çukurova Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, TR-01330 Balcalı, Adana*

<sup>3</sup>*State Key Laboratory of Geol. Processes and Min. Resources, Center for Global Tectonics, School of Earth Sci., China University of Geosciences, Wuhan 430074*

<sup>4</sup>*İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, TR-34320 Avcılar, İstanbul*  
(alastair.robertson@ed.ac.uk)

**Öz:** Melanjlar matrisi içeren veya içermeyen, birbirine tamamen karışmış kaya birimlerinden oluşur. Melanjlar karmaşık yapıları nedeniyle çoğunlukla gözardı edilmişlerdir. Ancak melanjlar tektonik süreçler ve ortamlar hakkında çok değerli bilgileri barındırırlar. Klasik olarak melanjlar, deformasyon süreçleri ile oluşan tektonik melanjlar ve sedimanter süreçlerle (kütle çekimi) oluşan olistostromlar olmak üzere ikiye ayrılabilirler. Günümüzde, olistostromlar büyük-moloz akıntıları olarak görüldüğünden, olistostrom terimi resmen geçerliliğini yitirmiştir. Bir melanjın tektonik mi yoksa sedimanter kökenli mi olduğu tamamen yorumsaldır. Bir çok melanj hem sedimanter hem de yapısal kökene ait izler barındırır. Bu nedenle sahada melanjların mümkün olduğunca sedimanter melanj ya da tektonik melanj olarak tanımlanması önerilir.

Bir ofiyolit ile ilişkili olan melanjlar genellikle ofiyolitik melanj olarak adlandırılmaktadır. Ancak bu terim, eğer melanj sadece ofiyolitten türeme kayalardan (ve ilişkili derin deniz sedimanlarından) oluşuyorsa kullanılmalıdır. Diğer litolojileri (örn. ofiyolit ile ilişkili olmayan sedimanlar ve volkanikler) içeren melanjların “ofiyolit ilişkili melanj” olarak adlandırılması daha doğru olacaktır.

Melanjlar, levha tektoniği Wilson çevriminin önemli bir unsuru olup, bunların sadece bir alt grubu (bu çalışmada bahsedilen) “ofiyolit ilişkili” dir. Ofiyolit ilişkili farklı melanj türleri farklı levha tektoniği ortamlarında oluşabilmektedir. Bu melanj türlerinin her birinin farklı coğrafik ortamlarda ve farklı jeolojik zamanlarda oluşa gelen ayırtman özellikleri (tektonik fasiyesler) söz konusudur. Ofiyolit ilişkili melanjların oluşumu ile ilgili okyanusal ortamda başlayan, kıta kenarı birimlerini kapsayacak şekilde ilerleyen ve kıta kenarına yerleşmeyle sonlanan ideal bir çevrim bulunmaktadır.

Okyanusal litosferin yitim zonunda dalması, eklenmesi veya parçalanması durumunda ofiyolitik melanjlar gelişebilmektedir (örneğin Kretase yaşlı Orta Anadolu Yığılım Kompleksinin bazı kesimleri-Ankara Melanjı-Orta Anadolu). Dalan materyalin üstteki genç ve sıcak okyanusal litosferin (tipik olarak yitim zonu üstü kökenli) tabanına eklenmesi durumunda, genelde tektonik melanj dokusuna sahip amfibolit-yeşilist fasiyesinde bir metamorfik dilim oluşur (örneğin Kuzeyde Pontidler ile ilişkili Jura yaşlı ofiyolitlerin ve Güneyde Toroslarda Kretase yaşlı ofiyolitlerin tabanındaki metamorfik dilimler).

Ofiyolit ilişkili melanjlar genelde bölgele varan ölçekte yerleşmiş ofiyolit dilimlerinin altında bulunur. Ofiyolit yerleşimi öncesinde az miktarda okyanusal kabuğun daldığı yerlerde, melanj yoğun deformasyona maruz kalmış pasif kıta kenarı (veya riftleşme ile ilgili) derin deniz sedimanları ve/veya volkanikleri ile temsil edilir (Örneğin Kretase yaşlı Koçali Kompleksi, Adıyaman ve Amanoslar, GD Türkiye; Likya melanjı, GB Türkiye). Büyük miktarda okyanusal kabuğun daldığı yerlerde ise melanj tipik olarak eklenmiş hendek sedimanları, okyanus adaları, okyanusal kabuk ve/veya okyanusal sedimanları içerir (örneğin Triyas yaşlı Karakaya Kompleksi, KB Türkiye; Orta ve Doğu Anadolu'da Kretase yaşlı Neotetis melanjları). Bu tip melanjlar genelde hem tektonik hem de sedimanter kökenlidir. Ofiyolit ilişkili melanjın kendisi de dalıp sonrasında yükselebilir (çoğun hızlıca) ve yüksek basınç-düşük sıcaklık (YB-DS) metamorfizma izlerini taşıyan bloklar halinde korunabilirler (örneğin KB Türkiye'de Ovacık Kompleksini de kapsayan Kretase yaşlı Anadolu melanjı).

Ofiyolit bir pasif kıta kenarı üzerine yerleştiğinde, kıta kenarının bükülmesine bağlı olarak gelişen önçukurlukta sedimanter melanj (moloz akıntıları) oluşur. Bu tür melanjlar, sonrasında tektonizmaya maruz kalsalar da tipik olarak sedimanter kökenlidir ve yeniden aktarılmış kıta kenarı ve okyanusal materyal içerirler (örneğin Toros ve Arabistan karbonat platformları üzerinde gelişen Yavça tipi fasiyes, G Türkiye).

Uzun süreli veya çoklu yitimin olduğu bölgelerde, yığışım karmaşığı niteliğindeki melanj, tipik olarak çarpışma ortamlarında, daha genç melanj içine blok (ve dilim) olarak aktarılabilir (Örneğin Kretase yaşlı Çetmi melanjı, KB Türkiye; Kretase yaşlı Mersin melanjı, G Türkiye).

Ofiyolit ilişkili melanjlar doğrultu-atım (transpresyon) etkisindeki ortamlarda da oluşabilir (örneğin Kretase yaşlı Gödene Zonu, Antalya Kompleksi).

Gelecekte Türkiye'de ve başka bölgelerde melanjlar üzerinde gerçekleştirilecek çalışmaların oldukça faydalı ek jeolojik bilgiler sağlayacağı düşünülmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Melanj, ofiyolit, tektonik, Türkiye

**Abstract:** Mélanges are pervasively mixed rock units, with or without a matrix. Mélanges are often ignored because of their complexity. However, they encode much valuable information concerning tectonic processes and settings. Classically, mélanges are divisible into tectonic mélanges, formed by deformation processes, and olistostromes formed by sedimentary (i.e. gravity) processes. Nowadays, olistostromes are recognised as mega-debris flows, such that the term olistostrome is (formally) obsolete. Whether or not a mélange is tectonic or sedimentary in origin is typically interpretive. Many mélanges have both sedimentary and structural imprints. For this reason, it is suggested that, in the field, mélanges are simply described as tectonic mélange or sedimentary mélange, where possible.

Mélange associated with an ophiolite is commonly termed ophiolitic mélange. However, this term should only be used where the mélange being considered consists exclusively of ophiolitic rocks (and related deep-sea sediments). Mélange which contains other lithologies (e.g. non-ophiolite-related sediments or volcanics) is better termed ophiolite-related mélange.

Mélanges form a key element of the plate tectonic Wilson cycle, of which only a subset (considered here) are ophiolite-related. Discrete ophiolite-related mélange types occur in well-defined plate tectonic settings. Each of these mélange types has distinctive features (i.e. tectonic facies) which recur in different geographical settings and at different geological times. There is an ideal, overall cycle of ophiolite-related mélange formation, beginning in an oceanic setting, proceeding to involve continental margin units, and ending with emplacement onto a continental margin.

In cases where an oceanic lithosphere is subducted, accreted, or otherwise dismembered, ophiolitic mélange may result (e.g. parts of the Cretaceous Central Anatolian Accretionary Complex-Ankara Mélange-central Anatolia). Where subducted material is accreted to an overriding slab of hot, young oceanic lithosphere (typically of supra-subduction zone origin), amphibolite-greenschist facies metamorphic soles result, which commonly have a tectonic mélange fabric (e.g. soles of Jurassic Pontide-related ophiolites, N Turkey, and soles of Cretaceous Tauride ophiolites, S Turkey).

Ophiolite-related mélange commonly occurs beneath up-to-regional-scale, emplaced ophiolite thrust sheets. Where only a small amount of oceanic crust subducted prior to ophiolite emplacement, mélange is typically represented by highly deformed passive margin (or rift-related) deep-sea sediments and/or volcanics (e.g. Cretaceous Koçali Complex, Adiyaman and Amanos areas, SE Turkey; Cretaceous Lycian mélange, W Turkey). Where a large amount of oceanic crust subducted, the mélange typically includes accreted trench sediments, seamounts, oceanic crust, and/or oceanic sediments (e.g. Triassic-formed Karakaya Complex, NW Turkey; Cretaceous Neotethyan mélanges, central and east Anatolia). Such mélanges are commonly of both sedimentary and tectonic origin. Ophiolite-related mélange may also be subducted, then exhumed (commonly rapidly), and then preserved as blocks that preserve high pressure-low temperature metamorphic conditions (e.g. Cretaceous Anatolide mélange, including the Ovacık Complex, NW Turkey).

When an ophiolite is obducted over a passive margin, sedimentary mélange (debris flows) is commonly emplaced within a foredeep, formed by flexural collapse. Such mélange is typically of sedimentary origin, with a tectonic overprint, and includes both reworked continental margin and oceanic material (e.g. Yavça-type facies; above the Tauride and Arabian carbonate platforms, S Turkey).

In areas of long-lived or multiple subduction, mélange, typically of accretionary origin, may be incorporated as blocks (and slices) into younger accretionary mélange, typically in a collision-related setting (e.g. Cretaceous Çetmi mélange, NW Turkey; Cretaceous Mersin mélange, S Turkey).

Ophiolite-related mélange may also form in settings influenced by strike-slip (transpression) (e.g. Cretaceous Gödene Zone, Antalya Complex).

In future, attention to mélange can provide much additional useful geological information throughout Turkey and elsewhere.

**Keywords:** Melange, ophiolite, tectonics, Turkey





## Likya Ofiyolitlerinde İzole Daykların ve Metamorfik Dilimin U-Pb ve Ar-Ar Jeokronolojisi, GB Türkiye

*U-Pb and Ar-Ar Geochronology of Isolated Dykes and Metamorphic Sole from the Lycian Ophiolites, SW Turkey*

**Osman Parlak<sup>1,2</sup>, István Dunkl<sup>3</sup>, Albrecht von Quadt<sup>4</sup>, Fatih Karaoğlan<sup>1</sup>, Timothy M. Kusky<sup>2</sup>, Chao Zhang<sup>5</sup>, Lu Wang<sup>2</sup>, Jürgen Koepke<sup>5</sup>, Zeki Billor<sup>6</sup>, Willis E. Hames<sup>6</sup>, Emrah Şimşek<sup>1</sup>, Gökçe Şimşek<sup>1</sup>, Tuğçe Şimşek<sup>1</sup>, Selena Ezgi Öztürk<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Çukurova Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 01330 Balcalı, Adana, Türkiye

<sup>2</sup>State Key Laboratory of Geol. Processes and Min. Resources, Center for Global Tectonics, School of Earth Sci., China University of Geosciences, Wuhan 430074

<sup>3</sup>Geoscience Center, University of Göttingen, Goldschmidtstr 3, 37077 Göttingen, Germany

<sup>4</sup>Institute of Geochemistry and Petrology, ETH Zurich, 8092 Zurich, Switzerland

<sup>5</sup>Institut für Mineralogie, University of Hannover, Callinstrasse 3, 30167 Hannover, Germany

<sup>6</sup>Auburn University, Department of Geology and Geography, Auburn, Alabama 36849, USA  
(parlak@cu.edu.tr)

**Öz:** Kuzeyde Menderes masifi ve güneyde Beydağları platformunu tektonik dokanakla üzerleyen Likya napları Güneybatı Türkiye’de Tetis orojenik kuşağının önemli bir parçasıdır. Likya naplarındaki ofiyolitik birimler genel olarak peridotitler, metamorfik dilim ve ofiyolitik melanj ile temsil edilmektedir. Ofiyolitik birimler Köyceğiz (Muğla) ve Yeşilova (Burdur) bölgelerinde yüzeylemeler sunmaktadırlar. Ofiyolitik melanj birimi Geç Kretase’de kuzeye doğru okyanus içi yitime bağlı olarak oluşan ve kıta kenarına yerleşen eklenir prizma özelliği sunmaktadır. Likya peridotitleri değişik derecelerde tüketilme sunan okyanus ortası sırtı ve yitim zonu üstü kalıntı manto tektonitlerinden oluşmaktadır. Metamorfik dilim kayaları tektonik bir dilim halinde tabanda ofiyolitik melanj ve tavanda peridotitler arasında ~350 m yapısal kalınlık sunmaktadır. Metamorfik dilim ve peridotitler metamorfizma ve deformasyondan etkilenmemiş bir çok tekil dayklar tarafından kesilmektedir. Köyceğiz bölgesinde peridotitler ve metamorfik dilim tektonik dokanağı 3 m kalınlığında, okyanus içi metamorfizma ve yüksek sıcaklık sünek deformasyondan etkilenmemiş tekil bir dayk tarafından kesilmektedir. Bu tektonik dokanak bir bindirme düzlemi olup, bu düzlem boyunca dalan levhanın tavanındaki volkanikler ve ilişkili sedimanların amfibolit fasiyesinde metamorfizmaya uğradığı ve sonrasında üzerleyen levhanın tabanına eklendiği düzlemi temsil etmektedir. Metamorfik dilimde gözlenen amfibolitler kökensele olarak alkali ve toleyitik bazik magmadan türemişlerdir. Tekil dayklar ise bazaltik bileşimli olup ada yayı toleyitik magma kaynağından türemiştir. Metamorfik dilim ve manto tektonitleri arasındaki tektonik dokanağı kesen post-metamorfik tekil dayktan 94.0±1.9 My zirkon U-Pb yaşı elde edilmiş olup okyanus içi bindirme düzlemindeki deformasyonun sonlanmasının zamanlamasını işaret etmektedir. Metamorfik dilimi kesen bir tekil dayktan 95.2±4.6 My titanit U-Pb yaşı ve manto tektonitlerini kesen başka bir tekil dayktan ise 88.7±1.5 My zirkon U-Pb yaşı elde edilmiştir. Köyceğiz bölgesinde metamorfik

dilime ait amfibolitlerde U-Pb ve Ar-Ar yaşları elde edilmiş olup bunlar:  $202.7 \pm 5.4$  -  $89.6 \pm 1.8$  My (zirkon);  $90.6 \pm 8.3$  My (titanit) ve  $98.44 \pm 0.42$  -  $96.96 \pm 0.24$  My (amfibol)'dır. Yeşilova bölgesindeki metamorfik dilime ait amfibolitlerde U-Pb ve Ar-Ar yaşları elde edilmiş olup bunlar:  $118.0 \pm 8.0$  -  $117.1 \pm 2.1$  My (zirkon);  $84.2 \pm 2.5$  My (rutil) ve  $94.37 \pm 0.28$  -  $93.49 \pm 0.17$  My (amfibol)'dır. Elde edilen yaşların 1 $\sigma$  hata payları içerisinde birbirleriyle benzer U-Pb ve Ar-Ar yaşları sundukları görülmektedir. Bu durum okyanusal basende okyanus içi yitimin başlangıcı ve metamorfik dilim oluşumunun eş yaşı olduğunu işaret etmektedir. Bununla birlikte, bir metamorfik dilim örneğinden (K14-8) elde edilen U-Pb zirkon ( $202.7 \pm 5.4$  My) ve Ar-Ar amfibol ( $96.96 \pm 0.24$  My) yaşı, okyanus içi yitim sırasındaki metamorfizmanın U-Pb saatini yeniden kurmaya muktedir olmadığını göstermektedir. Elde edilen bu Geç Triyas yaşı bize Neotetis okyanusal baseninde mafik kabuğun varlığına bir delil oluşturmaktadır. Bu çalışma TÜBİTAK tarafından desteklenmiştir (Proje No 113Y412).

**Anahtar Kelimeler:** İzole dayk, metamorfik dilim, U-Pb, Ar-Ar, ofiyolit

**Abstract:** The Lycian nappes, having tectonic contact with the Menderes massif to the north and the Beydağları platform to the south, are an important part of the Tethyan orogenic belt in southwest Turkey. The ophiolite-related units in the Lycian nappes are characterized by peridotites, metamorphic sole and ophiolitic mélange. The Lycian ophiolitic units are mainly exposed in the Köyceğiz (Muğla) and Yeşilova (Burdur) regions. The Lycian mélange has been interpreted as an accretionary complex formed as a result of north-dipping intraoceanic subduction and emplaced in the Late Cretaceous. The Lycian peridotites are represented by variously depleted mantle tectonites resulted from mid-ocean ridge to suprasubduction zone environments. The metamorphic sole, displaying approximately 350 m structural thickness, is tectonically sandwiched between the ophiolitic mélange at the bottom and the peridotites at the top. The peridotite and metamorphic sole were intruded by numerous post-metamorphic and undeformed isolated dykes. In Köyceğiz, the tectonic contact between metamorphic sole and the peridotite was also intruded by an 3 m thick undeformed isolated dyke which postdates intraoceanic metamorphism and high-temperature ductile deformation. This tectonic contact is interpreted as an intra-oceanic decoupling surface along which volcanics and associated sediments from the upper levels of the down-going plate were metamorphosed to amphibolite facies and accreted to the base of the hanging wall plate. Protolith of the amphibolites from the metamorphic sole was derived from alkali and tholeiitic magma sources. The isolated dykes are exclusively basaltic in composition and were derived from an island arc tholeiitic magma source. The post-metamorphic isolated dyke cutting the tectonic boundary between the metamorphic sole and the mantle tectonites yielded  $94.0 \pm 1.9$  Ma zircon U-Pb age, suggesting the timing for termination of deformation along the oceanic decoupling surface. The isolated dyke cutting the metamorphic sole yielded  $95.2 \pm 4.6$  Ma titanite U-Pb age. The isolated dyke cutting the peridotites yielded  $88.7 \pm 1.5$  Ma zircon U-Pb age. Metamorphic sole amphibolites from Köyceğiz area yielded U-Pb as well as Ar-Ar ages such as:  $202.7 \pm 5.4$  to  $89.6 \pm 1.8$  Ma (zirkon);  $90.6 \pm 8.3$  Ma (titanite) and  $98.44 \pm 0.42$  to  $96.96 \pm 0.24$  Ma (amfibole). Metamorphic sole amphibolites from Yeşilova area yielded U-Pb as well as Ar-Ar ages such as:  $118.0 \pm 8.0$  to  $117.1 \pm 2.1$  Ma (zirkon);  $84.2 \pm 2.5$  Ma (rutile) and  $94.37 \pm 0.28$  to  $93.49 \pm 0.17$  Ma (amfibole). In general, U-Pb and Ar-Ar ages from the metamorphic sole and the isolated dykes overlap

within  $1\sigma$  error. This may suggest that subduction initiation and metamorphic sole formation were contemporaneous within the Neotethyan oceanic basin in late Cretaceous. However, U-Pb isotopic age on zircon ( $202.7\pm 5.4$  Ma) and Ar-Ar isotopic age on amphibole ( $96.96\pm 0.24$  Ma) from the metamorphic sole (K14-8) suggest that the metamorphism along the intra-oceanic decoupling surface during subduction initiation were not able to reset U-Pb clock. The late Triassic age (202 My) may also suggests the existence of mafic crust for the Neotethyan oceanic basin. This work was funded by TÜBİTAK (Project No 113Y412).

**Keywords:** Isolated dyke, metamorphic sole, U-Pb, Ar-Ar, ophiolite

## Atalan Köyü Peridotitlerinin Jeokimyasal Özellikleri (Van-Doğu Anadolu)

### *Geochemical Characteristics of Peridotites from Atalan Village (Van-Eastern Anatolia)*

Tijen Üner<sup>1</sup>, F. Nazlı İlikçi<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 65100, Van

<sup>2</sup>Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 65100, VAN  
(tcakici@yyu.edu.tr)

**Öz:** Çalışma alanı, Doğu Anadolu Bölgesinde, Van İli güneybatısında yer alan Gevaş Ofiyoliti'ne ait peridotit kayalarını kapsamaktadır. Bölgede temeli Bitlis Masifi'ne ait yüksek basınç-düşük sıcaklık (YB-DS) metamorfik birimleri ve mermerler gözlenmektedir. Bu birimler üzerine tektonik dokanakla Gevaş Ofiyoliti'ne ait peridotit kayaları gözlenmektedir. Bu birimlerin üzerine uyumsuz olarak örtü kayaları gelmektedir. Bölgede yüzeyleyen tüm birimler neo-tektonik dönemde deformasyona uğramışlardır. Bitlis Masifi'ne ait metamorfik birimleri tektonik dokanakla üzerleyen peridotitler çeşitli derecelerde serpantinleşmeye maruz kalmış ve ilksel mineralojik ve dokusal özelliklerini büyük oranda kaybetmiştir.

Petrografik çalışmalarda, bazı taze kalmış örneklerde, kaya içerisinde olivin+piroksen+kromit+ serpantin mineralleri yaygın olarak gözlenmektedir. Kayaçta genel olarak elek dokusu ve porfiroklastik doku hakimdir. Kromit minerallerinde çek-ayır yapıları net bir şekilde gözlenmektedir. Peridotitlerin ana oksit ve iz element içeriklerine bakıldığında, örneklerin çeşitli derecelerde alterasyona uğradıkları ateşte kayıp (AK) değerleri (5,64-12,04) ile oldukça karakteristiktir. Örneklerdeki yüksek MgO (%29,25-%34,70) ve düşük Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (%0,33-%0,96) içeriklerinin olması oldukça tüketilmiş olduklarını işaret etmektedir. Jeokimyasal özellikleri itibarıyla peridotitlerin yay önü tektonik ortamında oluştukları söylenebilir.

**Anahtar Kelimeler :** Jeokimya, ofiyolit, alterasyon, yay önü peridotitleri, kromit

**Abstract:** Study area comprises peridotites of the Gevaş Ophiolite in the southwestern part of Van in the Eastern Anatolia Region. The basement in the study area is characterized by high pressure-low temperature (HP-LT) metamorphic rocks and marbles of the Bitlis Massif. This unit is tectonically overlain by cover sediments. All the above mentioned units have been affected by neo-tectonic deformation. The peridotites tectonically overlying the metamorphic units of Bitlis Massif have been variously serpentinized and lost their primary mineralogy and texture in a broad sense.

In some of the fresh samples, olivine+pyroxene+chromite+serpentine minerals are extensively observed under the microscope. Sieve and porphyroclastic textures are predominant at these rocks. Pull-apart structure are clearly observed in chromite minerals. The alteration effect is

clearly observed from the loss-on-ignition values (5,64-12,04). High MgO (29,25-34,70) and low Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (0,33-0,69) contents in the samples show their depletion. Geochemical features of the peridotites suggest that they formed in forearc setting.

**Keywords:** Geochemistry, ophiolite, peridotite, alteration, forearc peridotites, chromite



## Tekirova (Antalya) Ofiyoliti ve Metamorfik Dilim Kayalarının U-Pb ve Ar-Ar Jeokronolojisi, G Türkiye: Eş Zamanlı Okyanus İçi Yitim ve Metamorfik Dilim Oluşumuna Ait Veriler

*U-Pb and Ar-Ar Geochronology of Tekirova (Antalya) Ophiolite and Metamorphic Sole Rocks, S Turkey: Evidence for Contemporaneous Subduction Initiation and Metamorphic Sole Formation*

**Osman Parlak<sup>1,2</sup>, István Dunkl<sup>3</sup>, Albrecht von Quadt<sup>4</sup>, Fatih Karaoğlan<sup>1</sup>, Timothy M. Kusky<sup>2</sup>, Chao Zhang<sup>5</sup>, Lu Wang<sup>2</sup>, Jürgen Koepke<sup>5</sup>, Zeki Billor<sup>6</sup>, Willis E. Hames<sup>6</sup>, Emrah Şimşek<sup>1</sup>, Gökçe Şimşek<sup>1</sup>, Tuğçe Şimşek<sup>1</sup>, Selena Ezgi Öztürk<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Çukurova Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 01330 Balcalı, Adana, Türkiye

<sup>2</sup>State Key Laboratory of Geol. Processes and Min. Resources, Center for Global Tectonics, School of Earth Sci., China University of Geosciences, Wuhan 430074

<sup>3</sup>Geoscience Center, University of Göttingen, Goldschmidtstr 3, 37077 Göttingen, Germany

<sup>4</sup>Institute of Geochemistry and Petrology, ETH Zurich, 8092 Zurich, Switzerland

<sup>5</sup>Institut für Mineralogie, University of Hannover, Callinstrasse 3, 30167 Hannover, Germany

<sup>6</sup>Auburn University, Department of Geology and Geography, Auburn, Alabama 36849, USA

(parlak@cu.edu.tr)

**Öz:** Güneybatı Türkiye’de Antalya kompleksi okyanusal, okyanus-kıta kenarı ve kıtasal kökenli otokton (Beydağları platformu) ve allokton (Kumluca birimi, Alakırçay melanjı, Teke-li-Tahtalı Dağ birimi ve Tekirova ofiyoliti) konumlu bir çok sedimanter, magmatik ve metamorfik kaya birlikteliğini içermektedir. Antalya kompleksine ait allokton birimler Geç Kretase’de Mesozoyik yaşlı Beydağları platformu üzerine bindirmişlerdir. Tekirova (Antalya) ofiyoliti tabandan tavana doğru manto tektonitleri, ultramafik-mafik kümülatlar, izotropik gabro, levha daykları, plajiyogranit, mafik volkanikler ve ilişkili sedimanlarla temsil edilmektedir. Bu birimler arasındaki dokanaklar tektoniktir. Manto tektonitleri, okyanus ortası sırt ve yitim zonu üstü ortamlarında düşük ve yüksek dereceli ergimelerin kalıntısı olarak değerlendirilmektedirler. Tekirova (Antalya) ofiyolitinde gözlenen kabuksal kayaların petrolojik özellikleri, bu kayaların gelişimi sırasında yitim zonu üstü ortamında başlıca ada yayı toleyitleri, boninitik ve okyanus adası bazaltı özelliğindeki bazik magmalardan beslendiğini işaret etmektedir.

Metamorfik dilime ait amfibolitler, yitimle ilişkili bir ortamda oluşmuş gabro ve bazaltik kayaların metamorfizmasından türemiş olup, K-G konumlu Alakırçay melanjı içerisinde oldukça makaslanmış serpantinitle birlikte bloklar halinde gözlenmektedir. İki adet amfibolit örneğinden U-Pb ve Ar-Ar yaşları elde edilmiş olup bunlar:  $96.19 \pm 0.4 - 93.5 \pm 0.79$  My (zirkon) ve  $127 \pm 4 - 93.37 \pm 0.32$  My (amfibol)’dır. Ada yayı toleyitik magmasından türeme bir izotrop gabbro örneği  $92.21 \pm 0.92$  My zirkon U-Pb kristallenme yaşı vermiştir. İzotrop gabbro kayasını kesen bir plajiyogranit örneği ise  $90.0 \pm 1.7$  My zirkon U-Pb kristallenme yaşı vermiştir. Okyanusal yay ortamında oluşmuş bir kümülat gabro kayası ise  $92.3 \pm 1.0$  My zirkon U-Pb kristallenme yaşı elde edilmiştir. Kümülat gabroları kesen ve ada yayı toleyitik magmasında türeme bir tekil dayk örneği  $86.3 \pm 8.7$  My rutil U-Pb soğuma yaşı elde edilmiştir. Kabuksal kayalar ve

metamorfik dilime ait amfibolitlerde farklı kapanma sıcaklıklarına sahip (~900-500°C) mineral fazlarında gerçekleştirilen U-Pb ve Ar-Ar yaş verilerinin  $1\sigma$  hata payları içerisinde birbirleriyle benzerlik sundukları görülmektedir. Bu veriler okyanusal kabuk ve metamorfik dilimin hızlı soğumaya maruz kaldığına işaret etmektedir. Bu nedenle elde edilen yaş verileri magmatik ve metamorfik kayaların kristallenme yaşı olarak değerlendirilebilir. Elde edilen veriler, Tekirova (Antalya) ofiyolitinin kabuksal kayalarının Güney Neotetis'te okyanus içi yitim zonu üzerinde oluştuğuna işaret etmektedir. Petrolojik ve jeokronolojik veriler ışığında, çalışılan ofiyolitik ve metamorfik dilim kayalarının zamansal ve mekansal açıdan Geç Kretase'de eş zamanlı okyanus içi yitim ve metamorfik dilim oluşumuna işaret etmektedir. Bu çalışma TÜBİTAK tarafından desteklenmiştir (Proje No 113Y412).

**Anahtar Kelimeler:**Gabro, izole dayk, plajiyogranit, metamorfik dilim, jeokronoloji

**Abstract:** In southwest Turkey, the Antalya complex involves a number of autochthonous (the Beydağları Platform) and allochthonous (e.g., Kumluca unit, Alakırçay mélange, Tekeli-Tah-talı Dağ unit and Tekirova ophiolite) sedimentary, magmatic and metamorphic rock assemblages, that originated from oceanic, oceanic to continental margin and continental settings. The allochthonous units of the Antalya complex were emplaced onto the Mesozoic Beydağları Platform during the Late Cretaceous. The Tekirova (Antalya) ophiolite is characterized, from bottom to top, mantle tectonites, ultramafic-mafic cumulates, isotropic gabbros, sheeted dykes, plagiogranite, mafic volcanic rocks and associated sediments. Contacts between these units are tectonic. The mantle tectonites are interpreted as residue from low to high degrees of partial melting in mid-ocean ridge (MOR) to suprasubduction zone (SSZ) environments. Petrology of crustal rocks suggests that three main types of parental basic magmas contributed to genesis of the oceanic crust of the Tekirova (Antalya) ophiolite, namely island arc tholeiites (IAT), boninites and ocean island basalts (OIB) in a suprasubduction zone environment.

The metamorphic sole amphibolites are observed within the N-S trending Alakırçay mélange as blocks attached to highly sheared serpentinites and interpreted as to have been derived from the metamorphism of gabbroic to basaltic rocks of subduction-related in origin. Two metamorphic sole amphibolites yielded U-Pb as well as Ar-Ar ages such as:  $96.19\pm 0.4$  to  $93.5\pm 0.79$  Ma (zircon) and  $127\pm 4$  to  $93.37\pm 0.32$  Ma (amphibole). An isotropic gabbro derived from island arc tholeiitic magma source yielded  $92.21\pm 0.92$  Ma zircon U-Pb crystallization age. A plagiogranite sample intruding the isotropic gabbro yielded  $90.0\pm 1.7$  Ma zircon U-Pb crystallization age. A cumulate gabbro with island arc chemistry yielded  $92.3\pm 1.0$  Ma zircon U-Pb crystallization age. An isolated dyke, derived from island arc tholeiitic magma source, intruding the cumulate gabbro yielded  $86.3\pm 8.7$  Ma rutile U-Pb cooling age. The U-Pb and Ar-Ar ages of mineral phases with different closure temperatures (~900-500°C) from the crustal rocks and metamorphic sole amphibolites are very identical and overlap within  $1\sigma$  error. This may suggest that both the oceanic crust and metamorphic sole cooled very rapidly. All the geochronological data should be interpreted as the crystallization age for the ophiolite and metamorphic sole. All the evidence suggests that the crustal rocks of the Tekirova (Antalya) ophiolite formed in suprasubduction zone (SSZ) setting in southern branch of Neotethys. Based on petrological and geochronological data, spatial and temporal relations of the studied ophiolite and metamorphic sole rocks indicate contemporaneous subduction initiation and metamorphic sole formation during the Late Cretaceous. This work was funded by TÜBİTAK (Project No 113Y412).

**Keywords:** Isolated dyke, metamorphic sole, U-Pb, Ar-Ar, ophiolite

**PALEOMANYETİZMA / PALAEOMAGNETISM**

Mualla CENGİZ ÇİNKU - Nuretdin KAYMAKÇI - Cor LANGEREIS

Bora UZEL - John GEISSMAN

---

**Sözlü Sunumlar/*Oral Presentations***

**ÖZ/*ABSTRACT***







## Türkiye’de Paleomanyetizma: Dün, Bugün ve Gelecek

### *Paleomagnetism in Turkey: Past, Present and Future*

**Cor G. Langereis<sup>1</sup>, Nuretdin Kaymakçı<sup>2</sup>, Bora Uzel<sup>3</sup>, Murat Özkaptan<sup>4</sup>,  
Pınar Ertepinar<sup>1</sup>, Ayten Koç<sup>5</sup>, Maud Meijers<sup>6</sup>**

<sup>1</sup>Fort Hoofddijk Paleomagnetic Laboratory, 3584-CD, Utrecht, The Netherlands

<sup>2</sup>METU, Department of Geological Engineering, 06800, Ankara, Turkey

<sup>3</sup>DEU, Department of Geological Engineering, 35160, İzmir, Turkey

<sup>4</sup>KTU, Department of Geophysical Engineering, 61080, Trabzon, Turkey

<sup>5</sup>VYU, Department of Geological Engineering, 65080, Van, Turkey

<sup>6</sup>Senckenberg Biodiversität und Klima Forschungszentrum, Frankfurt, Germany  
(C.G.Langereis@uu.nl)

**Abstract:** Paleomagnetism plays a major role in geological and geophysical studies: for tectonics in terms of vertical axis block rotations and paleolatitudes, for dating rock sequences using magnetostratigraphy, and for studies of the Earth’s magnetic field by means of measuring paleosecular variation from archeological artefacts. In Turkey, all of these roles have been successfully addressed in the last couple of decades, mostly by a selected number of paleomagnetic groups – typically the UK, Netherlands, France and Turkey - that naturally involved Turkish geoscientists and archeologists.

In this presentation, we first give a general overview of what paleomagnetism can do for geosciences in general and, more specifically, for geosciences in Turkey. In addition, we will focus on a carefully chosen number of case studies in all fields of the geoscience topics above. In one of our tectonic case studies, we will highlight a novel approach for restoring rotations of tectonic blocks using Gplates.

**Keywords:** Paleomagnetism, tectonic block rotations, magnetostratigraphy, archeomagnetism

**Öz:** Paleomanyetizma: düşey eksen boyunca rotasyon ve paleoenlem hesaplamaları içeren tektonizma, kayaç sekanslarının manyetostratigrafi kullanılarak yaş tayini ve arkeolojik buluntulardan yararlanılarak hesaplanan Yerküre’nin manyetik alanındaki paleoseküler değişimleri konu alan çalışmalar gibi birçok jeoloji ve jeofizik çalışmalarında önemli bir rol oynamaktadır. Son yıllarda Türkiye’de, tüm bu araştırma konuları, özellikle bazı paleomanyetizma grupları tarafından –ki bunlar İngiliz, Hollanda, Fransız ve Türkiye’den yerbilimciler ve arkeologların da içinde buldukları Türk grupları olarak dile getirilebilir– başarıyla ele alınmaktadır.

Bu sunumda önce, paleomanyetizmanın yerbilimleri alanında uygulamaları hakkında genel bir derleme yapılarak Türkiye özelindeki uygulamalarına dair detayları konu alacağız. Daha sonra, yukarıda da bahsedilen uygulama konularına yönelik literatürdeki bazı önemli çalışmalara odaklanacağız. Tektoniği konu alan örnek çalışmalardan birinde Gplates kullanılarak

tektonik blokların restorasyonu konusunda öncü bir uygulamayı konu alan çalışmayı ön plana çıkaracağız.

**Anahtar kelimeler:** Paleomanyetizma, tektonik blok rotasyonu, manyetostratigrafi, arkeomanyetizma



## Batı ve GB Anadolu'nun Paleomanyetik Evrimi

### *Paleomagnetic Evolution of W and SW Anatolia*

**Nuretdin Kaymakçı<sup>1</sup>, Cor Langereis<sup>2</sup>, Bora Uzel<sup>3</sup>, Murat Özkaptan<sup>4</sup>,  
Arda A. Özacar<sup>1</sup>, Erhan Gülyüz<sup>5</sup>, Hasan Sözbilir<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>ODTÜ Jeoloji Mühendisliği Bölümü 06800-Ankara

<sup>2</sup>Utrecht University Fort Hoofddijk Paleomagnetic Laboratory, the Netherlands

<sup>3</sup>DEU, Jeoloji Mühendisliği Bölümü 35160, İzmir

<sup>4</sup>Karadeniz Teknik Üniversitesi Jeofizik Mühendisliği Bölümü, Trabzon

<sup>5</sup>Yüzüncüyıl Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Van

(kaymakci@metu.edu.tr)

**Öz:** Batı ve GB Anadolu bölgesinin rotasyonal evrimi Kretase döneminden günümüze kadar geçen zaman diliminde Afro-Arabiya ve Avrasya plakalarının yakınlaşmasına bağlı olarak Afro-Arabiya plakasının kuzeyindeki okyanusal kabuğun Avrasya plakasının altına dalması ile kontrol edilegelmektedir. Bu dönem içinde meydana gelen bölgesel ve yerel tektonik olayların karakteri ve zamanlaması kuzeye dalan okyanusal kabuğun dalma batma zonuna paralel veya dik yönde yırtılması, dalma açısının tedrici artması veya azalması ve kabuk kopması gibi birçok dalan-levha-ucu prosesi ile ilişkilidir. Yaklaşık olarak Neojenden itibaren başlayan bu prosesler tüm Batı Anadolu'da çok yönlü genişleme ve uzama ile bunlara bağlı farklı çekirdek kompleksi oluşumuna sebep olmuştur. Bu esnada farklı çekirdek kompleksleri arasındaki diferansiyel genişleme ise karmaşık yanal atımlı faylarla karakterize olan transfer zonlarının gelişmesine neden olmuştur. Bu zonlar, genişlemenin merkezini bir noktadan başka bir noktaya aktarırken yerel olarak rotasyon yönlerinde ve miktarlarında önemli değişimlere neden olmaktadır.

Son yıllarda yapılan birçok paleomanyetik çalışma bölgede altı farklı rotasyon alanının varlığına işaret etmektedir. Bunlar kuzeybatıdan güneydoğuya doğru 1. Doğu Ege Denizi alanı, 2. İzmir-Balıkesir Transfer Zonunun kontrol ettiği alanlar, 3. Büyük Menderes Grabeni ile Dinar Transfer zonunun kuzeyinde kalan alan, 4. GB Anadolu alanı, 5. Beydağları-Aksu Havzası alanı, 6. Orta Toroslar alanı. Bu sunumda, her bir alanın rotasyonal evrimi tanımlanacak ve bu rotasyona neden olan tektonik olaylar kronolojik olarak tartışılacaktır. Bu çalışma, 111Y239, 109Y044 ve 117R011 Nolu Tübitak projeleri tarafından desteklenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Batı ve GB Anadolu, levha ucu prosesleri, paleomanyetizma, rotasyonal deformasyon

**Abstract:** The rotational evolution of the western and SW Anatolian region has been controlled by the subduction of the oceanic crust in the northern margin of the Afro-Arabian Plate under the Eurasian plate since Cretaceous due to the convergence of the Afro-Arabian and Eurasian plates. The timing and characteristics of regional and local tectonic events are governed

by the slab-edge processes that took place at the subducted northern edge of the Afro-Arabian Plate. These processes include slab detachment, slab tear, slab roll-back and slab flattening, and slab break-off. Approximately, by the beginning of Neogene, multi-directional extension and stretching prevailed in the region, which subsequently gave way to the development of core complexes. Variations in the stretching amounts and rates between extension centers accommodated by transfer zones characterized strike-slip faults with contrasting displacements. These zones, while transferring the center of expansion from one point to another, resulted in local variations in the senses and amounts of rotation.

Recent paleomagnetic studies carried out in the region indicate that the W and SW Anatolia can be subdivided into six distinct rotation domains. These domains from NW to SE include 1. East Aegean Sea board, 2. areas controlled by the İzmir-Balıkesir Transfer Zone, 3. areas north of the Büyük Menderes Graben and the Dinar Fault Zone, 4. GB Anatolian domain, 5. Beydağları-Aksu Basin domain, 6 Central Taurus domain. In this contribution the rotational evolution of each domain and their related tectonic processes will be presented. Bu çalışma, 111Y239, 109Y044 ve 117R011 Nolu Tübitak projeleri tarafından desteklenmiştir.

**Keywords:** W and SW Anatolia, slab-edge processes, paleomagnetizm, rotational deformation



## Kuzey Anadolu Fay Hattı Boyunca Paleomanyetik Rotasyonların Kökeni

### *The Origin of Paleomagnetic Rotations along the North Anatolian Fault Zone*

**Hakan Uçar, Mualla Cengiz Çinku**

*Istanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Mühendislik Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü,  
Avcılar, İstanbul*

*(hakanucar1993@hotmail.com)*

**Öz:** Anadolu'nun kuzeyinde Senozoyik'ten günümüze meydana gelen tektonik deformasyon a) Neotetis okyanusunun kuzey kolunun Eosen'de kapanması sonucu Pontidler ile Sakarya Zonunun çarpışması; b) Arap levhasının Doğu Anadolu bloğu ile çarpışması ve ilerleyen zamanda sıkıştırması sonucu Anadolu bloğunun Kuzey Anadolu Fayı boyunca batıya doğru kaçışı ile temsil edilmektedir. Kuzey Anadolu Fayı'nın kuzeyinde Anadolu'nun tektonik birliklerinden olan Pontid bloğu, güneyinde ise Sakarya Zonu yer almaktadır. Bu iki blok bu alanda kıta çarpışması ve fay ile sınırlandırılmış blok rotasyonların etkisi altında kalmıştır. Çalışma alanı Pontidler ve Sakarya Zonunu kapsayarak Kuzey Anadolu fayının kollarının da içinde bulunduğu Bolu-Tokat bölgesi arasında yer almaktadır. İnceleme alanı Kretase yaşlı sedimanter kayalar, Eosen yaşlı sedimanter ve volkanik kayalar, Miyosen- Pliyosen yaşlı volkanik kayalar ile temsil edilmektedir. Bu çalışmada, Kuzey Anadolu Fayının hareketiyle oluşan deformasyonları ve bölgenin tektonik evrimini açığa çıkarmak amacıyla, farklı yaşlardaki kayalardan örnekler alınarak elde edilen blok rotasyonlar karşılaştırılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Paleomanyetizma, pontidler, tektonik rotasyon

**Abstract:** The tectonic deformation in Anatolia is represented by a) The collision between Pontides and the Sakarya Zone as a result of the closure of the northern branch of the Neotethys ocean in Eocene, b) westward escape of Anatolian block along the North Anatolian Fault as a result of the collision of the Arabian plate with the Eastern Anatolia block and its subsequent compression. The Pontide block exist in the north of the North Anatolian Fault and the Sakarya Zone is placed in the south. These two blocks are under the influence of continent collision and fault-bounded block rotations. The study area is located between Bolu-Tokat area along the branches of the North Anatolian fault are including the Pontides and Sakarya Zone. The study area is represented by Cretaceous sedimentary rocks, Eocene sedimentary and volcanic rocks and Miocene-Pliocene volcanic rocks. In this study, the deformation caused by the movement of North Anatolian Fault and the tectonic evolution of the region is compared due to block rotations at different ages.

**Keywords:** Paleomagnetism, pontides, tectonic rotation



## Varto Fay Zonu'nun (Doğu Anadolu) Tektonik Evriminin Paleomanyetik Veriler ile İncelenmesi

*Investigation of Tectonic Evolution of the Varto Fault Zone, (Eastern Anatolia) Using Paleomagnetic Data*

Sercan Kayın<sup>1</sup>, Turgay İşseven<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Gümüşhane Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, Gümüşhane.

<sup>2</sup>İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, İstanbul.  
(sercankayin@gumushane.edu.tr)

**Öz:** Anadolu levhası, Arap ve Avrasya levhaları arasındaki sıkışma tektoniği neticesinde gelişen Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ) ve Doğu Anadolu Fay Zonu (DAFZ)'nu kullanarak batıya doğru hareket etmeye başlamıştır. Bingöl'ün Karlıova ilçesinin yaklaşık 10 km kuzeydoğusunda; Varto Fay Zonu (VFZ) ile birleşen KAFZ ve DAFZ, Karlıova Üçlü Eklemi oluşturmaktadır. Karlıova Üçlü Eklemi (KÜE)'nin hemen doğusundan başlayan VFZ; Varto, Leylekdağ ve Çayçatı segmentlerinden oluşmaktadır. Yaklaşık BKB - DGD uzanım gösteren Varto Fay Zonu, KÜE'den başlayarak yaklaşık 30 km doğuya devam etmekte olup maksimum genişliği 12 km'ye kadar ulaşmaktadır.

Yerbilimciler tarafından VFZ'nun mekanik davranışını ve gelişim süreçlerini açıklamak için farklı tektonik/jeodinamik modeller önerilmiştir. Bölgede günümüze kadar yapılan detaylı bir paleomanyetik çalışma olmamakla birlikte, bu çalışmada elde edilen paleomanyetik sonuçlar ile bölgenin rotasyonel evrimi açıklanmaya çalışılmıştır. Bu çalışma sonuçları ile yakın zamanda bölge için önerilen modeller karşılaştırılmış ve Varto Fay Zonu hakkında literatüre yeni bilgiler kazandırılmıştır.

Karlıova Üçlü Eklemi'nin doğusundaki tektonik evrimi belirlemek amacıyla Pliyosen yaşlı volkanik kayalardan 24 mevkide yönlü paleomanyetik karot numune toplanmıştır. Paleomanyetik karot numunelerin elde edilmesinde, tek zamanlı, su soğutmalı, elmas uçlu, taşınabilir bir karotiyer kullanılmıştır. Karot numunelerin yönlendirme işlemleri, hem manyetik hem de güneş pusulası kullanılarak belirlenmiştir. Paleomanyetik laboratuvar çalışmaları, Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve İstanbul Teknik Üniversitesi ortak paleomanyetizma Laboratuvarı olan KANTEK Paleomanyetizma Laboratuvarı'nda gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar, Varto Fay Zonu'nun batısında yer alan bölgelerin ~25° saatin tersi yönünde rotasyona uğradığını gösterirken, VFZ'nun doğusundaki bölgenin ~25° saat yönünde döndüğünü göstermektedir.

Bu çalışma, TÜBİTAK tarafından desteklenen 115Y208 No'lu proje ve İTÜ Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından desteklenen İTÜ-BAP38661 No'lu proje ile gerçekleştirilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Karlıova Üçlü Eklemi, paleomanyetizma, Varto Fay Zonu.

**Abstract:** Anatolian plate started to move westward along the North Anatolian Fault Zone (NAFZ) and East Anatolian Fault Zone (EAFZ) due to the compressional tectonic regime in the Eastern Anatolia region. NAFZ and EAFZ intersect at the 10 km northeast of the Karlıova district and make a junction with the Varto Fault Zone. VFZ is located at the east of the Karlıova Triple Junction, from north to south consist of three segments namely Varto, Leylekdağ, and Çayçatı segments, respectively. VFZ lies roughly WNW-ESE trending, begins at the KTJ in the west and continues eastwards with a length of about 30 km along and maximum width of VFZ reaches up to 12 km.

Several tectonic/geodynamic models have been proposed by geoscientists to explain the mechanical behavior and development of VFZ. There is no detailed paleomagnetic study in the region. This study aims to explain the rotational evolution of the region with the obtained paleomagnetic results. Our results and recently proposed models for the region were compared and valuable information was presented to the literature about the Varto Fault Zone.

Paleomagnetic samples from 24 sites were collected from the Pliocene volcanic rocks to determine the tectonic evolution of the Varto Fault Zone. Typical paleomagnetic cylindrical cores were drilled using a portable petrol-powered motorised drill with water-cooled, diamond-coated and non-magnetic drill bits. Orientations of these cores were determined using both magnetic and sun compasses. Paleomagnetic laboratory studies have been done in KANTEK Paleomagnetism Laboratory. Results indicate that while the sites, which is located on the western side of the Varto Fault Zone was shown  $\sim 25^\circ$  counterclockwise rotation, the sites in the eastern side of the VFZ was shown  $\sim 25^\circ$  clockwise rotation.

This study was supported by the Scientific and Technological Research Council of Turkey (TUBITAK-115Y208) and Scientific Research Projects of Istanbul Technical University (BAP-38661).

**Keywords:** Karlıova Triple Junction, paleomagnetism, Varto Fault Zone





## Güneybatı Anadolu'da Pliyosen-Pleyistosen Karasal-Denizel Ortam Değişimlerinin Manyetostratigrafik Yöntemle Ortaya Konulması: Datça Grabeni'nden Ön Bulgular

*Revealing Plio-Pleistocene Terrestrial-Marine Environmental Transitions in Southwestern Anatolia by Using Magnetostratigraphy: First Observations from Datça Graben*

Meryem Dilan İnce<sup>1</sup>, Fatih Seçkin Şiş<sup>1</sup>, Levent Tosun<sup>1</sup>, Bora Uzel<sup>2</sup>,  
Cor G. Langereis<sup>3</sup>, Nuretdin Kaymakçı<sup>1</sup>, Ökmen Sümer<sup>2</sup>, Çağlar Özkaymak<sup>4</sup>,  
Marius Stoica<sup>5</sup>

<sup>1</sup>METU, Department of Geological Engineering, 06800, Ankara, Turkey,

<sup>2</sup>DEU, Department of Geological Engineering, 35160, İzmir, Turkey,

<sup>3</sup>University of Utrecht, Fort Hoofddijk Paleomagnetism Laboratory, 3584-CD, Utrecht, The Netherlands,

<sup>4</sup>Afyon Kocatepe University, Department of Geological Engineering, ANS Campus, Afyonkarahisar

<sup>5</sup>University of Bucharest, Geology and Geophysics, 050107, Bucharest, Romania  
(merince@metu.edu.tr)

**Öz:** Bu çalışmada, Güneybatı Anadolu kıyılarında Pliyo-Kuvaterner zaman aralığında depolanmış denizel-karasal geçişli birimler ve bu birimlerin oluşumuna neden olan deniz seviyesi değişimlerinin tektonik ve global kökeninin bütünleşik stratigrafik ve yapısal jeolojik verilerle ortaya konulması amaçlanmıştır. Çalışma uygun alanlarda çökellerin yüzlek verdiği Datça, Bodrum, Söke ve Germencik'de gerçekleştirilmiştir. Datça alanından elde edilen ilk veriler bu sunumun konusunu oluşturmaktadır.

Datça Yarımadası'nın orta kısmında yer alan KB-GD doğrultulu çöküntü alanını oluşturan Datça Grabeni, yaklaşık 5 km genişliğe ve 12 km uzunluğa sahiptir. Karasal ve denizel tortullar içeren Datça Grabenini kuzeyden sınırlayan Kızlan Fayı olmak üzere havza içerisinde de K-G doğrultulu bir dizi normal fayı içerisinde bulundurmaktadır. Fayların kinematik analizi Kızlan Fayı boyunca ve havza içerisinden toplam 31 gözlem noktasından 859 fay çizigi verisi derlenerek gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar Angelier paleostres inversiyonu yöntemi kullanılarak değerlendirilmiştir. Elde edilen ilk bulgular, havzanın kuzey yamacının yaklaşık K-G yönlü genişlemeye maruz kaldığını göstermektedir. Bazı gözlem noktalarında rastlanan yanal bileşenler bölgede doğrultu atımlı tektoniğin de etkin olduğunun göstergesi olarak yorumlanmıştır.

Datça Grabeni içinde Pliyo-Pleyistosen yaşlı çökellerin detaylı tarihlendirilmesi için manyetostratigrafi yöntemi kullanılarak üç farklı hat boyunca, toplamda 102 seviyeden 344 karot örneği alınmıştır. Örneklerin analizleri Utrecht Üniversitesi Fort Hofddijk Paleomanyetizma Laboratuvarı'nda gerçekleştirilmiştir. Analizler sonucunda elde edilen manyetostratigrafik kesit Jeomanyetik Polarite Zaman Çizelgesi (JPZÇ) ile karşılaştırılmıştır. Elde edilen yeni

yaş verilerine ek olarak, yapısal jeolojik verilerin değerlendirilmesi ve örneklenen seviyelerin deformasyon miktarını ve yönelimini belirlemek için Manyetik Duraylılık Anizotropi yöntemi uygulanmıştır. Bu araştırma TÜBİTAK – Proje No: 117R012 tarafından desteklenmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Datça grabeni, Güneybatı Anadolu, manyetik duyarlılık anizotropisi, manyetostratigrafi, paleostres analizi, Pliyo-Kuvaterner

**Abstract:** In this study, it was aimed to show the Plio-Quaternary terrestrial and marine sediments deposited in the coasts of Southwestern Anatolia and the tectonic and global origin of those units that reveal the sea level changes by using integrated stratigraphic and structural geologic data. This study comprise the results of the first data conducted in Datça, Bodrum, Söke and Germencik areas are selected in the scope of this study. In this presentation, first observations from Datça area will be discussed.

The NW-SE trending Datça graben which is a depression field located in the central part of the Datça Peninsula, is 12 km long and 5 km wide filled with terrestrial and marine sediments and is bounded in the north by the Kızlan fault and by series of normal faults oriented in N-S direction. For the kinematic analyses, 859 silickenline data are collected from 31 observation points, which are located in the northern side of the graben, and they are analyzed according to Angelier Paleostress Inversion technique. The first observations show that the northern part of the basin is experienced almost N-S extension. Faults with strike slip components are also observed at some locations resulted by strike slip fault tectonism of the region.

Magnetostratigraphy technique is used in order to date the Plio-Pleistocene sedimentary rocks in the Datça graben. In the scope of this work, magnetostratigraphic samples were collected from the sites which includes sedimentary rocks deposited in Plio-Pleistocene time interval. At three different stratigraphic section, 344 sample were collected from 102 stratigraphic levels. The paleomagnetic analysis of the samples are conducted in Fort Hofddjik Paleomagnetism Laboratory, University of Utrecht. The magnetostratigraphic section is compared with the Global Polarity Time scale (GPTS) as a result of the analysis. In addition to the available age data, structural data and Anisotropy of Magnetic Susceptibility (AMS) results that show the amount and orientation of the deformation will be compared. This research is supported by TUBITAK (The Scientific and Technological Research Council of Turkey) –Grant Number: 117R012.

**Keywords:** Anisotropy of magnetic susceptibility, Datça graben, magnetostratigraphy, Southwestern Anatolia, paleostress analysis, Plio-Quaternary



## Türkiye’de Arkeomanyetizma: Kapsamlı Bir Gözden Geçirme ve Antioch Civarından Yeni Veriler

### *Archeomagnetism in Turkey: A Comprehensive Overview and New Results From Antioch*

Pınar Ertepinar<sup>1</sup>, Cor G. Langereis<sup>1</sup>, M.L. Hammond<sup>2</sup>, M.J. Hill<sup>2</sup>, A. J. Biggin<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Fort Hoofddijk Paleomagnetic Laboratory, 3584-CD, Utrecht, The Netherlands

<sup>2</sup>Geomagnetism Laboratory, University of Liverpool, L69 7ZE, UK

(P.Ertepinar@uu.nl)

**Öz:** Arkeomanyetizma verilerinin Doğu Avrupa ve Yakın-Orta Doğu’daki dağılımlarına bakıldığında, Türkiye’de oldukça belirgin bir boşluk olduğu görülür. Söz konusu boşluğu giderecek olan bu çalışmada önce, güneydoğu Anadolu’daki (Mezopotamya’nın kuzey bölümünde kalan) MÖ 2500 ile 700 yılları arasındaki periyota ait beş farklı höyükten elde ettiğimiz ilk arkeomanyetik verileri sunacağız. Daha sonra, Asur Ticaret Kolonileri ve Hititlere ait olan uç arkeolojik alandan tam vektör manyetizma sonuçlarını vereceğiz. Yanmış çamur tuğlaları veya fırınlardan elde edilen örneklerin kayaç manyetizma özellikleri, genel olarak manyetizma açısından uygun ve paleoşiddetin (paleointensity) belirlenmesi için mükemmel materyallerdir. Yine de kural olarak, elde ettiğimiz sonuçları global jeomanyetik alan modelleri ve GEOMAGIA veri havuzundaki sonuçlar ile karşılaştırdık. Son dönemde yayınlanan, komşu ülkelerdeki paleoşiddet değerleri yaklaşık MÖ 1000 yılına tekabül eden bir dönem için, diğer periyotlara kıyasla, oldukça yüksek bir manyetik alan şiddeti önermektedir. Manyetik alandaki bu şiddet dönemi Levant Zirvesi olarak adlandırılmakta ve gerçek zamanı ve süresi, son dönemde birçok çalışmaya konu oluşturmaktadır.

Bu sunumda ayrıca, Güney Türkiye’deki iki Bronz Çağı arkeolojik alanı olan Tell Atchana ve Kilise Tepe’den toplanan çömlek parçaları ile çamur tuğla örneklerine ait yeni arkeoşiddet verilerini paylaşacağız. Bu kapsamda, 128 çömlek parçası için Mikroalga Coe ve IZZI deneyleri, 18 çamur tuğla örneği için termal IZZI deneyleri gerçekleştirilmiştir. MÖ 2200 ile 1305 yılları arasında dağılım sunan arkeoşiddet değerleri Tell Atchana’dan derlenen 56 çömlek parçası ve 17 çamur tuğladan derlenmiştir. Kilise Tepe’den derlenebilen kısıtlı örnek sayısı (8 çömlek parçası) ve oldukça zayıf sonuçlar elde edilmesi sebebiyle, bu yerleşimin karakterize ettiği MÖ 800-600 dönemine ait sadece iki Mikroalga Coe analizi sonucu rapor edilebilmiştir.

Bu çalışmanın anahtar sonucu, Levant Zirvesi’nin coğrafik olarak daha geniş bir alanda kaydedilmesi olarak öne çıkmaktadır ve bu kapsamda, Güney Türkiye’deki ~MÖ 700 yılları için manyetik alan bugün önerilenin neredeyse iki katı, 84µT (153 ZAm2) olarak kaydedilmiştir. Bu veriler Levant Zirvesi’nin ya daha uzun bir süreye yayıldığı ya da daha genç bir manyetik şiddet piki olduğunu ortaya koymaktadır. Ayrıca, elde ettiğimiz verilerle, jeomanyetik alanın son 1000 yılda duraylı bir şiddet izlediği verilerini desteklemekteyiz.

**Anahtar Kelimeler:** Arkeomanyetizma, jeomanyetik alan, paleoşiddet, Levant Zirvesi, Türkiye.

**Abstract:** The distribution of archaeomagnetic data in eastern Europe and the Near and Middle East shows a remarkable gap in Turkey. Earlier, we presented first archeomagnetic results from five different mounds in southeast Turkey (northern part Mesopotamia) for the period between 2500 and 700 BCE, while in a subsequent study we presented full vector results from three archaeological sites belonging to Assyrian Trade Colony and Hittite periods. Generally, the rock magnetic properties of the samples –mainly burnt mud bricks or furnaces– are good and many samples provide excellent material for determining paleointensities. As a rule, we compare our results with global geomagnetic field models and with data from the GEO-MAGIA database. Recently published archaeointensity values from neighbouring countries suggest that there was a period of relatively high field intensity around 1000 BC, called the ‘Levant High’, the exact duration of which has been the subject of much debate.

Here, we present new archaeointensity data recorded in potsherds and burnt mud brick from two Bronze Age archaeological sites in Southern Turkey: Tell Atchana and Kilise Tepe. Microwave Coe and IZZI experiments were run on 128 potsherds and thermal IZZI experiments were run on 18 mudbricks. Archaeointensity values spanning 2200 BC to 1305 BC are reported from 56 potsherds and 17 mud bricks from Tell Atchana. Due to the restricted number of samples (8 potsherds) from Kilise Tepe and the low success rate for this site only two Microwave Coe method archaeointensity values from 800–600 BC are reported.

The key result of this study extends the geographic range of Levant High and we record a field of  $84\mu\text{T}$  (153 ZAm<sup>2</sup>) in Southern Central Turkey at  $\sim 700$  BC which is nearly twice the present value of the field. This either increases the duration of the Levant High or it represents a younger high intensity peak. We also present evidence that the strength of the geomagnetic field was consistent with current field values for the 1000 years prior to this and was relatively stable, only varying by  $16\mu\text{T}$  between 2200 BC and 1305 BC.

**Keywords:** Archaeomagnetism, geomagnetic field, paleointensity, Levant High, Turkey.



## Tectonic Development of Potwar and Saltrange (NW Himalayas, Pakistan)

*Potwar and Saltrange'in Tektonik Gelişimi (KB Himalayalar, Pakistan)*

Abdul Qayyum<sup>1</sup>, Nuretdin Kaymakçı<sup>1</sup>, Cor Langereis<sup>2</sup>, Jorik Willem Poesse<sup>2</sup>, Naveed Ahsan<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Department of Geological Engineering, Middle East Technical University, Ankara, Turkey

<sup>2</sup>Paleomagnetic Laboratory "Fort Hoofddijk", University of Utrecht, Utrecht, The Netherlands

<sup>3</sup>Institute of Geology, University of the Punjab, Lahore, Pakistan  
(geologist.aqayyum@gmail.com)

**Abstract:** Convergence of Indian plate into Eurasian plate developed Himalayas around 50 Ma ago. Most recent Himalayan orogeny is expressed as development of Potwar and Saltrange in NW Himalayas. Present study comprises of three main parts: (i) Paleomagnetism in which more than 1000 samples are collected at 86 different locations from Oligocene to Pliocene sediments to check vertical axis rotations in Himalayan tectonic wedge. Temporal constrains of vertical axis rotations are determined by using magnetostratigraphy. Potwar and Saltrange experienced 10 to 30 degrees of counterclockwise vertical axis rotations in two different episodes of vertical axis rotations. (ii) Second part of study comprises of kinematics and structural development in which paleostress inversion technique is used along with AMS (anisotropy of magnetic susceptibility). Stress configurations are determined and their relationship with the structural development is established. During initial stage of deformation, major principal stress axis ( $\sigma_1$ ) was at NNE and switched to NW during the later stage of deformation. Result of the paleostress inversion and AMS are coherent with the counter clockwise vertical axis rotations. (iii) Third part of the study consists of shortening comparison, developed by restoration of more than 400 kms of seismic sections. The differential shortening amount justifies the counterclockwise vertical axis rotations in Potwar and Saltrange. Moreover, only 18% of Indian plate convergence rate is expressed as shortening in Potwar and Saltrange.

**Keywords:** Potwar, Saltrange, paleomagnetism, magnetostratigraphy, paleostress inversion, AMS, cross-section restoration.

**Öz:** 50 My önce Hindistan levhasının Avrasya levhası ile çarpışması, Himalayaları oluşturmuştur. Himalaya orojeninin en son evresi ise bu dağ silsilesinin KB'sinde bulunan Potwar ve Saltrange bölümlerinin gelişimi ile belgelenmektedir. Bu çalışma üç ana bölümden oluşmaktadır: (i) Bunlardan ilki olan paleomanyetizma kapsamında, bölgedeki düşey eksen üzerindeki rotasyonların belirlenmesi amacıyla, Oligosen'den Pliyosen'e kadar yaş aralığındaki kaya birimlerinde belirlenen 86 lokasyondan 1000'in üzerinde örnek toplanmıştır. Rotasyonların zamansal değişimleri ise manyetostatigrafi yöntemi ile ortaya konmuştur. Buna göre Potwar ve Saltrange'in 10–30° arasında saat yönünün tersi yönde iki farklı rotasyon evresi

ile rotasyona uğradığı belirlenmiştir. (ii) Çalışmanın ikinci bölümü, bölgenin kinematik ve yapısal gelişimini kapsamında yapılan paleostress inversiyonu ve AMS (manyetik duyarlılık anizotropisi) analizlerini içermektedir. Stress dağılımları belirlenerek bölgenin yapısal gelişimi ortaya çıkarılmıştır. İlk başlangıç safhasında en büyük ana gerilme eksenini ( $\sigma_1$ ) KKD yönünde konumlu iken, ilerleyen evrede KB yönüne yer değiştirdiği görülmüştür. Bu bağlamda elde edilen paleostress ve AMS analiz sonuçları birbirleri ile tutarlıdır ve saat yönünün tersine bir rotasyonun varlığını desteklemektedir. (iii) Üçüncü bölümünde ise bölgedeki daralmanın miktarı araştırılmış ve bu kapsamda 400kms'den uzun sismik refleksiyon kesiti kullanılmıştır. Daralma miktarındaki değişim Powtar ve Saltrange'deki saat yönünün tersine rotasyon ile karşılanmıştır. Buna ek olarak, Hindistan levhasındaki çarpışmanın sadece %18'inin Potwar ve Saltrange'de olduğu saptanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Potwar, Saltrange, paleomanyetizma, manyetostratigrafi, paleostress inversiyonu, AMS, enine kesit restorasyonu.



**PALEONTOLOJİ VE BİYOSTRATİGRAFİ / PALEONTOLOGY AND BIOSTRATIGRAPHY**

Atike NAZİK - Cemal TUNOĞLU - Bilal SARI - Aslı KARABAŞOĞLU - Sevinç KAPAN

---

***Sözlü Sunumlar/Oral Presentations***

---

***ÖZ/ABSTRACT***







## Kösrelikkızığı (Bağlum/Ankara) Çevresinde Gözlenen Pliyensbahiye Yaşlı “Ammonitiko Rosso Fasiyesi” Ostrakoda Topluluğu

*Ostracoda Assemblage of Pliensbachian Aged “Ammonitico Rosso Facies”  
Around of Kösrelikkızığı (Bağlum/Ankara)*

**Banu Korkmaz, Cemal Tunoğlu**

*Hacettepe Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Ankara  
(jlbanu08@hacettepe.edu.tr)*

**Öz:** Ankara ve çevresinde genellikle kırmızı renkli, yer yer alacalı, nodüler, pelajik kireçtaşlarıyla temsil edilen “Ammonitiko Rosso” fasiyesi ve bu fasiyesin içerisindeki ostrakod topluluğunun sistematiği, kronostratigrafisi, paleoortamsal ve paleocoğrafik özelliklerinin araştırılması çalışmanın konusunu oluşturmaktadır. Bu çalışma kapsamında, Kösrelilik ve Kösrelikkızığı/Bağlum bölgesinde yayılım gösteren Bayırköy Formasyonu’nun, Kösrelilik Üyesi’ni temsil eden Ammonitiko Rosso fasiyesi istifinde arazi çalışması yapılmış, ölçülü stratigrafik kesitler boyunca alınan örnekler üzerinde bir dizi paleontolojik laboratuvar işlemleri uygulanmış ve elde edilen ostrakod örnekleri binoküler ve SEM mikroskop çalışmalarıyla incelendikten sonra taksonomik, kronostratigrafik, paleoortamsal olarak tanımlanmıştır. Çalışma sonucunda, *Polycope*, *Cytherella*, *Ledahia*, *Ogmoconcha*, *Ogmoconchella*, *Bairdia*, *Lobobairdia*, *Isothyocypris*, *Ptychobairdia*, *Schuleridea*, *Liasina*, *Paracypris* ve *Tanycythere* olmak üzere 13 ostrakod cinsi ile bunlara ait 24 taksa belirlenmiştir. Bilinen 11 ostrakod türü Kösrelilik Üyesi’nin yaşının Pliyensbahiye olduğunu ortaya koymuştur. Diğer fosil bulguları da göz önüne alındığında, Kösrelilik Üyesi’nin Erken Jura döneminde Neotetis Okyanusu’nun sığ kesimlerinde çökelediği sonucuna varılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Ostrakod, Ammonitiko Rosso, Bayırköy Formasyonu, Kösrelilik Üyesi, Pliyensbahiye/Erken Jura, Kösrelikkızığı/Bağlum.

**Abstract:** The subject of this work is the research of Ammonitico Rosso facies, which is represented by red, nodular and pelagic limestones and systematic, chronostratigraphic, paleoenvironmental, paleogeographic characteristics of the ostracod assemblage in this facies. In this research, field studies were made in the Ammonitico Rosso Facies which is represented by Kösrelilik Member of Bayırköy Formation in Kösrelilik and Kösrelikkızığı/Bağlum, samples were collected from two measured stratigraphic sections, laboratory work was done on the samples and at the end, after the samples were examined under the binocular microscope; their taxonomic, chronostratigraphic, and paleoenvironmental definitions were made. Finally, 13 ostracod genera namely *Polycope*, *Cytherella*, *Ledahia*, *Ogmoconcha*, *Ogmoconchella*, *Bairdia*, *Lobobairdia*, *Isothyocypris*, *Ptychobairdia*, *Schuleridea*, *Liasina*, *Paracypris*, and *Tanycythere* and 24 taxa was defined. With the help of 11 determined taxa, it is concluded that the age of Kösrelilik Member to be Pliensbachien. Considering the other fossil samples as well, it is concluded that Ammonitico Rosso facies was situated in the shallow parts of Neotethys in Early Jurassic.

**Keywords:** Ostracod, Ammonitico Rosso, Bayırköy Formation, Kösrelilik Member, Pliensbachien/Early Jurassic, Kösrelikkızığı/Bağlum.



## Yaralığöz Grubu (İnaltı Kireçtaşı Formasyonu)’nun (Kastamonu) Jura Mikropaleontolojisine Ait İlk Bulgular

*Initial Findings of Jurassic Microplaeontology of Yaralığöz Group (İnaltı Limestone Formation) (Kastamonu)*

**Tuğçe Ayşe Kuzu<sup>1</sup>, Aslı Karabaşoğlu<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Ahmet Necdet Sezer Kampüsü  
03200 Afyonkarahisar

<sup>2</sup>Afyon Kocatepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Ahmet  
Necdet Sezer Kampüsü 03200 Afyonkarahisar  
(aslik@aku.edu.tr)

**Öz:** Anadolu’nun kuzeyinde büyük bir bölümünü oluşturan Kastamonu kuzeyinde Orta Pontidlerde karbonat kayaçları geniş alanlarda yüzlek vermektedir. Tetis denizinin önemli verilerini içeren Jura yaşlı karbonatların fasiyes özellikleri hangi iki okyanusun oluşum ortamını yansıttığının anlaşılması bakımından önemlidir.

Yaralığöz Grubuna ait Bürnük, İnaltı Kireçtaşı ve Ulus Formasyonları eşzamanlı olarak çökelmişlerdir. Bürnük Formasyonu konglomera, konglomeratik kumtaşı ve kireçtaşı arakatlılarından, İnaltı kireçtaşı mikritik kireçtaşları ve biyopelmikritlerden, Ulus Formasyonu fliš fasiyesinde kumtaşı, kıltaşı ve kireçtaşı arakatlılarından oluşur. Karbonat istifleri boyunca 3 stratigrafik kesit ölçülmüş ve detaylı örnekleme yapılmıştır.

Bölgede ayrıntılı olarak incelenen İnaltı kireçtaşı Formasyonu içinde *Andersenolina elongata*, *Pseudocyclamina lituus*, *Robustococcus tisljari*, *Protopenneroplis striata*, *Bigerina erecta*, *Mohlerina basiliensis*, *Lithocodium aggregatum*, *Pseudocyclamina* sp., *Rectocyclamina* sp., *Mohlerina* sp., *Charantia* sp., *Reophax* sp., *Anchispirocyclina* sp., *Trocholina* sp., *Verneuilinoides* sp., Miliolidae, *Cayeuxia piae*, *Thaumatoporella parvovesiculifera*, Rivularia (Cyanobacteria), ostrakod, sünger ve mercan fosilleri ilk veriler olarak saptanmıştır. Bu fosil topluluğuna göre Yaralığöz Grubu’nun bu bölümü Jura-Erken Kretase yaşlı olarak değerlendirilmiştir. Bu çalışma ile karbonatlar Batı Karadeniz ve tüm Pontid karbonatları ile deneştirilebilir özelliktedir.

**Anahtar Kelimeler:** Bentik Foraminifer, Jura, Kastamonu, Yaralığöz Grubu

**Abstract:** Carbonates rocks are exposed in large areas in the North of Kastamonu in Central Pontids which forms a large part of the northern Anatolia. The facies properties of Jurassic carbonates which contains important data from the Tethys Sea, are important to understand which two oceans reflect the forming environment.

Bürnük, İnaltı Limestone and Ulus Formations belonging to Yaralığöz Groups have deposited simultaneously. Bürnük Formation consist of conglomerate, conglomeratic sandstone and li-

mestone, İnaltı Limestone consist of micritic limestone and biopelmicritites. Ulus Formation is composed of flyschoidal facies and includes of sandstone, claystone and limestone intercalations. Three stratigraphic sections were measured and taken samples along the carbonate rock.

As initial findings, *Andersenolina elongata*, *Pseudocyclammina lituus*, *Robustoconus tisljari*, *Protopeneroplis striata*, *Bigerina erecta*, *Mohlerina basiliensis*, *Lithocodim aggreratum*, *Pseudocyclammina* sp., *Rectocyclammina* sp., *Mohlerina* sp, *Charantia* sp., *Reophax* sp., *Anchispirocyclina* sp., *Trocholina* sp., *Verneuilinoides* sp., *Miliolidae*, *Cayeuxia piaie*, *Thaumatoporella parvovesiculifera*, *Rivularia* (Cyanobacteria), Ostracod, porifera and Coral are determined in İnaltı Limestone Formation that will be studied in detail. According to this fossils population, Jurassic-Early Cretaceous ages were suggested for this part of Yaralıgöz Gorups. With this study, the carbonates can be compared with the Western Black Sea and all Pontide carbonates.

**Keywords:** Benthic Foraminifera, Jurassic, Kastamonu, Yaralıgöz Group



## Koniform Konodont Elementlerinin İşlevsellik Analizi: 2 ve 3 Boyutlu Sonlu Elemanlar Modellemesi

*Functional Analysis of Coniform Conodont Elements: 2D and 3D Finite Element Modelling*

**Ayşe Atakul-Özdemir<sup>1,2</sup>, Giannis Kesidis<sup>1,3</sup>, Duncan Murdock<sup>1,4</sup>, Ivan Sansom<sup>5</sup>, Emily Rayfield<sup>1</sup>, Philip Donoghue<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*School of Earth Sciences, University of Bristol, Life Sciences Building, Tyndall Avenue, Bristol BS8 1TQ, UK*

<sup>2</sup>*Jeofizik Mühendisliği Bölümü, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Kampüs, Van, 65080, Turkey*

<sup>3</sup>*Department of Earth Sciences, Uppsala University, Geocentrum, Villav. 16, 752 36 Uppsala, Sweden*

<sup>4</sup>*Department of Geology, University of Leicester, Leicester LE1 7RH, UK*

<sup>5</sup>*School of Geography, Earth and Environmental Sciences, University of Birmingham, Edgbaston, Birmingham B15 2TT, UK*

(aozdemir@yvu.edu.tr)

**Öz:** Konodont elementleri Kambriyen - Triyas dönemlerinde denizlerde hâkimiyet süren nesli tükenmiş ilkel omurgalıların mikroskobik boyutta diş benzeri fosil kalıntılarıdır. Kalsiyum apatit, frankolit'ten oluşan bu diş benzeri elementler beslenme aparatı olarak nitelendirilmektedir. En ilkel omurgalıların iskelet yapısı ve işlevi hakkında bilgi sağlaması açısından konodontlar hem paleontolojik hem de biyolojik açıdan büyük önem taşır. Konodont paleobiolojisi üzerine tartışmalar halen devam etmekte olup, bu tartışmalar içerisinde en başta geleni konodont elementlerinin işlevi ve organizmanın biyolojik kökeni üzerinedir. Bu nedenle elementlerin işlevselliklerinin ortaya net olarak konulması konodontların kökeninin belirlenmesi açısından oldukça önemlidir.

Günümüzde uluslararası platformda mikro aşınma analizi, bilgisayarlı tomografi ve sonlu elemanlar analizi (Finite Element Analysis, FEA) benzeri yeni analitik yöntemler kullanılarak konodont elementlerinin işlevselliklerine yönelik çalışmalar önem kazanmaktadır. Analitik yöntemlerdeki gelişmelerle elementlerdeki morfolojik değişimlerin işlevselliğe etkileri üzerine bilgiler edinilmekte ise de elementlerin aygıt içerisindeki işlevleri hakkında çok az şey bilinmektedir. Bununla birlikte, konodont elementlerinin işlevselliğine yönelik yorumlar çoğunlukla platform elementleri ile sınırlıdır. Ancak, basit koniform elementler, konodont aygıtının temel görevini algılamada büyük bir rol oynamaktadır. Bu çalışma ile konodont element işlevinin bilinmeyen yönlerini bireysel elementler seviyesinde ele almak, yapı ve fonksiyondaki değişimleri değerlendirmek amaçlanmaktadır. Bu nedenle, bir konodont aygıtı içindeki görev farklılaşmasını ortaya koyabilmek amacıyla, koniform bir konodont cinsi olan *Panderodus*'un diş elementlerine 2 ve 3 boyutlu sonlu elemanlar analizi uygulanmıştır. Bu analizler yardımıyla konodont elementlerinin işlevi ortaya konulmakta ve bir aygıt içerisindeki mor-

folojik değişim ve işlevsellik ilişkileri belirlenmektedir. Örneğin, en-boy oranı yüksek olan elementlerin daha dayanıklı olduğu ve işlevinin diğer elementlere göre farklılık gösterdiği analizler sonucunda ortaya konmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Sonlu Elemanlar Analizi (FEA), konodont element işlevi, Panderodus

**Abstract:** Conodont elements are microscopic tooth-like fossil remains of extinct early vertebrates that thrived in the seas from the Cambrian to the Triassic. Those mineralised skeleton composed of calcium phosphate (CaPO<sub>4</sub>) manifest as a complex array of ‘elements’ inferred as having a tooth-like function. As such, the conodont skeleton is of great significance because of the insights it provides into the biology and function of the skeleton of the earliest vertebrates. Almost every aspect of conodont palaeobiology is controversial but foremost, are the debates over the function of conodonts elements. Therefore, functional interpretations of conodont elements are particularly significant for elucidating their biological affinity.

Recent studies have investigated the function of the oral apparatus of conodonts with different approaches, ranging from microwear analysis, computed tomography, and finite element analysis (FEA). Advances in conodont functional analysis allow deciphering the functional implications of their morphological variation, however, little is known for the functional diversity in a single apparatus. Moreover, functional interpretations of conodont elements are mostly limited to platform elements. However, conodont elements primitively exhibiting simple coniform morphologies possess the key to understanding the basis of the function of the conodont apparatus. Here we aim to address the fairly unknown aspects of conodont element function at the level of individual elements and assess the variation in form and function. Therefore, dental elements of coniform conodont genus *Panderodus* were subjected to 2D and 3D finite element analyses to investigate the functional differentiation within the apparatus. The conodont element function can be deciphered and the relation between morphological variation and functional differentiation within a conodont apparatus is tested using these analyses. For example, the results indicates that elements with high aspect ratio are far more resistant than the others and have a different function.

**Keywords:** Finite element analysis (FEA), conodont element function, *Panderodus*



## Geyik Dağı Alanı (Orta Toroslar) Senomaniyen Kireçtaşları: Yeni Paleontolojik Bulgular (Rudist, Orbitolinid, Gastropod)

*Cenomanian Limestones of the Geyik Dağı Area (Central Taurides): New Paleontologic data (Rudist, Orbitolinid, Gastropod)*

Sacit Özer<sup>1</sup>, Kemal Tash<sup>2</sup>, İzzet Hoşgör<sup>3</sup>, Hasan Hüseyin Kahrıman<sup>4</sup>

<sup>1</sup>6349 Sok. 9/7, Atakent-Karşıyaka, 35540, İzmir

<sup>2</sup>Mersin Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 33343, Mersin

<sup>3</sup>Çalık Petrol Arama ve Üretim, 06520, Ak Plaza, kat.16, Söğütözü, Ankara

<sup>4</sup>Hadimi Cad., No. 54, 42830, Hadim, Konya

(sacit.ozer@deu.edu.tr)

**Öz:** Geyik Dağı alanında (GB Hadim, Orta Toroslar) ilk kez bulunan ve başlıca rudistlerle simgelenen kireçtaşlarının (Polat Kireçtaşı) paleontolojik özellikleri bu çalışmada tanıtılacaktır. Geyik Dağı'nın yaklaşık 2700 m yükseklikte olan doğu yamacında stratigrafi kesiti ölçülmüş ve gözlemler yapılmıştır. Rudistli kireçtaşları 80m kalınlığındadır. Rudistler baskındır, ancak gastropodlar, mercanlar ve orbitolinler rudistlere eşlik eder. Rudistler kanallı türlerden oluşan zengin bir fauna oluşturur: *Ichthyosarcolites triangularis*, *I. monocarinatus*, *I. bicarinatus*, *I. rotundus*, *Caprinula sharpei*, *Neocaprina gigantea*, *Sphaerucaprina woodwardi*, *Caprina baylei* ve *Caprina cf. schiosensis*. Gastropodlar egemen olarak nerineid formlar içerir: *Plesioptygmatis requieni* ve *Plesioptygmatis* sp. Orbitolinlerden *Conicorbitolina conica* derlenen tüm kireçtaşı örneklerinde yoğun olarak bulunur. Tayinleri yapılmamış olmakla birlikte hermatipik ve ahermatipik mercanlar da gözlenir. Fosil içeriği rudistli kireçtaşları için Erken-Orta Senomaniyen yaşını belirtir. Rudistli kireçtaşları üzerine keskin bir dokanakla Mastrihtiyen-Lütesiyen yaşlı olduğu belirtilen pelajik Kuşça Kireçtaşı uyumsuz olarak gelir.

Geyik Dağı rudistli kireçtaşları faunal açıdan Bey Dağları, Likya napları ve Akdeniz Provensi'ndekilerle karşılaştırılmış, benzerlikleri ve ayrıcalıkları vurgulanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Gastropod, Geyik Dağı, Orbitolinid, Orta Toroslar, Rudist, Senomaniyen.

**Abstract:** The paleontological characteristics of the limestones (Polat Limestone) which are represented mainly by the rudists and found for the first time in Geyik Dağı area (Hadim SW, Central Taurides) will be introduced in this study. The stratigraphic section was measured on the eastern slope at an altitude of about 2700 m of Geyik Dağı and observations were made. The rudist-bearing limestones are 80m thick. Rudists are dominant, but gastropods, corals and orbitolinids accompany rudists. Rudists form a rich fauna of canalculated rudist species: *Ichthyosarcolites triangularis*, *I. monocarinatus*, *I. bicarinatus*, *I. rotundus*, *Caprinula sharpei*, *Neocaprina gigantea*, *Sphaerucaprina woodwardi*, *Caprina baylei* and *Caprina cf. schiosensis*. Gastropods contain predominantly nerineid forms: *Plesioptygmatis requieni* and *Plesioptyg-*

matic sp. An orbitolinid foraminifera *Conicorbitolina conica* is extensively found in all limestone samples. Although not defined, hermatypic and ahermatypic corals are also observed. The fossil content indicates an Early-Middle Cenomanian age for the rudist-bearing limestones. Pelagic Kuşça Limestone, which is known as Maastrichtian-Lutetian age in the previous studies, unconformably overlies the rudist-bearing limestones by a sharp contact.

The rudist-bearing limestones of Geyik Dağı are compared with those of the Bey Dağları, the Lycian nappes and the Mediterranean Province in terms of faunal aspects and their similarities and differences are emphasized.

**Keywords:** Cenomanian, Central Taurides, Gastropod, Geyik Dağı, Orbitolinid, Rudist.





## Batı Anadolu Turoniyen Rudist Faunası: Anatolid-Toridler'deki Paleobiyoğrafik Önemi

*Turonian Rudist Fauna of the Western Anatolia: Its Palaeobiogeographic Importance in the Anatolide-Taurides*

**Sacit Özer**

6349 Sok. 9/7, Atakent-Karşıyaka, 35540, İzmir  
(sacit.ozer@deu.edu.tr)

**Öz:** Batı Anadolu'daki tektonostratigrafik kuşaklarda (İzmir-Ankara Zonu, Menderes Masifi, Likya napları, Bey Dağları Karbonat Platformu) tanımlanan orta-geç Turoniyen yaşlı rudist faunası bu çalışmada karşılaştırılmıştır. Önceki çalışmalarımızdaki bilinen lokalitelere ek olarak ilk kez bu çalışmayla saptanan yeni rudistli lokaliteler de tanıtılacaktır. Rudist faunası İzmir-Ankara Zonu batısında Bornova ve çevresi ile Spil Dağı'nda, Menderes Masifi güneyinde Günlüce Köyü, Göktepe, Çiftlikköy, Yeniköy, Çırpı Köyü ve Ovakişlacık'ta, Likya naplarında Serinhisar ve Akdikmen Tepe'de ve Bey Dağları'nda Finike, Bucak Çallı Tepe ve Korkuteli dolaylarında saptanmıştır. Rudist faunası hippuritid-radiolitid topluluğunu oluşturan türler içerir: Hippuritidlerden *Vaccinites praegiganteus*, *Vaccinites inferus*, *Hippurites socialis*, *Hippuritella resecta* ve Radiolitidlerden ise *Distefanella salmojrighii*, *Distefanella montagnei*, *Durania arnaudi*, *Bournonia africana*, *Biradiolites martellii* (= *Milovanovicia heraki*) ve *Biradiolites angulosus* tanımlanmıştır. Rudist faunası orta-geç Turoniyen yaşını işaret eder. Faunal karşılaştırma, farklı tektonostratigrafik kuşaklarda hippuritid-radiolitid topluluğunun benzer türlerden oluştuğunu gösterir. Bu veri, orta-geç Turoniyen'de rudistlerle simgelenen kireçtaşlarının yaygın bir dağılıma sahip olduğunu ve bu kuşakların aynı platforma ait olduğunu ortaya koyar. Bey Dağları karbonat kuşağının yalıtılmış bir karbonat platformu olduğu belirtilmiş olmasına karşın, bu veri platformlar arasındaki faunal değişimin etkin olduğunu gösterir. Batı Anadolu orta-geç Turoniyen yaşlı hippuritid-radiolitid topluluğu Akdeniz Tetisi'nin orta ve doğusundaki rudist faunasıyla da büyük benzerliklere sahiptir.

**Anahtar Kelimeler:** Batı Anadolu, karşılaştırma, paleobiyoğrafya, rudist, Turoniyen.

**Abstract:** Middle-late Turonian aged rudist fauna which is described in tectonostratigraphic belts in Western Anatolia (İzmir-Ankara Zone, Menderes Massif, Lycian nappes, Bey Dağları Carbonate Platform) is compared in this study. In addition to the known localities in our previous studies, the new rudist localities determined by this study will also be introduced. Rudist fauna was determined from Bornova and its environs and in Spil Mountain in the west of the İzmir-Ankara Zone, in the Günlüce village, in the Göktepe, in the Çiftlikköy, in the Yeniköy, in the Çırpı village and in the Ovakişlacık in the south of the Menderes Massif, in the Serinhisar and Akdikmen Tepe of the Lycian nappes and in the Finike, in the Çallı Tepe-Bucak and around Korkuteli in the Bey Dağları. The rudist fauna contains species of the hippuritid-radiolitid association: *Vaccinites praegiganteus*, *Vaccinites inferus*, *Hippurites socialis*, *Hippuritella*

resecta from hippuritids and *Distefanella salmojrighii*, *Distefanella montagnei*, *Durania arnaudi*, *Bournonia africana*, *Biradiolites martellii* (= *Milovanovicia heraki*) and *Biradiolites angulosus* from radiolitids are defined. Rudist fauna indicates a middle-late Turonian age. Faunal comparison shows that hippuritid-radiolitid assemblage consists of similar species in different tectonostratigraphic belts. This data indicates that the limestones represented by rudists in the middle-late Turonian show a widespread distribution and reveal that these belts belong to the same platform. Although it is stated that Bey Dağları carbonate belt is an isolated carbonate platform, it shows that faunal change was effective between platforms. The middle-late Turonian aged hippuritid-radiolitid assemblage of Western Anatolia has great similarities with the rudist fauna of the central and eastern parts of the Mediterranean Tethys.

**Keywords:** Comparison, palaeobiogeography, rudist, Turonian, Western Anatolia.



## Göynük Havzası'nda (Kuzeybatı Anadolu, Türkiye) Planktonik Foraminiferlerin Kretase/Paleojen Sınırı Ve Sonrasındaki Ortamsal Koşullara Tepkileri

*Responses of the Planktonic Foraminifera to Environmental Conditions Across the Cretaceous/Paleogene Boundary Interval in the Göynük Basin, Northwest Anatolia, Turkey*

**Rengin Özder, Sevinç Özkan Altuner, Fatma Toksoy Köksal, Ulaş Avsar**

*Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 06800 Çankaya, Ankara  
(rengin.ozder@metu.edu.tr)*

**Öz:** Çalışmanın amacı, planktonik foraminiferlerin Kretase-Paleojen (K/Pg) sınırı ve sonrasındaki ortamsal koşullardaki değişimlere gösterdikleri tepkileri ortaya koymaktır. Bu amaçla, Göynük havzasında (Kuzeybatı Anadolu, Türkiye) çökelen marlardan oluşan Yenipazar formasyonu ve bu formasyonun marn ve kireçtaşlarından oluşan Hisarözü üyesini kapsayan istif boyunca 8,35 m kalınlığında bir stratigrafik kesit ölçülmüş ve 47 örnek toplanmıştır. Stratigrafik kesit boyunca planktonik foraminiferlerin sayısal analizlerle tür çeşitliliği ve bolluğu belirlenmiştir. Ayrıca K/Pg sınırı ve sonrasındaki ortamsal değişimlerin saptanması için mineralojik ve manyetik duyarlılık analizleri yapılmıştır.

Çalışılan istifin en alt seviyelerinde, tür çeşitliliğinin ve bolluğunun yüksek olduğu, generalist formların baskın olduğu planktonik foraminifer topluluğu gözlenmiş ve en geç Maastrichtiyen'i temsil eden Pseudoguembelina hariaensis zonu tanımlanmıştır. Bu zonu takip eden düzeyde ise planktonik foraminiferlerdeki kitlesel yok oluş ve fırsatçı türlerin ani bolluğu ile K/Pg sınırı belirlenmiştir. İstifin üst kısımlarında erken Daniyen'i temsil eden dört zon tanımlanmıştır. Bunlar alttan üstte doğru, tür çeşitliliğinin çok düşük olduğu fakat fırsatçı türlerin (Guembelitra cretacea) çok yüksek bolluk (%75) değerleri gösterdiği P0 ve Parvularugoglobigerina eugubina (P1a) zonları; tür çeşitliliğinde bir önceki zona kıyasla bir artışın ve fırsatçı türlerin bolluğunda göreceli bir düşüşün (%55) gözlemlendiği P1b zonu; fırsatçı türlerin neredeyse yok olduğu (%1), generalist türlerin ise tekrar bollaştığı ve çeşitliliğinin arttığı P1c zonedir.

Fırsatçı türlerin yüksek bolluğu stresli ortam koşullarının var olduğunu ve generalist türlerin bu koşullara uyum sağlayamadıkları için yok oldukları bilinmektedir. K/Pg sınırı ve sonrasında, fırsatçı türlerin bolluğundaki ani değişimler, aynı zaman diliminde ve 3 ayrı fazda gerçekleşen Deccan volkanizmasının 2. ve 3. fazlarının ortam koşullarını etkilemesiyle açıklanabilir.

Deccan volkanik aktivitelerinin paleoortamsal koşulların değişimine etkisini belirlemek amacıyla mineralojik çalışmalar yapılmıştır. Karbonat (>%80) ağırlıklı marn örneklerindeki kil minerallerinin, X-ışını kırınımı (XRD) metodu ile, kaolinit ve Ca-montmorillonit olduğu belirlenmiştir. Elektron Prob Mikro Analiz (EPMA) yöntemiyle ise biyotit, muskovit, hornblend, klinopiroksen, plajiyoklas, zirkon, apatit ve ilmenit gibi magmatik minerallerin varlığı tespit edilmiştir. EPMA haritalama yöntemiyle de hamurda civa olduğu saptanmıştır. Bütün bu mineralojik bulgular, manyetik duyarlılık analiz sonuçlarıyla karşılaştırıldığında, global

ölçekteki Deccan volkanizmasının fazlarının Göynük istifi içindeki kanıtları olarak yorumlanabilir. Kaydedilen mineralojik anomaliler ile Deccan volkanizmasının fazları arasındaki bu benzerliklere rağmen, Göynük havzasının derin deniz sedimanlarını besleyen volkanik kaynak, Pontidlerdeki yerel magmatik yay olabilir.

**Anahtar Kelimeler:** Biyostratigrafi, Daniyen, Göynük Havzası, Kretase/Paleojen sınırı, manyetik duyarlılık, mineraloji, planktonik foraminifer

**Abstract:** The aim of this study is to reveal the response of the planktonic foraminifera to changes in the environmental conditions across the Cretaceous-Paleogene (K-Pg) boundary interval in the Göynük basin, Northwest Anatolia, Turkey. To achieve this aim, an 8,35 m-thick section was measured, and a total of 47 samples were collected from the Yenipazar formation consisting of marls and the Hisarözü member of Yenipazar formation composed of marls and limestones. Along the measured section, the species diversity and abundance of planktonic foraminifers were determined by quantitative analysis. The mineralogical and magnetic susceptibility analyses were also carried out to determine the environmental changes across the K-Pg boundary interval.

In the lower part of the section, in *Plummerita hantkeninoides* Zone representing the latest Maastrichtian, was determined with highly diversified and abundant planktonic foraminifera assemblages. The generalist forms were dominant in the assemblage. In the following levels, the K-Pg boundary was delineated with the extinction of planktonic foraminifera and the sudden increase of the density of the opportunistic species. In the upper part of the section, four zones were recorded in the early Danian. In the ascending order, the P0 and *Parvularugoglobigerina eugubina* (P1a) zones are characterized by low species diversity and high abundance (%75) of opportunistic species (*Guembelitra cretacea*); P1b zone by relatively high diversity of generalist and relatively low abundance (%55) of the opportunistic species; P1c zone by the near absence (%1) of opportunistic species and diversified and abundant generalist species.

The high abundance of opportunistic species is known to indicate stressful environmental conditions and the generalist species disappear from the environment because they cannot adapt to these conditions. Across the K-Pg boundary, the sudden increase in the abundance of opportunistic species can be explained by the changes in the environmental conditions due to second and third phases of the Deccan volcanism with 3 phases.

In order to determine the effect of the Deccan volcanism on the paleoenvironmental conditions mineralogical studies were carried out. By using X-ray Diffraction Method (XRD), kaolinite, and Ca-montmorillonite types of clay minerals were determined in the carbonate (>80%) dominated marl samples. The presence of magmatic minerals such as biotite, muscovite, hornblende, clinopyroxene, plagioclase, zircon, apatite, and ilmenite were also recorded by Electron Probe Micro Analysis (EPMA). EPMA mapping method revealed the mercury in the dough. All these mineralogical findings, comparing with the results from the magnetic susceptibility analyses, might be considered as the evidence of different phases of global Deccan volcanism in the Göynük sequence. However, despite the close similarity between the mineralogical anomalies in the Göynük Basin and the phases of the Deccan volcanism, the volcanic source might

be a local magmatic arc in the Pontides feeding the deep-water sediments in the Göynük Basin.

**Keywords:** Biostratigraphy, Cretaceous/Paleogene boundary, Danian, Göynük Basin, magnetic susceptibility, mineralogy



## Saydere-Adıyaman Alanında (GD Anadolu) Karababa ve Karaboğaz Formasyonlarına İlişkin Ön Çalışma: Yeni Paleontolojik ve Stratigrafik Bulgular

*A Preliminary Study on the Karababa and Karaboğaz Formations in the Saydere-Adıyaman Area (SE Anatolia): New Paleontologic and Stratigraphic Data*

**Sacit Özer<sup>1</sup>, İsmail Ömer Yılmaz<sup>2</sup>, İzzet Hoşgör<sup>3</sup>, Oğuz Mülayım<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>6349 Sok. 9/7, Atakent-Karşıyaka, 35540, İzmir

<sup>2</sup>Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, 06800, Ankara

<sup>3</sup>Çalık Petrol Arama ve Üretim, 06520, Ak Plaza, kat.16, Söğütözü, Ankara

<sup>4</sup>TPAO, Adıyaman Bölge Müdürlüğü, Jeoloji Müdürlüğü, 02040 Adıyaman

(sacit.ozer@deu.edu.tr)

**Öz:** Karababa ve Karaboğaz formasyonlarına ilişkin GD Anadolu bölgesinde yapılan önceki çalışmalarda, rudistler ve gastropodların kavkı kırıntılıları şeklinde oldukları belirtilmiştir. Güncel çalışmamız, birçok lokalitede önceki çalışmaların aksine rudistler ve gastropodların tanımlanabilir türler içeren topluluklar oluşturduklarını ortaya koymuştur. Bu çalışmada, Adıyaman-Gölbaşı doğusunda yer alan Saytepe kesiti tanıtılacaktır. Karababa Formasyonu uyumlu olarak Derdere Formasyonu'nu üzerler, yaklaşık 150m kalınlık sunar ve alt bölümlerde siyah renkli pelajik kireçtaşlarının üzerine çörtlü kireçtaşlarıyla ve dolomitik kireçtaşlarıyla ardalanmalı seyrek planktik foraminiferli, koyu gri renkli, orta-kalın tabakalı kireçtaşlarından oluşur (Karababa A ve B). Bu düzeyleri kalın tabakalı, sarımsı gri renkli ve yanal yönde süreklilik gösteren rudistli kireçtaşı ve algli kireçtaşı ardalanması izler (Karababa C). Rudist faunası, *Hippurites sublaevis* (= *Pironaea corrugata*), *Vaccinites loftusi*, *Biradiolites bulgaricus*, *Bournonia dinarica*, *Radiolites* sp. türlerinden oluşur. Bu düzeylerde, mercan ve ekinidler de gözlenir. Rudistli kireçtaşları üzerine kalın tabakalı, sarımsı gri renkli, iri gastropodlarla simgelenen kireçtaşları gelir (Karababa C). Gastropod faunası *Trochactaeon giganteus* ve *T. goldfussi* türlerini içerir. Rudist ve gastropod faunası bu alanda ilk kez tanımlanmıştır ve Kampaniyen (olasılıkla erken) yaşını işaret eder. Bu düzeylerin üzerine, Karaboğaz Formasyonu'na ait olduğu düşünülen, sarımsı gri renkli, kalın katmanlı, makro fosilsiz, 4-5m kalınlığında kireçtaşları, 20-30m kalınlığında, ince-orta tabakalı, gri, koyu gri renkli, çört yumrulu pelajik kireçtaşları ve 40-50m kalınlığında, çörtlü kireçtaşlarıyla ardalanmalı, baskın olarak çört çakılları ve seyrek kireçtaşı çakıllarından yapıli, sıkı tutturulmuş, açık kahve renkli breşler gelir. Önceki çalışmalarda istifin bu bölümü Karababa C olarak yorumlanmıştır. Karaboğaz Formasyonu ince-orta katmanlı, gri, siyahımsı gri, planktonik foraminiferli kireçtaşlarıyla süreklilik gösterir.

Bu veriler, Karababa A ve B'yi izleyen, bentik fosillerle simgelenen regresif Karababa C'nin ve planktik foraminiferli derin denizel ortamda çökeliş transgressif Karaboğaz Formasyonu'nun geliştiğini gösterir.

**Anahtar Kelimeler:** Gastropod, GD Anadolu, Kampaniyen, Karababa Formasyonu, Karaboğaz Formasyonu, Rudist.

**Abstract:** The rudists and gastropods were only defined as a shell fragments in the Karababa and the Karaboğaz formations in previous studies in the SE Anatolia. In contrast to previous studies, our recent studies have presented that the rudists and gastropods form communities including identifiable species in many localities. In this study, Saytepe section located in the east of Adıyaman-Gölbaşı will be introduced. The Karababa Formation is conformably overlying the Derdere Formation. The thickness of formation about 150m and the formation is composed of dark gray colored, medium-thick bedded limestones with sparse planktic foraminifera, intercalated with cherty and dolomitic limestones. Black colored pelagic limestones generally lie in the lower part of Karababa Formation (Karababa A and B). These levels follow the limestones rich in rudists that show thick-bedding, yellowish-gray color, laterally continuity, and intercalated with algal limestones (Karababa C). The fauna of rudists consists of *Hippurites sublaevis* (=Pironaea corrugata), *Vaccinites loftusi*, *Biradiolites bulgaricus*, *Bournonia dinarica*, *Radiolites* sp. species. The coral and echinids are also observed at these levels. The limestones with large gastropods (Karababa C) that are represented by the thick-bedded, yellowish-gray color, overly the rudist limestone. Gastropod fauna include *Trochactaeon giganteus* and *T. goldfussi* species. The rudist and gastropod fauna are defined for the first time in this area and probably indicate the Early Campanian age. Yellowish gray colored, thick bedded, 4-5m thick limestones without macrofossils, 20-30m thick, thin-medium bedded, gray, dark gray colored, pelagic limestones with nodular chert, 40-50m thick, pelagic limestones intercalated with cherty limestones, with predominantly chert pebbles and sparse limestone pebbles, stiff textured, light brown colored breccia that is thought to belong to the Karaboğaz Formation. In previous studies, this part of the sequence was interpreted as Karababa C. The Karaboğaz Formation shows continuity with the limestones that are thin-middle bedded, gray, blackish gray, with planktonic foraminifera.

These data indicate the development of the regressive Karababa C represented by benthic fossils following the Karababa A and B, and the transgressive Karaboğaz Formation with planktic foraminifera deposited in a deep marine environment.

**Keywords:** Campanian, Gastropod, Karababa Formation, Karaboğaz Formation, Rudist, SE Anatolia.



## Nemkovella Daguini'nin (Neumann, 1958) Umman (Arap Yarımadası) Ve Meghalaya (Hindistan) daki Orta-Üst Eosen Birimlerinde İlk Kaydı Ve Tetis Ölçeğinde Korelasyon Ve Paleobiyocoğrafya Açısından Önemi

*The First Record of Nemkovella Daguini (Neumann, 1958) From the Middle-Upper Eocene of Oman (Arabian Peninsula) and Meghalaya (Indian Subcontinent) and its Significance in Tethyan Correlations and Paleobiogeography*

Sadıkcan Erbay<sup>1</sup>, Ercan Özcan<sup>1</sup>, İftikhar Ahmed Abbasi<sup>2</sup>,  
Christer Dominique Pereira<sup>3</sup>, Levent Sina Erkızan<sup>1</sup>, Sibel Kaygılı<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Maden Fakültesi, İstanbul Teknik Üniversitesi (İTÜ),  
Maslak-34469, İstanbul, Türkiye.

<sup>2</sup>Department of Earth Sciences, Sultan Qaboos University (SQU), Muscat, Sultanate of  
Oman.

<sup>3</sup>Department of Earth Sciences, Indian Institute of Technology– Bombay, Powai, Mumbai 400  
076, India.

<sup>4</sup>Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Fırat Üniversitesi, Elazığ, Türkiye.  
(erbaysa@itu.edu.tr)

**Öz:** *Nemkovella daguini* (Neumann, 1958) Batı Tetis'de (Avrupa ve Akdeniz civarı) daha önceden Lutesiyen ve Erken Priaboniyen yaşlı çökellerde tanımlanan küçük boyutlu bir ortophragminid türüdür. İlk olarak Fransa'daki Akitanya havzasından tanımlanan bu tür, diğer nemkovellalar ve ortophragminidlerden farklı bir odoksilyer loca geometrisine sahip olması ve nepiyonik safhada annuler localardan önce oluşan orbitoidal locacıkların varlığı ile karakterize edilir. Bu çalışmada bu türü ilk kez Umman'da Erken Priaboniyen yaşlı Tahwah Formasyonu ve Meghalaya'da Orta-Üst Eosen geçişinde Prang Formasyonu'nda biyometrik veriler ile tanımladık. Bu veriler *N. daguini*'nin coğrafi dağılımının Akdeniz bölgesinden Güney Asya'ya (Himalaya, Doğu Tetis) kadar uzadığına işaret etmekte olup, bu dönemde Tetis boyunca oluşmuş çökellerin detaylı ve güvenilir korelasyonu için yeni bir temel oluşturmaktadır. Önceki çalışmalarda bu bölgede tanımlanan iri bentik foraminifer faunasının Hint-Pasifik kökenli olduğunun gösterilmiş olması *N. daguini*'nin korelasyon açısında önemini göstermektedir. Tahwah Formasyonu'ndaki iri bentik foraminifer topluluklarında, *Heterostegina reticulata*, *Nummulites hormoensis*, *Assilina gr. schwageri-alpina*, ve *Silvestriella tetraedra* gibi grupların mevcudiyeti Umman'daki faunanın Batı Tetis biyoprovensi içinde değerlendirilmesine olanak kılmıştır. Tahwah Formasyonu'nda *Pellatispira* bir kaç farklı tür ile temsil edilir ve Hint-Pasifik faunasının bu bölgedeki etkisini gösterir.

**Anahtar kelimeler:** Nemkovella daguini, sistematik, paleobiyocoğrafya, Eosen, Umman, Hindistan.



**Abstract:** *Nemkovella daguini* (Neumann, 1958) is a small-sized orthophragminid species previously reported from the Lutetian to lower Priabonian shelf deposits of the peri-Mediterranean region (Western Tethys). This species, originally established from the Aquitaine Basin (France), differs significantly from typical nemkovellas and other orthophragminids by having isolated adauxiliary and orbitoidal chamberlets that progressively give rise to the formation of typical annular chambers in the neanic stage. We record here for the first time this species from the lower Priabonian Tahwah Formation in the Arabian Peninsula and from the transitional middle-upper Eocene Prang Formation in Meghalaya (India), giving a detailed description and biometry. This expands the geographic range of *N. daguini* to the Eastern Tethys, allowing us to provide an enhanced scheme for the correlation of peri-Mediterranean deposits with those from the South Asia. In previous studies the majority of the larger benthic foraminiferal (LBF) fauna from this region were considered to belong to the Indo-Pacific bioprovince. The LBF in Tahwah Formation, on the other hand, are here considered to have greater affinity with those of Western Tethys based on the occurrence of *Heterostegina reticulata*, *Nummulites hormoensis*, *Assilina* gr. *schwageri-alpina*, and *Silvestriella tetraedra*. The occurrence of *Pellatospira* in this unit, represented by at least two species, shows Indo-Pacific influence in Oman.

**Keywords:** *Nemkovella daguini*, systematics, paleobiogeography, Eocene, Oman, India.



## Ciciler Formasyonu Orthophragminidleri (Mekece, Pamukova, KB Türkiye): Revize Yaş ve Bulguların Stratigrafik Önemi

*Orthophragminids from The Ciciler Formation: A Revised Age and its Significance for the Eocene Stratigraphy in Pamukova-Geyve Region (Mekece, Pamukova, NW Turkey)*

Levent S. Erkızan<sup>1</sup>, Ali Osman Yücel<sup>1</sup>, Sadıkcın Erbay<sup>1</sup>, Ercan Özcan<sup>1</sup>,  
Aral I. Okay<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>*İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Maslak, 34469 İstanbul, Türkiye*

<sup>2</sup>*İstanbul Teknik Üniversitesi, Avrasya Yerbilimleri Enstitüsü, 34469, Maslak, İstanbul, Türkiye*

(aliosmanyucel@gmail.com)

**Öz:** Eosen yaşlı sığ ve derin denizel birimler Kocaeli ve Armutlu yarımada ve İznik-Pamukova-Geyve hattında Pontid-İçi kenedi civarında yaygın olarak yüzlek verirler. Önceki çalışmalarda, Mekece-Pamukova-Geyve bölgesi civarında D-B yönünde dar bir şerit halinde uzanan Ciciler Formasyonu Eosen stratigrafisi kapsamında (geç) Lütesiyen yaşlı en genç birim olarak değerlendirilmiş ve ‘Örtü Birim’ olarak tanımlanmıştır. Bu çalışmada, Ciciler Formasyonu’nun Mekece yakın güney-doğusundaki tip-lokalitesinde, birimin üst kısmındaki kireçtaşı ve kumtaşı-konglomera seviyelerinden elde edilen tane orthophragminidleri tanımlanmıştır. Bu seviyelerdeki fauna, SBZ 10/11’i temsil eden *Discocyclina fortisi* simferopolensis Less, *Discocyclina archiaci archiaci* (Schlumberger), *Orbitoclypeus douvillei douvillei* (Schlumberger), *Nummulites* spp. ve *Assilina* spp. ile temsil edilir ve geç İpresiyen yaşına işaret eder. Birim, Armutlu yarımada ve Pamukova-Geyve kuzeyinde yaygın yüzlek veren Orta Eosen Magmatik Kayaçlarının (OEMK) stratigrafik olarak altında bulunan derin-denizel türbiditik istifin yanal eşleneğidir. Birim KB Türkiye’de en genç denizel Eosen birimi olan ve OEMK’nın üst kısımlarında magmatiklerle arakatlı orta Lütesyen seviyelerinin stratigrafik olarak altında bulunmaktadır.

Bu araştırma TUBITAK-YDABÇAG 116Y127 nolu proje kapsamında yapılmıştır

**Anahtar Kelimeler:** Ciciler Formasyonu, Mekece-Pamukova, orthophragminidler, İpresiyen

**Abstract:** Eocene shallow-to deep marine units are widely exposed in Kocaeli and Armutlu peninsulas and İznik-Pamukova-Geyve regions near the Intra-Pontid suture zone. In previous studies, Ciciler Formation, cropping out along an E-W extending narrow stripe near Mekece-Pamukova and Geyve, was regarded as the youngest Eocene stratigraphic unit of (late) Lutetian age based on the identifications of foraminifera at generic level. We have studied several fossiliferous limestone and sandstone-conglomerate levels near the upper part of the unit at its type-locality near Ciciler village southeast of Mekece. Orthophragminids are common and are

represented by several key-species suggesting SBZ 10/11 that points out a late Ypresian age. These taxa are represented by *Discocyclina fortisi simferopolensis* Less, *Discocyclina archiaci archiaci* (Schlumberger) and *Orbitoclypeus douvillei douvillei* (Schlumberger) associated with *Assilina* spp. and *Nummulites* spp. This unit is equivalent to deep-marine clastic-turbiditic units stratigraphically below the regionally widespread volcanoclastic rocks, known as the Middle Eocene Magmatic Rocks (MEMR) in Armutlu Peninsula and north of Pamukova and Geyve. This unit remains stratigraphically below the youngest Eocene (middle Lutetian) marine unit at the upper part of MEMR recorded in NW Turkey.

This study was supported by TUBITAK (research grant YDABÇAG 116Y127).

**Keywords:** Ciciler Formation, Mekece-Pamukova, orthophragminids, Ypresian



## Pakistan Sulaiman Bölgesinde Priaboniyen Yaşlı Çökellerdeki Yeni Bir Bentik Foraminifer, *Baculogypsina Sulaimanensis* N. Gen., N. Sp.’in Tanımı: Güncel *Baculogypsinid* Foraminiferlerin Kökeni mi?

*Baculogypsina Sulaimanensis* N. Sp. (*Calcarinidae*) from the Priabonian of Sulaiman Range, Pakistan: An Ancestry for the Recent *Baculogypsinids*?

Ercan Özcan<sup>1</sup>, Johann Hohenegger<sup>2</sup>, Ali Osman Yücel<sup>1</sup>, Sibel Kaygılı<sup>3</sup>,  
Nowrad Ali<sup>4</sup>, Muhammad Hanif<sup>5</sup>

<sup>1</sup>*İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Maslak, 34469 İstanbul, Türkiye*

<sup>2</sup>*University of Vienna, Department of Paleontology, 1090 Vienna, Austria*

<sup>3</sup>*Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Fırat Üniversitesi, Elazığ, Türkiye*

<sup>4</sup>*Department of Geology, University of Peshawar, Peshawar-25120, Khyber Pakhtunkhawa, Pakistan*

<sup>5</sup>*National Centre of Excellence in Geology, University of Peshawar, Peshawar-25130, Khyber Pakhtunkhawa, Pakistan*

(ozcanerc@itu.edu.tr)

**Öz:** Pakistan’da Sulaiman bölgesinde yüzlek veren Priaboniyen yaşlı Drazında Formasyonu’nun üst kısmında bulunan *Pellatispira* katmanları tropik sığ denizlerinde yaygın olan *Baculogypsina* (Sacco) cinsi ile benzer morfolojiye sahip bentik foraminiferleri içerir. Bu bireyler merceğimsi bir kavkıya sahip olup, sayıları 5-8 arasında değişen ve kanal sistemi içeren dikenleri, kavkı ekvatoryal düzlemi boyunca gelişmiştir. Çok küçük boyutlu olan ve tam olarak gözlenemeyen embryo önce spiral trokospiral localar ile daha sonra ekvatoryal düzlemin her iki yanında gelişen yanal locacıklar ile takip edilir. Kavkının her iki tarafı boyutları birbirine benzeyen imperfore pliyeler ile yoğun olarak kaplanmıştır. Dikenler spiral sarılım gösteren nepiyonik bölgede ortaya çıkar ve gelişerek kavkı yüzeyine ulaşır. Eosen döneminde ilk kez bulunan bu formlar *Baculogypsina sulaimanensis* n. sp. olarak adlandırılmış olup Pliyosen-Güncel *Baculogypsina* tipi foraminiferlerin kökeninin geç Eosen’e kadar indiğini göstermektedir. Yeni takson *Heterostegina indusensis*, *Silvestriella tetraedra*, *Pellatispira madaraszi*, *Assilina* ex. gr. *alpina* ve retikule *Nummulites* grubu ile aynı seviyelerde bulunmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Filojeni, *Baculogypsina sulaimanensis* n. sp., Priaboniyen, taksonomi

**Abstract:** Priabonian ‘*Pellatispira*-beds’ of the Drazında Formation in Sulaiman range, Pakistan, contain some calcarinids displaying similar morphological traits known from Pliocene-Recent *Baculogypsina* (Sacco). These specimens possess a biconvex-lenticular test with 5 to 8 spines with anastomosing canals. The small, poorly observed embryo is followed by a series of low trochospiral chambers, which are followed by a cyclical arrangement, producing numerous lateral chamberlets on both sides of the test. The lateral sides of the test are pierced

by piles of almost uniform size. The spines arise from the initial spiral part or later stages of development and continue to enlarge with growth. We think that these specimens deserve a new taxonomic status and erected *Baculogypsina sulaimanensis* n. sp., that extends the range of calcarinids with similar traits to *Baculogypsina* down into the late Eocene. Occurring sporadically, the new taxon is associated with *Heterostegina indusensis*, *Silvestriella tetraedra*, *Pellatispira madaraszi*, *Assilina* ex. gr. *alpina* and reticulate *Nummulites*.

**Keywords:** Phylogeny, *Baculogypsina sulaimanensis* n. sp., Priabonian, taxonomy



## Yenipazar (Bilecik) Havzasında Geç Oligosen Bulguları

### *Late Oligocene Findings in the Yenipazar (Bilecik) Basin*

Elif Apaydin Poşluk<sup>1</sup>, Sevinç Kapan<sup>2</sup>, Hayrettin Koral<sup>1</sup>, Birben Gürsoy<sup>2</sup>

<sup>1</sup>İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 34320 Avcılar, İstanbul <sup>2</sup>Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Terzioğlu Kampüsü/Çanakkale

(elif.postluk@istanbul.edu.tr)

**Öz:** Yenipazar(Bilecik) havzasının sınırları batıda Gölpazarı(Bilecik) ilçesi, doğuda ise Bolu Göynük(Bolu) ilçesine kadar uzanmaktadır. Bu alanda yüzlek veren Paleojen istif, Paleosen (Kızılçay Formasyonu) ve erken Eosen (Kabalar Formasyonu) yaşlı karasal çökeller ile başlar. Bu çökellerin üzerine gelen Eosen yaşlı denizel birimler, sarı renkli, iri taneli, pekişmiş, sert kumtaşlarıyla başlayıp, kahve renkli, tutturulmamış, dağılgan kumtaşı seviyeleriyle devam eden (Güvenç Formasyonu) bir litoloji sunar. Bu kumtaşı seviyesi içinde bolca nummulit fosili bulunmaktadır. Stratigrafik olarak, nummulitli seviyenin üzerine, Geç Eosen sığ denizinde yaşamış *Rotularia spirulea* (Lamarck), *Ampullina* cf. *vulcani* (Brongniart) türlerinin tanımlandığı kumtaşı, birimleri gelmektedir. Bu kumtaşı seviyesi çalışma alanının orta kesimlerinde bol miktarda *Turritella* sp. örneklerinin tanımlandığı çamurtaşı ve marn litolojisiyle (Güvenç Formasyonu) sonlanır. Bu birimin kendinden daha genç karasal çakıltası, kumtaşı, çamurtaşı birimleriyle açısal uyumsuz olarak gelişmiş sınır ilişkisi, inceleme alanının orta kesimlerinde açıkça görülmektedir. Çalışılan havzanın en doğusundaki (Kürnüç Köyü, Göynük/Bolu) Kürnüç Vadisinde kumtaşı-çamurtaşı birimlerinden alınan numunelerden yapılan yıkama örneklerinden foraminifer ve ostrakod fosilleri tayin edilmiştir. Bunların yanısıra tane örneklerden elde edilen mollusklerden *Polymesoda convexa* (Brongniart), *Gari protracta* Mayer, *Globularia gibberosa santistephani* (Grateloup) vb. gibi türler tanımlanmıştır. Böylece, bu vadideki söz konusu kumtaşı-çamurtaşı birimleri ve fosil içeriği ile çalışma alanında Egeriyen (Geç Oligosen) zamanında çökelmiş acı su, lagün, sığ denizel koşulları temsil eden yeni bir seviyenin varlığı ortaya konmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Stratigrafi, Gastropoda-Bivalvia-Foraminifer, Egeriyen, Geç Oligosen, Yenipazar.

**Abstract:** The boundaries of the Yenipazar (Bilecik) basin extend to Gölpazarı (Bilecik) district in the west to the district of Göynük (Bolu) in the east. The Paleogene sequence exposed in the area begins with Paleocene (Kızılçay Formation) and early Eocene (Kabalar Formation) age terrestrial sediments. Overlying Eocene age marine units have a lithology which begins with yellow colored, coarse, firm sandstones and continues upward with brown colored, loose sandstone horizons (Güvenç Formation). There are a lot of Nummulites fossils in this sandstone level. Stratigraphically, the Nummulites-bearing level is overlain by the sandstone containing *Rotularia spirulea* (Lamarck) and *Ampullina* cf. *vulcani* (Brongniart) species that lived in the late Eocene shallow sea. This sandstone level ends with the mudstone and marl lit-

hology (Güvenç Formation), which is in the central parts of the study area is defined by a lot of *Turritella* sp.-bearing samples. A boundary relationship of angular unconformity between this unit and a younger continental conglomerate, sandstone and mudstone unit is clearly visible in the central parts of the study area. Some foraminifera and ocracoda fossils and specimens such as *Polymesoda convexa* (Brogniart), *Gari protracta* Mayer and *Globularia gibberosa* santistephani (Grateloup) are identified from the samples taken from the sandstone-mudstones in the Kürnüç valley in the easternmost part of the study area (Kürnüç village, Göynük /Bolu). Thus, it has been for the first time suggested that the sandstone-mudstone unit with its fossil content represent a brackish water, lagoon, shallow marine conditions during the Egerian (late Oligocene) age in study area.

**Keywords:** Stratigraphy, Gastropoda-Bivalvia-Foraminifera, Egerian, Late Oligocene, Yenipazar.



## Anadolu Erken Miyosen Böcekçilleri (Insectivora): Eski Bir Hikaye - Yeni Bulgular

*The Insectivores From the Early Miocene of Anatolia; New Finds to an Old  
Story*

Lars W. van den Hoek Ostende<sup>1</sup>, Serdar Mayda<sup>2</sup>, Tanju Kaya<sup>3</sup>, Melike Bilgin<sup>1,4</sup>,  
Peter Joniak<sup>4</sup>, Pablo Pelaez-Campomanes<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Naturalis Biodiversity Center, Darwinweg 2, 2333 CR Leiden, Netherland

<sup>2</sup>Biyoloji Bölümü, Fen Fakültesi, Ege Üniversitesi, 35100 Bornova, Izmir, Turkey

<sup>3</sup>Ege University Natural History Museum, 351000 Bornova, Izmir, Turkey

<sup>4</sup>Department of Geology and Paleontology, Comenius University, Ilkovičova 6, Mlynská  
dolina G, 842 15 Bratislava, Slovakia

<sup>5</sup>Departamento de Paleobiología, Museo Nacional de Ciencias Naturales, 2 Gutiérrez  
Abascal, 28006 Madrid, Spain

(lars.vandendoekostende@naturalis.nl)

**Öz:** Burkart Engesser, 1980 yılında Anadolu böcekçillerinin ilk kapsamlı çalışmasını yayınladığında, erken Miyosen temsilcileri dahil etmemiştir. Her ne kadar o dönemde Ankara-Kılçak lokalitesinden bir erken Miyosen *Galerix* bulgusu mevcut ise de, o zamanlar Anadolu'da Alt Miyosen'inin yokluğuna veya en azından keşfedilmemiş olduğuna inanılıyordu. Anadolu'da Alt Miyosen Karasal çökellerin varlığının kabul edilmesi, 1990'larda Türk (Gerçek Saraç-MTA)-Hollanda (Hans de Bruijn-Utrecht) işbirliği ile Konya-Ilgın-Harami, Ankara-Kılçak, Çorum-Dodurga-Kargı ve Ankara-Keseköy'den toplanan mikromemeli bulgularına yönelik çalışmaların neticesinde gerçekleşmiştir. Böcekçil bakımından çok zengin olan bu topluluklar Lars van den Hoek Ostende'nin de doktora tezinin konusu olmuştur. 2000 yılını takiben Hans de Bruijn'ın Dokuz Eylül Üniversitesi (Orhan Kaya) ve Ege Üniversitesi (Tanju Kaya ve Serdar Mayda) (Tabiat Tarihi Müzesi) araştırmacıları ile birlikte yürüttükleri çalışmalar Batı Anadolu'da da erken Miyosen faunalarının varlığını göstermiştir. 2015 yılından itibaren Ege Üniversitesi Tabiat Tarihi Müzesi araştırmacıları (Serdar Mayda ve Tanju Kaya) Hollanda (Naturalis-Lars van den Hoek Ostende), İspanya (MNCN- Pablo Pelaez-Campomanes) ve Slovakia (Comenius University–Peter Joniak)'dan araştırmacıların da desteğiyle Miyosen'de meydana gelen paleoekolojik değişimlerin daha iyi anlaşılabilmesi amacıyla Tübitak'ın desteğinde yeniden bir araya gelmişlerdir. Böcekçil toplulukları da Tübitak Ziyaret desteği kapsamında yeniden çalışılmıştır. Bu son çalışmalar, böcekçil topluluklarının bulunduğu faunalarda yeni kemirgen türlerini ortaya çıkarmıştır. Bununla birlikte, böcekçil topluluklarının bolluk oranında Miyosen boyunca gözlenen düşüş eğilimi yeni bulgular ışığında daha net bir şekilde gözlenmiştir. Bu sonuç, erken Miyosen çevre koşullarının böcekçiller için sürekli bir besin kaynağı sağlayarak, nispeten stabil ve nemli olduğunu göstermektedir. “D” zonunda ve özellikle “E” zonunda gözlenen düşüş Avrupa'da ki kayıtlar ile uyumlu olup, açık alanlarda artışa işaret etmektedir. Bu tip çevre faktörleri orman benzeri kapalı alanları tercih eden böcekçiller için uygun bir yaşam alanı olarak tercih edilmemektedir. Erken Miyosen böcekçil toplulukları



üzerine yürütülmekte olan çalışma Anadolu Neojen böcekçil topluluklarının hikayesinin de başlangıcıdır. Devam eden araştırmalar Anadolu Pliyosen'inin şaşırtıcı bir şekilde köstebek grubu (Desman) açısından çok zengin olduğunu ortaya koymuştur. Bu fauna Yunanistan'dan Panagiotis Skandalos'un doktora tezi kapsamında çalışılmaktadır. Türkiye'deki orta ve geç Miyosen insektivorlarına yönelik çalışmalar ise çok sınırlıdır. Bu açıdan sunumda belirtilen ortak çalışmalar Anadolu'nun paleoekolojinin gelişimi hakkında çok daha fazla bilgi sağlayacaktır.

**Anahtar Kelimeler:** Böcekçil, Erken Miyosen, Anadolu

**Abstract:** When Burkart Engesser published the first comprehensive study of the Anatolian insectivores in 1980, the Early Miocene representatives were not included. In fact, there was an Early Miocene find, a *Galerix* from Kılçak, but that was not recognised as such as in those days the lower Miocene of Anatolia was believed to be absent or at least unexplored. The recognition that terrestrial sediments were present throughout Anatolia came in the 1990s, as a Turkish-Dutch cooperation studied micromammal assemblages from Harami, Kılçak, Kargı and Keseköy. These assemblages proved to be rich in insectivores, and these became the subject of the PhD thesis of Lars van den Hoek Ostende. Later, Hans de Bruijn joined forces with Orhan and Tanju Kaya and Serdar Mayda, and showed the presence of Early Miocene localities also in western Anatolia. Serdar Mayda and Tanju Kaya joined forces again with Lars van den Hoek Ostende and other colleagues, in order to get a better view of the environmental changes during the Early Miocene. The insectivores were studied with the help of a visiting grant of TÜBİTAK. In terms of new taxa, the new assemblages brought nothing new. Whereas the same localities had yielded new rodent species, all the insectivores were already known. However, the trend of a decrease in the proportion of the insectivores could now be firmly established. In terms of the environment, this implies that the Early Miocene environments were relatively stable and humid throughout, continuously providing a constant food source for insectivores. The decrease in zone D and particularly in zone E mirrors conditions in Europe and suggests an opening of the landscape, as plains are a far less suited habitat to insectivores than forests. The study of the Early Miocene representatives is literally the beginning of the story of the Anatolian Neogene insectivores. Ongoing research has revealed, for instance, that the Pliocene of Anatolia is surprisingly rich in desmanine talpids. These faunas are currently studied in the PhD thesis of Panagiotis Skandalos. And we only have as yet a glimpse of the Middle and Late Miocene insectivores in Turkey. As such, the current collaboration, which also focuses on rodents and large mammals, will provide much more about the development of the Anatolian ecosystems in the future.

**Keywords:** Insectivora, Early Miocene, Anatolia



## Saros Körfezi Doğusundaki Kıyı Alanlarında Tarihsel Fırtına Dalgalarının İzleri

*Traces of Historical Storm Waves in the Eastern Coasts of the Gulf of Saros*

**Engin Meriç<sup>1</sup>, Yıldız Altınok<sup>2</sup>, Bedri Alpar<sup>3</sup>, Atike Nazik<sup>4</sup>, Niyazi Avşar<sup>4</sup>,  
M. Baki Yokeş<sup>5</sup>, Nafiye G. Kıyak<sup>6</sup>**

<sup>1</sup>*Moda Hüseyin Bey Sokak, 15/4, 34710 Kadıköy, İstanbul (+90-533-1347605)*

<sup>2</sup>*Şair Latifi Sokak, 67/6, Moda, 34710 Kadıköy, İstanbul*

<sup>3</sup>*İstanbul Üniversitesi, Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsü, 34134 Fatih, İstanbul*

<sup>4</sup>*Çukurova Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği  
Bölümü, 01300 Balcalı, Adana*

<sup>5</sup>*Hanımefendi Sokak, 160/9, 34384 Şişli, İstanbul*

<sup>6</sup>*OSLAB İstanbul, Lüminesans Araştırma ve Arkeometri Laboratuvarı, İstanbul  
(anazik@cu.edu.tr)*

**Öz:** Bu çalışma, Kuzey Ege Denizi Saros Körfezi doğusunda, farklı zamanlarda oluşan büyük fırtınaların etkilerini araştırmak amacıyla yapılmıştır. Edirne-Çanakkale yolu ile kıyı şeridi arasında kalan düzlük alanda ve yolun kuzeyinde, güncel kıyından 85 m ile 2350 m arasında değişen uzaklıklarda açılan yarmalardan alınan 16 örnek üzerinde çalışılmıştır. Optik uyarmalı lüminesans (OSL) yöntemi ile elde edilen verilere göre örneklerin depolanma yaşları MÖ 210±100 ile MS 1963±14 yıl arasındadır. Paleontolojik çalışmalarda, 14 örneğin 11'inde foraminifer, 8'inde ostrakod ve 7'sinde mollusk bireyleri gözlenmiştir. Saros Körfezi'ndeki dalgalar genellikle rüzgâr kaynaklıdır. Önemli dalga yükseklikleri ve yönleri mevsimsel olarak değişir. Çalışılan topluluklarda karasal ve denizel faunaların karışık olarak bulunması, foraminifer kavkılarındaki sürüklenme kırıklarının tespit edilmesi, son 2200 yıl içinde farklı tarihlerde meydana gelen büyük fırtınaların etkisi ile dalgaların körfezin doğusunda birkaç km içeriye kadar girerek, geniş kıyı alanlarını etkisi altına almış olduğuna işaret etmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Saros Körfezi, Ege Denizi, foraminifer, ostrakod, mollusk, OSL yaşlandırma, fırtına dalgaları

**Abstract:** This study was carried out to investigate the effects of major storms at different times in the east of Saros Gulf in the North Aegean Sea. Sixteen samples were collected from the trenches between changing distance 85 m and 2350 m from the recent coast in the plain area between Edirne-Çanakkale road and the coastline and on the north of the road. According to the data obtained by the Optically Stimulated Luminescence (OSL) method, the deposit ages of the samples are between 210 ± 100 BC and 1963 ± 14 years. Foraminifera in 11, ostracod in 8 and mollusc in 7 were observed in the total 14 samples by paleontological studies. Most waves in the Gulf of Saros are wind-driven. Their significant wave heights and directions vary seasonally. The presence of a mixed terrestrial and marine fauna in the studied assemblage

ages and the detection of drift fractures on the foraminifera tests indicate that the impact of large storms on different dates in the last 2200 years has taken the impact of large coastal areas inward several kilometers in the east of the gulf.

**Keywords:** Gulf of Saros, Aegean Sea, foraminifer, ostracod, mollusc, OSL dating, storm waves.

**PALEONTOLOJİ VE BİYOSTRATİGRAFI / PALEONTOLOGY AND BIOSTRATIGRAPHY**

Atike NAZİK - Cemal TUNOĞLU - Bilal SARI - Aslı KARABAŞOĞLU - Sevinç KAPAN

---

**Poster/*Posters***

---

**ÖZ/*ABSTRACT***





## Ece Göl Havzası ve Çevresi Kuvaterner Yaşlı Çökellerinin, Mollusca Faunası ve Sedimentolojik Özellikleriyle Paleoortamsal-Paleoekolojik Yorumlanması

### *Paleoenvironmental-Paleoecological Interpretation of the Mollusca Fauna and Sedimentological Characteristics of the Ece Lake Basin and Its Environment*

**Ahmet Demir, Sevinç Kapan**

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Müh. Fakültesi, Jeoloji Müh. Böl., Çanakkale  
(ahmetdemir136@gmail.com)

**Öz:** Ece Gölü, Çanakkale, Biga İleşesi'nde bulunan, 9 km<sup>2</sup> büyüklüğünde, tarım arazisi olarak kullanılmak adına kurutulmuş eski bir göldür. Bölgenin güneydoğusunda aktif Çan-Biga fayı bulunmaktadır. Havzanın rakımı ortalama 0-5 m arasında değişmektedir. Bu çalışmada sedimentler birimler ve bu birimlerin ortamsal farklılıkları belirlenmiştir. Havzanın faunası ve sedimentolojik özellikleriyle havzanın paleoortamı ve paleoekolojisi aydınlatılmaya çalışılmıştır.

Çalışma, Ece Havzası 35T05178024463694 koordinatlarında, 21 metrelik karot ile araştırmaya yardım amaçlı Gümüşçay'da yapılan iki sondajın incelenmesinden oluşmaktadır; Mollusca dalının Gastropoda sınıfından *Graecoanatomica anatolica*, *Planorbis carinatus*, *Valvata pulchella*, *Gyraulus* sp., *Turbonilla acuta*, *Rissoa marginata*, *Hydrobia acuta*, *Hydrobia ventrosa*, *Bittium reticulatum*, *Bittium latreilli*, *Bittium* sp., *Rissoa* sp., *Caecum* sp. Bivalvia sınıfına ait; *Cerastoderma edule*, *Abra segmentum*, *Abra* sp., *Tellina* sp., *Mytilaster solidus*, *Mytilaster* sp., *Modiolula* sp., *Lentidium mediterraneum*, *Pitar rudis*, *Spisula solida*, *Spisula* sp., *Mercenaria* sp., *Mercenaria mercenaria*, *Donax* sp., *Donax trunculus*, *Donax variegatus*, *Atlanta* sp., *Chlamys* sp., olmak üzere 23 cins, 16 tür tanımlanmıştır. Sedimentolojik verilerin ve mollusk içeren seviyelerde tanımlanan türlerin paleoortamsal-paleoekolojik özellikleri incelendiğinde, 21 metrelik Ece Havzası karotu tabandan itibaren kavkısız, demiroksitli sertleşmiş muhtemel bataklık ortamını gösteren kırmızımsı renkli killi seviye ile başlamaktadır. Akıntı hızı yüksek akarsu ortamını ifade eden açık kahverengi kavkısız, polijenik, kötü boylanmalı çakıllı, çamurlu kum ve akıntı hızının nispeten düştüğü akarsu ortamını gösteren çakıllı, kumlu çamur seviyesiyle devam etmektedir. Bu seviyede ara ara organik materyal gözlenmesi ortamdaki suların sığlaştığı bataklık ortamlarını belirtir. Kahverengi kırıntılı malzemenin üzerine tabandan lagün acı su ortamını gösteren *Cerastoderma edule* kavkılı koyu gri renkli tutturulmuş çamurlu seviye ile başlar, kavkısız neredeyse çakılların hiç gözlenmediği ortamın derinleşmesini ifade eden tutturulmuş çamur ile devam eder. Üzerine nispeten ortamı yansıtan ve sayıca bol *Hydrobia acuta*, *Hydrobia ventrosa*, *Cerastoderma edule* gibi molluskleri içeren, lagünü yansıtan dağınık, çakıllı, organik çamur gelmektedir. Üzerine saçınımlı az çakıllı organik killi tatlı su seviyesi gelmektedir. *Valvata pulchella* türünün bulunduğu çapraz katmanlanmalı siyah renkli organik laminalı kil-kahverengi çamur ardalanmalı seviye muhtemel gölün akarsularla beslenen bir tatlı su gölü olduğunu ifade etmektedir. Organik laminalı killi seviyelerde gözlenen *Planorbis carinatus*, *Gyraulus* sp gibi bitkilerle beslenen, durgun sığ ortamlarda ve bataklık

lıklarda yaşayan formların bulunduğu seviyeler ise, çok sığ kapalı bir göl ve ılıman koşulları işaret etmektedir. Ece Havzası'nın kuzeydoğusundaki iki karot aynı şekilde tabandan sert kırmızımsı kil, kahverengi kırıntılı akarsu çökelleri ile devam etmektedir. Fakat bu çökellerin üzerine Ece Havzası'ndan faunal ve litolojik olarak farklılık gösteren, *Bittium reticulatum*, *Bittium latreilli* gibi denizel tuzlu su ortamını ifade eden yeşilimsi, gri ince taneli çakıllı, farklı boyutlu kumlu seviye gelmektedir.

Önceki jeolojik çalışmalarda, tektonik kontrollü geliştiği düşünülen havzanın, bu çalışma ile, glasiyal östatik hareketlerin ve iklimle olan etkisi de belirlenmiştir. Günümüzde karasal-bataklik ortamı olan Ece Havzası ve Gümüşçay karotlarını karşılaştırdığımızda; Kuvaterner'de muhtemel glasiyal östatik hareketlerle, buzulların eridiği sıcak dönemdeki lagün, denizin ilerlemesini sonucunda tatlı-tuzlu suyun karışımıyla oluşmuştur. Sıcaklığın nispeten düştüğü iklimle denizin çekilmesi, havzanın üst seviyesindeki tatlı gölü oluşturmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Ece Havzası, Kuvaterner, mollusca faunası, paleortam, paleoekoloji

**Abstract:** Ece Lake locating in Çanakkale is a 9 km<sup>2</sup> old lake, which is dried for farming. In this study, sedimentary units and their environmental differences were determined. The paleo-environment and paleoecology of the basin were studied with the fauna and sedimentological characteristics of the basin.

Ece Basin 35T05178024463694 coordinates of our main work, 21-meters of cores and work to help the study of two soundings made in Gümüşçay; Gastropoda class of Mollusca branch; Graecoanatica anatolica, Planorbis carinatus, Valvata pulchella, Turbonilla acuta, Rissoa marginata, Hydrobia acuta, Hydrobia ventrosa, Bittium reticulatum, Bittium latreilli, Bivalvia class; Cerastoderma edule, Abra segmentum, Mytilaster solidus, Lentidium mediterraneum, Pitar rudis, Spisula solida, Mercenaria mercenaria 23 species, including Donax variegatus, Were identified in 16 species. When the paleoenvironmental-paleoecological properties of the sedimentological data and the species identified in the mollusca levels are examined, Ece core starts with a reddish-colored clayey level showing uncontrolled, hardened marsh. The flow rate continues with the pebbly, sandy sludge level showing the stream environment where the stream flow is relatively low, where the flow velocity is relatively low. At this level, occasional organic material indicates the swampy where the shallow water. Cerastoderma edule, which shows the lagoon on the brown-detrital material, starts with the muddy level attached to the dark-gray colored. It continues with pinned mud, which indicates the deepening of the environment where the pebbles are not observed at all. On the other hand, there are scattered, gravelly, organic mud that reflects the lagoon such as Cerastoderma edule, which are relatively shallow. There is a scattered less pebbly clay water level. The black-colored laminated clay-brown mud alternation with cross-layered laminated Valvata pulchella species indicates that the lake is a freshwater fed by streams. The levels in which the forms found in sluggish shallow and marshes are fed by plants such as Planorbis carinatus observed at organic-laminated clayey levels, indicating a very shallow lake and temperate conditions. The two cores in the northeast of the basin continue in the same way with hard reddish clay, brown-clastic sediments. However, these sediments are characterized by fauna and lithological differences from the basin, which are greenish-gray fine grained sandy levels, which represent the marine

such as *Bittium reticulatum*

In the previous geological studies, the tectonically controlled basin, which was thought to have developed tectonic control, was also determined by glacial-eustatic-movements and climate. When we compare Basin and Gümüşçay cores with terrestrial-marsh environment; In the Quaternary, with a possible glacial-eustatic-movement, the lagoon in which the glaciers melted, was formed by the mixture of sweet and salt water as a result of the progress of the sea. With the climate where the temperature is relatively low, the sea has been drawn, forming the sweet lake at the upper level of the basin.

**Keywords:** Ece Basin, Quaternary, mollusca fauna, paleoenvironment, paleoecology





## **Nummulites Türlerini Tanımlamada Kullanılan Bir Veritabanı Programı**

### *A Database Program to Identify Nummulites Species*

**Ali Deveciler, Sinan Akıska**

*Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 06830, Gölbaşı,  
Ankara*

*(akiska@eng.ankara.edu.tr)*

**Öz:** *Nummulites* Lamarck, 1801 en çok çalışılmış, karakteristik Foraminiferida cinslerinden biri olup tür tanımlarının doğru yapılabilmesi, Paleojen dönemindeki litostratigrafik birimlerin yaşlarının doğru saptanması açısından çok önemlidir. Bu cinsin çok fazla türünün olmasından dolayı, doğru tanımlarının yapılması zaman almaktadır. Bu amaçla hazırlanan veritabanı programı, paleontologların *Nummulites* türlerini ayırtlamasını kolaylaştırmak için yapılmış bir araçtır. 138 *Nummulites* türünün tanımlanması için, Visual Basic ve Java (Eclipse) ile yazılmış olan bu program, Windows ve Android işletim sistemleri ile uyumludur. Granül, kavkı şekli, ortalama çap, bölme izleri, ergin evredeki bölme şekli, yükseklik-genişlik oranı ve merkezi sütun gibi önemli tür özellikleri veri tabanına girilmiştir. Birçok kaynağın taranmasıyla yapılabilen *Nummulites* tür tayinleri bu program yardımıyla daha kolay tanımlanır hale gelecektir. Programın kaynak kodu açıktır ve hem kaynak kod hem de veri tabanında değişiklik yapılabilir. Bu çalışmada kullanılan morfolojik veriler ilgili literatürden alınmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Foraminifera, *Nummulites*, Paleojen, tanımlama anahtarı, veritabanı, Android, Visual Basic

**Abstract:** *Nummulites* Lamarck, 1801 is one of the most well-studied and characteristic Foraminiferida genus. Therefore, making correct descriptions of the specimens amongst this large group of the species is very important in deciding the age of the litostratigraphic units in Paleogene. Due to the numerous species of this genus, it takes time to make correct definition. Thus, this database program is a tool to differentiate the *Nummulites* species easier for paleontologists. This program, which is compatible with both Windows and Android operating systems, is an identification key for the microspheric generation for 138 *Nummulites* species written in Visual Basic and Java (Eclipse), respectively. Important physical properties for definition of the species such as granulation, shape of test, average radius, septal filaments, shape of septa at adult stage, H-L ratio, and central knob have been entered into the database. Where before, it was necessary to scan much literature for the identification of *Nummulites* species, it has become simpler with the help of this program. The source code of the program is available, and modifications can be made to both the source code and the database. The morphologic data used in this study has been taken from essential literature.

**Keywords:** Foraminifera, *Nummulites*, Paleogene, identification key, database, Android, Visual Basic.



## Aksu Havzasına ve Likya Önülke Havzasının Gömbe Kesimine Ait Miyosen Bentik Foraminifer Faunası (Turkey)

*Miocene Benthic Foraminiferal Fauna of Aksu Basin and Gömbe Sector of  
Lycian Foreland Basin (Türkiye)*

Fatih Seçkin Şiş<sup>1</sup>, Tanja Kouwenhoven<sup>2</sup>, Nuretdin Kaymakçı<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ODTÜ, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 06800, Ankara, Türkiye

<sup>2</sup>Universiteit Utrecht, Budapestlaan 4, 3584 CD Utrecht, the Netherland  
(seckin.sis@metu.edu.tr)

**Öz:** Geç Senozoyik Antalya Havzası ve Likya Önülke Havzası, Isparta Büklümü içerisindeki Batı Toroslar Mesozoyik otkton karbonat platformunun üzerinde uyumsuz olarak gelişmiştir. Aksu Havzası, Antalya Havzasının bir alt-havzası olarak, Isparta Büklümü'nün iç kısmında gelişmiş olup doğuda Aksu Fayı ile karakterize olmuştur. Gömbe Isparta Büklümü'nün batı kanadında yer alan Likya Önülke Havzasının bir kesimidir. Örnekler bu havzalara ait Miyosen çökellerinden derlenmiş ve bu örneklerin bentik foraminifer içeriği paleoortamsal çözümleme için analiz edilmiştir; bu çalışmada 20 bentik foraminifer taksa tespit edilmiştir. Örneklerin bazıları anoksik ortamı işaret eden *Bolivina*, *Bulimina* ve *Globobulimina* cinslerince baskındır. Bu ortamlarda epifaunal bentik türlerin bulunması zordur. Diğer yandan, oksik ortamları işaret eden epifaunal bentik foraminifer açısından baskın örneklerde *Cibicides* cinsine ait türler yoğunluk göstermektedir. Bu araştırma TÜBİTAK (Proje No: 111Y239) tarafından desteklenmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Bentik foraminifer, paleoortam, Gömbe Havzası, Aksu Havzası

**Abstract:** The Late Cenozoic Antalya Basin and Lycian Foreland Basin, within the Isparta Angle, unconformably developed on Mesozoic autochthonous carbonate platforms in the western Taurides. The Aksu Basin, one of the sub-basin of the Antalya Basin, developed in the mid part of the Isparta Angle, characterized by the Aksu Thrust in the east. Gömbe is a part of Lycian Foreland Basin which is located at the western limb of the Isparta Angle. Samples were collected from Miocene deposits of these basins and their benthic foraminifera content was analyzed for paleoenvironmental reconstruction; 20 benthic foraminifera taxa were identified within this study. Some of the samples were dominated by genera *Bolivina*, *Bulimina* and *Globobulimina*, which indicate anoxic environments. It is hard to find epifaunal benthic species in these environments. On the contrary, the samples dominated by epifaunal benthic foraminifera indicating oxic environments, contains mostly species belonging to genus *Cibicides*. This research is supported by The Scientific and Technological Research Council of Turkey (TUBITAK – Grant Number: 111Y239).

**Keywords:** Benthic foraminifera, paleoenvironment, Gömbe Basin, Aksu Basin



**PALİNOLOJİ VE PALEO İKLİM / *PALYNOLOGY AND PALEOCLIMATE RESEARCH***

Funda AKGÜN - Zühtü BATI - Dimiter IVANOV - Torsten UTESCHER

Mine S. KAYSERİ ÖZER

---

***Sözlü Sunumlar/Oral Presentations***

***ÖZ/ABSTRACT***





## Amasra-Bartın Vestfaliyen C Yaşlı Kömür Damarlarının Paleopalinojistik İncelemesi (Zonguldak-Amasra Havzası, KB Anadolu)

*The Palaeopalynological Investigation of Westphalian C Coal Seams In  
Amasra-Bartın (Zonguldak-Amasra Basin, NW Anatolia)*

**Çağrı Yılmaz**

*Hattat Enerji ve Maden Tic. A.Ş. Kum Mah. Karaevler Sok. No: 27A/0 Amasra / Bartın  
(ceksi80@gmail.com)*

**Öz:** Taşkömürü sahası olması nedeniyle Zonguldak ve çevresi 19. yüzyıldan bu yana çok sayıda jeolojik incelemeye konu olmuştur. Zonguldak-Amasra taşkömürü havzası, İstanbul Zonu içinde, batıda Çatalca' dan başlayarak, doğuda Azdavay' a kadar uzanan, güneyde ise İntra-Pontid suture ile sınırlı bir alanı kapsar. En belirgin özelliği, Siluriyen-Karbonifer yaşlı, metamorfik olmayan, oldukça kalın çökeller ve Karbonifer yaşlı taşkömürü kapsamıdır. Zonguldak havzasında kömürlü Karbonifer oluşum sırasına göre Alacaağzı Formasyonu (Namuriyen), Kozlu Formasyonu (Vestfaliyen A) ve Karadon Formasyonu (Vestfaliyen C)' ndan oluşur. Alacaağzı Formasyonu ince kömür damarlarından oluşurken, Kozlu ve Karadon Formasyonu ise daha bol işletilebilir kömür damarlarına sahiptir. Amasra havzasında Kozlu Formasyonu 925 metre kalınlıkta olup, üretilebilir 18 damarı varken, Karadon Formasyonu ise 550 metre kalınlıkta ve üretilebilir 13 damarı vardır. Bunlardan Amasra havzasında Karadon Formasyonu' a ait dört damar işletilmektedir.

Bu çalışmada, Bartın-Amasra taşkömürü sahasının içerisinde Üst Karbonifer (Vestfaliyen C) Karadon Formasyon' unda Tavan, Kalın ve Taşlı olarak adlandırılmış işletilebilir kömür damarlarının paleopalinojistik içerikleri incelenmiştir. Bu kapsamda, bölgede 2013-2014 yılları arasında özel bir şirketin rezerv arama amaçlı açmış olduğu Hema 83 ve Hema 98 karotlu iki sondajdan derlenen örnekler çalışılmıştır. Tavan, Kalın ve Taşlı damarlarının palinojistik incelemesinde üç damarda da Punctatosporites sp. (Monolet spor) cinsinin maksimum bollukta (>%15) olduğu, Tavan damarında Laevigatosporites sp. ve Torispora sp. (Monolet spor) cinslerinin, Kalın damarda Florinites sp. ve Taşlı damarında Densosporites sp., Lycospora sp. (Trilet spor) ve Torispora sp. cinslerinin >%10 bollukla bulunduğu belirlenmiştir. Üç damarda da Crassispora kosankei, Lycospora sp., Punctatosporites sp., Laevigatosporites sp., Torispora sp. ve Florinites sp. cinsleri >%5 bolluk göstermektedir. Ayrıca Tavan damarda, Lycospora ve Densosporites sporlarının <%20 ve Lycospora sp. sporu Densosporites sp. sporundan >%1-8 bulunduğu ayır edilmiştir. Maksimum Torispora sp. değeri (%18,5 ve %16,2) sadece Tavan damarının ilk 1 metrelik kısmında gözlemlenmiştir. Kalın damarda Lycospora ve Densosporites sporlarının <%20 olduğu ve Densosporites sp. sporunun Lycospora sp. sporundan >%2,5-3 bulunduğu belirlenmiştir. Taşlı damarda ise Lycospora ve Densosporites sporlarının benzer oranlarda ve >%20 bulunduğu saptanmıştır. Cyclogranulatisporites sp. ve Granulatisporites sp. sporları Taşlı ve Kalın damarda benzer yüzdelerle ve Tavan damara göre daha yüksek bollukla tanımlanmaktadır. Diğer düşük yüzdeli cinsler her üç damar içinde benzer oranlarda varlık ve bolluk göstermektedir. Cins bazında incelenen örnekler içerisinde varlığı ve/veya bolluğu

ile ayırt edilebilecek her hangi bir kılavuz cins belirlenememiştir. İncelenen sondaj sayısının artırılması ve/veya tür bazında inceleme yapılması kılavuz oluşturabilecek bilgi sağlayabilir.

Bu çalışma ile Amasra Taşkömürü Havzası'nda (KB Anadolu) açılmış karotlu iki sondaj verisi baz alınarak ve ayrıca sondaj karot kayıpları, örnek alımı ve hazırlamadaki muhtemel hata payları da gözönüne alınarak Vestfaliyen C yaşlı Tavan, Kalın ve Taşlı damarlarının palinolojik olarak cins düzeyinde benzerlik ve farklılıkları ortaya konulmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Amasra taşkömürü, kalın damarı, paleopalinoloji, taşlı damarı, tavan damarı, Vestfaliyen C

**Abstract:** Zonguldak and its surroundings have been the subject of many geological researches since the 19<sup>th</sup> century, for being a bituminous coal basin. The Zonguldak-Amasra bituminous coal basin is situated within the İstanbul Zone and covers an area bounded by Çatalca on the west, Azdavay in east and Intra-Pontid suture in south. The most evident feature of this basin is the presence of Silurian-Carboniferous aged non-metamorphic and rather thick sediments and Carboniferous aged bituminous coal. The Carboniferous is composed of Alacağzı Formation (Namurian), Kozlu Formation (Westphalian A) and Karadon Formation (Westphalian C) in the order of occurrence. Alacağzı Formation bears thin coal seams while Kozlu and Karadon Formations contain more extractable coal seams. Kozlu Formation is 925 meters in thickness and has 18 mineable coal seams, while Karadon Formation is 550 meters thickness and has 13 mineable coal seams, 4 of which are now being produced in Amasra basin.

In this study, the palaeopalinological content of mineable coals seams, that had been named as Tavan, Kalın and Taşlı in Upper Carboniferous (Westphalian C) Karadon Formation, is researched in Amasra-Bartın bituminous coal basin. In this context, coal samples, which were taken from two cored boreholes (called as Hema 83 and Hema 98) drilled for exploration purpose in 2013-2014 by a private company in Amasra basin, are investigated. According to the results of this palaeopalinological study, it is noted that; the *Punctatosporites* sp. (Monolet spore) is the dominant genus with >15% abundancy for all three seams and that; the abundances are appears to be >10% for *Laevigatosporites* sp. and *Torispora* sp. (Monolet spore) in Tavan, for *Florinites* sp. in Kalın and *Densosporites* sp., *Lycospora* sp. and *Torispora* sp. genuses in Taşlı. It is also noted that the abundancies of *Crassispora kosankei*, *Lycospora* sp., *Punctatosporites* sp., *Laevigatosporites* sp., *Torispora* sp. and *Florinites* sp. are >5% for three all seams. Also, particular to Tavan, it is recognised that abundancies of *Lycospora* and *Densosporites* genuses are <20% and that, *Lycospora* sp. are more abundant than *Densosporites* sp. in the rate of 1-8%. The maximum percentage of *Torispora* sp. is observed only upper part (initial 1 m) of the Tavan seam (18.5%and 16.2%). For Kalın; it is noted *Lycospora* and *Densosporites* are <20% and *Densosporites* sp. is > 2.5-5% than *Lycospora* sp.. As identifying that *Lycospora* and *Densosporites* exist in uniform percentages and are >20% in Taşlı. The genus *Cyclogranulatisporites* sp. and *Granulatisporites* sp. are uniform in Taşlı and Kalın and also their percentages are noted bigger than Tavan. All other secondary low percentage generas are present in uniform proportions of presence and abundance in all three seams. Due to the studying genus, it could not identified any quide spore for distinguish by using its presence and/or abundance of spore in these samples. Investigating further borehole samples and/or counting the spores to

a level of species can provide an indication to be considered a guide.

In this study, palynological similarities and dissimilarities to a level of genus of Westphalian C aged seams (Tavan, Kalın, Taşlı) are presented based on the data obtained from two cored boreholes, drilled in Amasra bituminous coal basin (NW Anatolia), also considering core loss and other possible errors that may occur during sample preparation process.

**Keywords:** Amasra bituminous coal, kalın seam, palaeopalynology, tavan seam, taşlı seam, Westphalian C





## Geç Lütésiyyen- Erken Bartoniyen (Orta Eosen) Yaşlı Mengen Havzası'nın (Bolu) Palinomorf, Ostrakod ve Foraminifer İçerikleri

*Palynomorph, Ostracod and Foraminifer Contents of Late Lutetian-Early Bartonian (Middle Eocene) Mengen Basin (Bolu)*

S. Duygu Durak<sup>1</sup>, M. Serkan Akkiraz<sup>1</sup>, Atike Nazik<sup>2</sup>, Nazire Özgen-Erdem<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Dumlupınar Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 43270, Merkez, Kütahya

<sup>2</sup>Çukurova Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 01330, Sarıçam, Adana

<sup>3</sup>Cumhuriyet Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 58140, Sivas

(duygu.ucbas@dpu.edu.tr)

**Öz:** Bu çalışma, Mengen Havzası'ndaki geç Lütésiyyen-erken Bartoniyen yaşlı Tokmaklar Formasyonu'nun sporomorf, ostrakod ve foraminifer içeriklerini sunmaktadır. Çalışılan istifler, kapalı ocaklardaki kesitlerden ve Türkiye Kömür İşletmeleri'nin (TKİ) yapmış olduğu sondaj karotlarından elde edilmiştir. Havzadaki Eosen istifi Tokmaklar Formasyonu olarak bilinmektedir. Formasyon Paleozoyik-Mezozoyik yaşlı temel kayaların üzerinde uyumsuz olarak yer almaktadır. İstif altta baskın olarak linyit ve organik şeyl aralanmasından oluşmaktadır. Üste doğru ise kiltaş ve kireçtaş baskın hale gelir. Formasyon, zengin bentik foraminifer ve ostrakod içermesine karşılık, sporomorf bolluğu çok düşüktür.

Bu çalışmada, 122 adet palinomorf örneği, 94 adet ostrakod örneği ve 64 adet de foraminifer örneği incelenmiştir. Karotun alt düzeylerinden toplanan örneklerin sporomorf içermediği gözlenmiştir. Yer altı işletmelerinde, sondajın alt düzeylerine karşılık gelen bölümlerden alınan örnekler ise sporomorflar bakımından verimlidir. Linyitli bölümlerin sporomorf topluluğu *Leiotriletes microadriennis*, *Leiotriletes maxoides maxoides*, *Leiotriletes* spp., *Echinatisporites longechinus*, *Monocolpopollenites crassixinus*, *Pityosporites* spp. cins ve türlerinden oluşmaktadır. TKİ sondajında kesilen kömürün üst bölümünden yoğun bir dinoflagellat topluluğu elde edilmiştir. Karotun alt düzeylerinde tanımlanan *Virgatocypris grisyyensis* ostrakodu türü oligohalin ortamı simgelemektedir. İstifin, linyit içerikli düzeylerinin üstüne gelen bölümde ise, ağırlıklı olarak *Cytherella triestina*, *Eopaijenborchella longicosta*, *Thracella bartonensis* ve *Xestoleberis subglobosa* cins ve türlerinden oluşan ostrakod topluluğu ile planktonik foraminiferler tanımlanmıştır. Ayrıca bu düzeyler yoğun bentik foraminifer de içermektedir. Toplanan tane örneklerinde *Assilina exponens*, *Assilina? spira*, *Nummulites preatricus* ve *Nummulites perforatus* formları ayırt edilmiştir. Tüm veriler değerlendirildiğinde çökelinin geç Lütésiyyen-erken Bartoniyen aralığında tropikal koşullarda giderek derinleşen bir ortamda gerçekleştiği söylenebilir. Bu çalışma Dumlupınar Üniversitesi 2015-79 numaralı Bilimsel Araştırma Projeleri tarafından desteklenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Bartoniyen, foraminifer, Lütésiyyen, Mengen, ostrakod, palinoloji.

**Abstract:** This study represents sporomorph, ostracod and foraminifer contents of the late

Lutetian-early Bartonian Tokmaklar Formation in the Mengen Basin. The sequences studied were obtained from the sections of underground mining and a core drilled by Turkey Coal Enterprises (TCE). The Eocene sequence, which is known as the Tokmaklar Formation, unconformably overlies the Paleozoic-Mesozoic basement rocks. The sequence consists mainly of lignite and organic shale alternation at the bottom. Claystone and limestone become dominant towards to top. Though the formation involves very rich benthic foraminifera and ostracod assemblages, sporomorphs are in low percentages.

In this study, 122 samples for palynomorphs, 94 samples for ostracods and 64 samples for foraminifers were examined. The samples from the lower part of the core were observed to be barren of sporomorph. In the underground minings, the samples from the sections corresponding to the lower levels of the core are productive in terms of sporomorph. Sporomorph assemblage of lignite-bearing levels is composed of *Leiotriletes microadriennis*, *Leiotriletes maxoides maxoides*, *Leiotriletes* spp., *Echinatisporites longechinus*, *Monocolpopollenites crassiexinus* and *Pityosporites* spp. An intense dinoflagellate association was determined from the upper part of the coaly levels derived from the borehole of TCE. An ostracod species *Virgatocypris grisensis*, which was determined from the lower levels of the core, represents the oligohaline environment. *Cytherella triestina*, *Eopaijenborchella longicosta*, *Thracella bartonensis* and *Xestoleberis subglobosa* forms are available within the sequence overlying the lignite-bearing levels, which include the assemblages of planktonic and benthic foraminifera. *Assilina exponens*, *Assilina ? spira*, *Nummulites preatricus* and *Nummulites perforatus* forms were distinguished from the grain samples.

When all data are evaluated, we can say that the sedimentation took place during the late Lutetian-early Bartonian under tropical conditions and in a gradually deepening environment. This study was supported by a Scientific Research Project of Dumlupınar University (grant code 2015-79).

**Keywords:** Bartonian, foraminifer, Lutetian, Mengen, ostracod, palynology.



## Erçek Gölü'nün (Doğu Anadolu, Türkiye) Son 2000 Yıllık Paleoklim ve Paleovejetasyon Değişimleri ve İnsan Etkisi: Ön Bulgular

### *Paleoclimate and Paleovegetation Changes and Human Impact of Lake Erçek (Eastern Anatolia, Turkey) During Last 2000 Years: Preliminary Findings*

**Güldem Kamar**

*Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Tuşba/VAN)*  
(guldemkamar@yyu.edu.tr)

**Öz:** Erçek Gölü, deniz seviyesinden yaklaşık 1815 m yükseklikte ve Van Gölü'nün doğusunda konumlanan sodalı bir göldür. Bu gölün, Van Gölü'nden daha küçük oluşu ve bu nedenle küçük ölçekli iklim ve/veya ortam değişimlerinden daha kolay etkilenebileceği göz önünde bulundurularak, Erçek Gölü çökelleri son 2000 yıllık paleoklim, paleovejetasyon ve insan etkisi açısından incelenmiştir. Bu amaç doğrultusunda, göl çökelleri gravite karotiyer kullanılarak örneklenmiştir. İncelenen göl çökelleri, stratigrafik olarak ritmik laminalı çökeller ile masif tabakaları içermektedir. Deforme olmamış bu laminalı çökeller palinolojik olarak 5 cm' de bir örneklenmiş, standart palinolojik örnek hazırlama yöntemine göre hazırlanmış ve her örnekte en az 450 adet polen sayımı yapılmıştır. Polen diyagramları nonarboreal polen yüzdesinin arboreal polen yüzdesinden fazla olduğu bir profil sunmaktadır. Step vejetasyonunun hakim olduğu son 2 bin yıllık süreçte Juglans, Quercus, Chenopodiaceae, Artemisia, Poaceae paleofloranın ana elemanlarını oluşturmuştur. Bu polenlerin polen diyagramı boyunca değişimleri, son 2 bin yıllık süreçte küçük ölçekli iklim değişimleri ile artan insan etkisine işaret etmektedir.

Bu çalışma Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından desteklenmiştir (MİM-B075 nolu proje).

**Anahtar Kelimeler:** Erçek Gölü, Holosen, palinoloji, paleoklim, insan etkisi.

**Abstract:** Lake Erçek, a soda lake, is located at the eastern part of Lake Van with about 1815 m high above sea level. Considering that this lake is smaller than Lake Van and therefore can be easily affected by small scale climate and / or environment changes, the sediments of Lake Erçek have been investigated for the last 2000 years in terms of paleoclimate, paleovegetation and human impact. For this purpose, lake sediments were sampled using gravity corer. The investigated lake deposits contain stratigraphically rhythmic laminated sediments and massive layers. Undeformed laminated deposits were sampled at 5 cm intervals, prepared according to the standard palynological sample preparation procedure and at least 450 pollen grains were counted in each sample. Pollen diagrams offer a profile in which the percentage of nonarboreal pollen amount is greater than the percentage of arboreal pollen grains. Steppe vegetation has dominated during the last 2 ka years and Juglans, Quercus, Chenopodiaceae, Artemisia, Poa-

ceae plants were the main elements of paleoflora. Change of the curves of those pollen grains along the pollen diagram point out the increasing human impact with the small-scale climate changes over the last two thousand years.

This study supported by Scientific Research Projects Coordination Unit of Yüzüncü Yıl University (MİM-B075 numbered Project).

**Keywords:** Lake Erçek, Holocene, palynology, paleoclimate, human impact.



**SEDİMANTOLOJİ VE SEDİMANTER SÜREÇLER**  
***SEDIMENTOLOGY AND SEDIMENTARY PROCESSES***

Ülvi Can ÜNLÜGENÇ - Faruk OCAKOĞLU - Ezher TAGLIASACCHI - Enrico CAPEZZUOLI

---

***Sözlü Sunumlar/Oral Presentations***

---

***ÖZ/ABSTRACT***





## Van Gölü Doğusunda (Doğu Anadolu) Yüzeyleyen Alt-Orta Eosen Yaşlı Kayaçların Sedimentolojik Özellikleri ve Çökelme Ortamları

*Sedimentological Features and Depositional Environments of the Lower-Middle Eocene Rocks Which Outcrop in the East of Lake Van (Eastern Anatolia)*

Dyar Azad Omar<sup>1</sup>, Türker Yakupoğlu<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Van

<sup>2</sup>Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Van  
(turkery@yyu.edu.tr)

**Öz:** Van Gölü'nün doğusunda ve Van şehir merkezinin kuzeyinde sedimanter kayaçlar geniş bir alanda yüzeylemektedir. Bu kırıntılı ve karbonatlı kayaçların yaşları Paleozoyik'ten Kuvaterner'e kadar değişmektedir. Bu çalışmada, önceki araştırmalarda Alt-Orta Eosen yaşı verilmiş olan karbonatlı kayaçlar çalışılmıştır. Çalışma alanı, Van ili Tuşba ilçesinde 1/25.000 ölçekli Van K50-c3 ve c4 topoğrafik paftaları içinde yer almaktadır. Yaklaşık 80 km<sup>2</sup>lik bu alanda Çobanoğlu ve Alabayır köyleri başlıca yerleşim yerleridir. Saha çalışmaları sürecinde Alt-Orta Eosen yaşlı kayaçların en iyi gözleendiği lokasyonlarda 3 stratigrafi kesiti ölçülmüş, sedimentolojik özellikleri kaydedilmiş ve analiz çalışmaları için toplam 65 örnek alınmıştır. Laboratuvar çalışmalarında bu 65 örneğin ince kesitleri yaptırılarak incelenmiştir. Çalışılan örneklerin bileşenleri belirlenerek, karbonatlı kayaçlar sınıflandırılmıştır. Kayaçların genellikle biyomikrit olduğu görülmüştür. Karbonatlı kayaç örneklerinin fasiyes özelliklerine göre 5 farklı mikrofasiyes tanımlanmıştır. Bunlar; 1) *Globigerina* ve *Acarinina*'lı vaketaşı mikrofasiyesi, 2) *Globigerina* ve *Acarinina*'lı vaketaşı-istiftaşı mikrofasiyesi, 3) *Globigerina* ve *Acarinina*'lı istiftaşı-tanetaşı mikrofasiyesi, 4) *Miliolidae* ve Kırmızı Algli tanetaşı mikrofasiyesi, 5) *Nummulites* ve Kırmızı Algli istiftaşı mikrofasiyesidir. Bu mikrofasiyesler, Alt-Orta Eosen yaşlı karbonatlı kayaçların şelf lagününden derin denize kadar değişen ortamlarda oluştuğunu göstermektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Alt-Orta Eosen, Doğu Anadolu, Mikrofasiyes, Şelf, Van.

**Abstract:** Sedimentary rocks are widely exposed to a large area in the east of Lake Van and north of Van city center. The ages of these clastic and carbonate rocks range from Palaeozoic to Quaternary. In this study, the carbonate rocks which were considered as Lower-Middle Eocene in age in previous studies were investigated. The study area locates in the Tuşba district of Van Province and take part within 1/25.000 scale Van K50-c3 and c4 topographical sheets. Çobanoğlu and Alabayır villages are the main settlements in the study area which covers approximately 80 km<sup>2</sup>. During the fieldwork, 3 stratigraphic sections were measured from the locations where the Lower-Middle Eocene rocks were very well observed and the sedimentological features were recorded and a total of 65 samples were taken. Observable sedimentological properties were recorded and a total of 65 samples were taken for analysis.



In the course of the laboratory work, 65 thin sections were prepared and examined. The components of the studied rock samples were determined and the carbonate rocks were classified. The rocks are generally biomicrite. According to the characteristics of carbonate rock samples 5 microfacies were determined. These are; 1) Wackestone with *Globigerina* and *Acarinina* microfacies, 2) Wackestone-Packstone with *Globigerina* and *Acarinina* microfacies, 3) Packstone-Grainstone with *Globigerina* and *Acarinina* microfacies. 4) Grainstone with *Milioliidae* and Red Algae microfacies. 5) Packstone with *Nummulites* and Red Algae microfacies. These microfacies indicate that Lower-Middle Eocene rocks were formed in depositional environments ranging from shelf lagoon to deep marine.

**Keywords:** Carbonate rocks, Eastern Anatolia, lower-middle Eocene, microfacies, shelf, Van.



## Yazihan Güneybatısında (KB Malatya) Yüzeyleyen Lütesiyen - Priaboniyen (Orta-Geç Eosen) Yaşlı Çökellerin Elementer Analizi

*Elementary Analysis of Lutetian - Priabonian (Middle-Late Eocene) Aged Overlying Sediments at Southwest of Yazihan (NW Malatya)*

Sefer Örçen<sup>1</sup>, Sibel İzgi<sup>2</sup>, Dursun Acar<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Van Yüzcüncü yıl Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü

<sup>2</sup>Van Yüzcüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü

<sup>3</sup>İTÜ EMCOL Maslak (Sarıyer, İstanbul)

(sorcen@yyu.edu.tr)

**Öz:** Bu çalışmada, Yazihan güneybatısı (KB Malatya) Aşağıköy mevkinde yüzlek veren çökellerin ölçülü stratigrafisine ait ince kesitler incelenmiştir. Lütesiyen-Priaboniyen (Orta-Geç Eosen) yaşlı karbonatlı çökelleri kapsayan istif, transgresif özelliktedir. Bu birimlerden alınan örneklerin ince kesitleri üzerinden XRF element analizlerinin yapılabilirliği ve yorumlanabilirliği sınanmıştır. Bunlar yapılırken, ince kesit aşındırıcı ve inceltici malzemelerin elementsel kirlenmesi göz önünde bulundurulmuştur. Bunun için ince kesit yapımı sırasında kullanılan suyun kolay uzaklaştırılabileceği Mangan (Mn) referans alınmıştır. Sonuçlardan, ince kesit hazırlama sırasında kirlenmenin olmadığı anlaşılmaktadır. Ayrıca, kırıntılı girdi elementleri olan Titanyum (Ti) Demir (Fe) Potasyum (K) ve Mangan (Mn)'in transgresif geçişlerin belli dönemlerinde artıp azalan değerler verdiği gözlenmiştir. Sayım grafikleri dar üçgen şeklinde yaşlıdan genç istife doğru devamlılık göstermektedir. Zirkon (Zr) ise her hangi bir ipucu teşkil edecek özellikte anomali vermemiştir. Stronsiyum (Sr), Kalay (Sn) ve Nubidyum (Nb) kireçtaşlarında daha fazla birikmiştir. Stronsiyum (Sr)'un fosil kavkı kabuklarında da ayrıca birikmiş olabileceği düşünülmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Lütesiyen-Priaboniyen, KB Malatya, transgresyon, XRF.

**Abstract:** In this study, the thin sections of the measured stratigraphy of the sedimentary unites in the southwest of Yazihan (Malatya) were examined. The sequence including Lutetian-Priabonian (Middle-Late Eocene) age calcareous sediments in transgressive characters. Feasibility and interpretability of XRF elemental analyzes have been tested on thin sections. The elemental pollution of thin section preparation stage by abrasive and liquid cleaner materials was considered. For this purpose, Manganese (Mn), which can be easily removed by water used during the construction of thin sections, is taken as reference. It was understood after results that there is no contamination as non background high irregular counts from the thin section preparation. Titanium (Ti) Iron (Fe) Potassium (K) and Manganese (Mn), which are detrital input elements, show from high to decreasing values in certain periods of transgressive passages. Their counting charts show continuity in the form of narrow angle triangle as figure out from old to young. Zircon (Zr) did not give any kind of anomaly. Strontium (Sr), Tin (Sn) and Nubidium (Nb) are accumulated more in limestones. Strontium count evidence is coming from sediments and probably also its signals coming from as deposited Sr in fossil shells.

**Keywords:** Lutetian-Priabonian, NW Malatya, transgression, XRF.



## Boğulan ve Yeniden Doğan Platform-Yokuş Tipi Karbonatlar: Karabük Paleojen Havzasından Bir Örnek (Batı Karadeniz Bölgesi)

*Drowned and Rebirth of a Platform Type Carbonates: an Example from the Karabük Paleogene Basin (West Black Sea Region)*

**Erdoğan Tekin<sup>1</sup>, Baki Erdoğan Varol<sup>1</sup>, Erdal Herece<sup>2</sup>, Funda Akgün<sup>3</sup>,  
İbrahim Gündoğan<sup>3</sup>, Zehra Semra Karakaş<sup>1</sup>, Turhan Ayyıldız<sup>1</sup>, Elif Ahıska<sup>1</sup>,  
Muhammed Sami Us<sup>1,4</sup>, Mine Sezgül Kayseri Özer<sup>5</sup>**

<sup>1</sup>Ankara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Müh. Böl., Gölbaşı/Ankara

<sup>2</sup>M.T.A Genel Müdürlüğü, Üniversiteler Mahallesi, Çankaya/Ankara

<sup>3</sup>Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Müh. Böl., Tınaztepe/İzmir

<sup>4</sup>Munzur Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Müh. Böl., Tunceli

<sup>5</sup>Dokuz Eylül Üniversitesi, Deniz Bilimleri Araştırma ve Teknoloji Enstitüsü, İzmir

(tekin@eng.ankara.edu.tr)

**Öz:** Karabük Paleojen havzası; İzmir-Ankara-Erzincan kenet zonunun kuzeyinde, Sakarya Zonu ile İstanbul Zonunun geçişindeki İntra Pontid Kuşağı üzerinde K-G yönlü sıkışma rejimine bağlı olarak gelişen bir dağarası havzadır. Havza dolgusunu oluşturan Eosen-Oligosen yaşlı birimler, daha yaşlı temel kayalar üzerinde açılı uyumsuzdurlar. Bu çalışmaya konu olan karbonat istifi, altta Safranbolu Fm (Platform I) ve daha üstte ise Soğanlı Fm. (Platform II) ile temsil olunur. Platform I, temel kayalar veya kırmızı renkli akarsu çökelleri (Kışlaköy/Alkısarak Fm.) üzerine uyumsuzlukla gelir. Platform I’i teşkil eden Erken Eosen (Kuviziyen -“İpresiyen”-) yaşlı kireçtaşları (Safranbolu Fm) 150-200m. kalınlığında ve bol fosilli olup yaygın olarak kırmızı alg, bryozoa ve iri bentik fosilleri (nümmülit-alveolin-assilina-orbitolites) içerir. Kireçtaşlarındaki yumru/sedimanter budinaj yapı, platform I’in genel karakteristiğini oluşturur. Bu yumru/sedimanter budinaj yapı; büyük olasılıkla platformu etkileyen kısa periyodlu tektonik salınımlarla birlikte, hızlı deniz seviyesi düşmesine bağlı olarak artan gözenek suyu basıncı etkisinde gelişen erken diyajenetik deformasyon yapılarına (breşleşme, sıvılaşma, klastik dayklar gibi) bağlı olarak şekillenmiş olmalıdır. Havzada ilk karbonat çökelişini temsil eden bu platform oluşumu (Platform I; Safranbolu Fm.); başlangıçta küresel ölçekli “Paleosen-Eosen Maksimum Isınma” (PETM: Paleocene-Eocene Thermal Maximum) olayına bağlı olarak östatik deniz seviyesi yükselimi ile gelişen “yamaç/yokuş” tipi karbonat platformu” karakterindedir. Alt Eosen (Üst Kuviziyen)’den itibaren havzanın derinleşmesiyle birlikte silisiklastik çökeliş başlamıştır (Karabük Fm. Alt-Orta Eosen; Üst Kuviziyen-Alt Lütetiyen). Bu evrede Platform I, delta-türbidit birlikteliğinin silisiklastikleri tarafından boğularak sonlandırılmıştır. Bu deniz ilerlemesini takip eden deniz çekilmesinin son evresinde ise menderesli akarsu çökelleri (Çerçen Üyesi) depolanmıştır. Havzada regresif evreyi takip eden dönemde (Orta Eosen; Üst Lütetiyen)’de bölgesel ölçekli sıkışma tektoniği ve yine küresel ölçekli “Orta Eosen Klimatik Yükselimi” (MECO: Middle Eocene Climatic Optimum)’ne bağlı olarak gelişen östatik deniz seviyesi yükselimiyle birlikte yeniden ikinci karbonat platformu doğmuştur (Platform II; Soğanlı Fm.). Bu karbonat platformu (Soğanlı Fm.) 100-150m. kalın-

lığında olup, korunmalı kıyı bölümlerinde miliolid, orbitolites, rotalid, textularid, pelecypod, yeşil alg ve ostracod'lu karbonatlar çökelerken; kıyı-kıyıönü ortamlarında ise yoğun olarak kırmızı alg ve alveolin, ile seyrek nümmülit topluluğunu içeren bank tipi karbonatlar çökelmiştir. Platform üste doğru su seviyesinin ani düşüşüne bağlı olarak kısmen kapalı ortamsal koşulların egemen olduğu dolomitik kireçtaşlarına dönüşmüş ve atmosferik koşullardan etkilenmiştir. Bunun sonucunda platform II'nin en üstünde 5-10m. kalınlığında topraklaşma zonları gelişmiştir. Buna karşın platformun korunmuş iç bölümlerinde ise evaporit çökelişi gerçekleşerek ikinci karbonat platformu gelişimi sonlandırılmıştır.

Sonuç olarak; Paleojen Karabük Havzasındaki karbonat çökelişi, iki fazlı platform oluşumuyla sonuçlanmıştır. Bu farklılaşmayı kontrol eden ana faktör küresel ölçekli PETM ve ME-CO'ya bağlı paleoklimsel-östatik deniz seviyesi değişimleri, havzayı kontrol eden tektonizma ile silisiklastik malzeme getirimidir. Bu süreçte platformlar üzerinde göreceli olarak yükselen deniz seviyesi ve deniz suyunun sıcaklık değişimi mercan topluluklarının/resiflerin gelişimini büyük ölçüde önlemiştir. Bu nedenle, platformları sınırlayan resiflerin yokluğu ile birlikte kırmızı alg kolonileri ve iri bentik fosil "Foragal" topluluklarının teşkil ettiği bankların büyümesi bölgesel ölçekli karbonat yokuşların şekillenmesini denetlemiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Deniz seviyesi değişimleri, Paleojen Karabük havzası, paleoklimatoloji, Safranbolu ve Soğanlı karbonat platformları,

\*Bu çalışma TUBITAK-ÇAYDAG 116Y140 nolu proje tarafından desteklenmiştir.

\*\* Dr. Ercüment Sirel projenin arazi çalışmalarına katılmamış, yalnızca projenin Paleojen iri bentik foraminiferleri konusunda paleontolojik danışmanlığını yapmıştır.

**Abstract:** Karabük Paleogene basin is developed as intermontane in the north of the Izmir-Ankara-Erzincan suture zone, due to the N-S directional compressional regime on the Intra Pontide Belt that is located in the passage between Sakarya Zone and Istanbul Zone. The basin- fill Eocene-Oligocene unit unconformably overlies the older basement rocks, that is represented by two separate carbonate levels Safranbolu Fm (Platform I) at the bottom and Soğanlı Fm (Platform II) at the top. Platform I is unconformably underlain by basement rocks or red-colored sediments (Kışlaköy / Alkısarak Fm.). Platform I (Safranbolu Fm.), dated as the Early Eocene (Cuisian-“Ypresian”) have 150-200 m thickness and it is composed of red algae, bryozoa and coarse benthic fossils (nummulites-alveolina-assilina-orbitolites). Nodular levels and sedimentary boudinage structure are the general characteristic of the Platform I. This nodular/sedimentary boudinage structures are probably shaped by the early diagenetic deformations (breccia, liquefaction, clastic dykes, etc.) that develops induced by porewater overpressure during rapid sea level falls along with short period tectonic oscillations. The first carbonate sedimentation (Platform I; Safranbolu Fm.) is characterized by red algae and benthic foraminiferas dominated ramp type carbonate deposited during global scale eustatic sea level changes related to Paleocene-Eocene Thermal Maximum (PETM). With the deepening of the basin from the Upper Cuisian/Lower-Middle Eocene to Upper Cuisian-Lower Lutetian, siliciclastic sedimentation was dominated (Karabük Fm.). Consequently, delta-turbidite association caused carbonate platform drowning(Platform I). The deepening event was followed

by basin-wide regression represented by meandering alluvial deposits (Çerçen Member). In the following depositional stage (Middle Eocene; Upper Lutetian), second carbonate platform (Platform II; Soğanlı Fm.) was newly established by means of eustatic sea level changes and global scale Middle Eocene Climatic Optimum (MECO) together with compressional tectonic regime. This carbonate platform II (Soğanlı Fm.) has a thickness of 100-150m, in which miliolid, orbitolites, rotalid, textularia, pelecypod, green algae and ostracoda are deposited in the protected coastal area. Red algal colonies, alveolina and nummulites are intensively deposited in coastal-off-shoreline environments leading to formation of superimposed carbonate banks. The platform is upwardly transformed into dolomitic limestones dominated by partially closed environmental conditions due to sudden drop of water level. This shallowing period was affected by atmospheric conditions giving rise paleosol layers in the uppermost part (5-10 m) of the Platform II. While evaporite precipitation started to form in the preserved inner parts of the platform which ended the second carbonate platform (Platform II) phase. As a result, carbonate deposition in the Paleogene Karabük Basin results in a two-phase platform formation (Platform I and II). The main factors controlling this differentiation are paleoclimatic-eustatic sea level changes due to the global scale PETM and MECO, the development of the tectonics and siliciclastic material controlling the basin. In this process, the relatively high sea level on the platforms and the temperature change of sea water prevents the development of coral communities / reefs to a great extent. The absence of the coral communities resulted in the formation of non-rimmed carbonate platform / local ramps with banks, formed by clusters of red algae colonies and large benthic fossil “foralgal” communities

**Keywords:** Paleoclimatology, Paleogene Karabük basin, Safranbolu and Soğanlı carbonate platforms, sea level changes



## Kuvaterner Yaşlı Karasal Karbonat Çökelleri Üzerinde Sedimantolojik ve Paleontolojik Bulgular, Aktuluk (Tunceli) Doğu Türkiye

### *Sedimentological and Paleontological findings on Quaternary Continental Carbonates, Aktuluk (Tunceli), Eastern Turkey*

**Calibe Koç Taşgın<sup>1</sup>, Burcu Kaya<sup>1</sup>, Mehmet Özkul<sup>2</sup>, Bassam Ghaleb<sup>3</sup>,  
Atike Nazik<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>Fırat Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Elazığ, Türkiye

<sup>2</sup>Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Denizli  
Türkiye

<sup>3</sup>Université du Québec à Montréal GEOTOP-UQAM-McGILL Montréal, QC, Kanada

<sup>4</sup>Çukurova Üniversitesi Müh.-Mim. Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Adana Türkiye  
(calibekoc@firat.edu.tr)

**Öz:** Çalışma alanı, Tunceli ilinin yakın güneyinde bulunan Aktuluk köyü çevresinde yer almaktadır. Munzur nehrinin bir kolunu oluşturan Dinar deresi güneyinde yüzeyleyen tufa çökelleri bu çalışmanın konusunu oluşturmaktadır. Çalışma alanında temel kayaçları Permiyen yaşlı kireçtaşı, şist-kuvarsit, Eosen yaşlı derin denizel çökeller, Eosen yaşlı kireçtaşları, Miyosen yaşlı kireçtaşları ve andezit-bazalt birimleri oluşturmaktadır. Tufa çökelleri Eosen yaşlı derin deniz çökelleri üzerinde uyumsuz olarak yer almaktadır. Tufa çökellerinin sedimantolojik özellikleri incelenmiş ve 11 fasiyes tanımlanmıştır. Bunlar; (1) Fitoherm çatıtaşı, (2) Fitoherm bağlamtaşı (stromatolitik tufa, yatay, düşey ve dom şekilli), (3) Yosun fitoherm tufa, (4) Fitoklastik tufa, (5) İntraklastik tufa, (6) Spelotem kireçtaşı (sarkit, dikit ve kristalin kabuk alt fasiyesleri), (7) Eski toprak, (8) Marn, (9) Laminallı kumtaşları, (10) Düzlemsel çapraz tabakalı kumtaşları, (11) Masif konglomeralar. Fitoherm çatıtaşı fasiyesini oluşturan karbonatla kaplı yukarı yönde büyüyen bitkiler akarsu banklarında yer alan bataklık ortamında çökelmiştir. Aşağı yönde büyüyen bitkilerden oluşan fitoherm çatıtaşı fasiyesi şelale ve basamaklanma yaparak akan küçük ölçekli şelale morfolojisini yansıtır. Düşey yönde ve dom şeklinde gözlenen fitoherm bağlamtaşı fasiyesi nehir yatağında hızlı akan bölgelerde kademeli akış gösteren şelale ortamlarını karakterize eder. Yosun içeren fitoherm çatıtaşı fasiyesi baraj ve şelale ortamlarında çökelmiştir Spelotem kireçtaşı fasiyesi şelalelerle ilişkili mağara morfolojisi gösterir. Fitoklastik ve intraklastik tufa fasiyesleri baraj ve palustrin şartlarda, konglomera ve kumtaşları kanal, marnlar taşkın düzlüğü ve gölcüklerde çökelmiştir. Çeşitli alt ortamları temsil eden bu tufa fasiyesleri yüksek eğimli ve basamaklanma gösteren bir akarsu sisteminin farklı kesimlerinde depolanmıştır.

Tufalardan elde edilen U/Th yaşlarına göre; tufalar hem buzul arası (MIS 5) hem de buzul (MIS 6) dönemlerinde çökelmiştir. MIS 5 yağışlı ve ılık bir dönem; dolayısı ile tufa oluşumu için uygun bir dönemdir. MIS 6'daki tufa oluşumları için MIS-6 içindeki "interstadial" ara dönemler (bir buzul dönem içinde yer alan kısa süreli ılık periyodlar) öngörülebilir.

Marn fasiyesi içerisinde *Candona neglecta*, *Ilyocypris bradyi*, *Ilyocypris gibba*, *Prionocy-*

*pris zenkeri*, *Cypridopsis vidua*, *Candona (Thyphlocypris)* sp. gibi ostrakod cins ve türleri tanımlanmıştır. Bu ostrakod topluluğu bir tatlı su-oligohalin ortamı göstermektedir. Ayrıca bol miktarda karofites (Charophyte oogonia) ve yaprak iz fosilleri içermektedir. Daha az oranda gastropod fosillerine rastlanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Tufa fasiyesi, MIS 5, MIS 6, ostrakod, Tunceli, U/Th yaşlandırma,

**Abstract:** The study area is located around Aktuluk village, which is located in the south of the Tunceli province. The tufa deposits which are exposed in the south of the Dinar stream, which forms a tributary of the river, and on the banks of the Munzur river, constitute the subject of this study. The basement rocks in the study area consist of Permian limestones, schist-quartzite, Eocene marine deposits, Eocene limestones, Miocene limestones and andesite-basalt units. Tufa sediments unconformably overlie Eocene deep marine sediments. The sedimentological characteristics of the Tufa sediments were investigated and 11 facies were identified. These are; (1) Phytoherm framestone, (2) Phytoherm boundstone (stromatolithic tufa, horizontal, vertical and dom shaped), (3) Bryophytes phytoherm tufa, (4) Phytoclastic tufa, (5) Intraclastic tufa, (6) Spelotem limestone (stalactite, stalagmite and crystalline crustal lower subfacies), (11) Paleosol (8) Marn, (9) Laminated sandstones, (10) Planar cross-bedded sandstones, (11) Massive conglomerates. The upwardly growing plants, which are covered with carbonate, forming the phytoherm framestone facies, have been deposited in palustrine environments located on the fluvial benches. The phytoherm framestone facies consists of the plants growing downward reflects the morphology of vertical waterfalls and cascades. Vertical and dome-shaped phytoherm boundstone facies deposited in fast flowing areas on the river bed (low slope zones and cascades). Bryophytes phytoherm tufa facies reflects the morphology of the barrage and waterfall environments. Speleothem limestone facies shows cave morphology associated with waterfalls. Phytoclastic and intraclastic tufa facies deposited in barrage and palustrine conditions. Conglomerates and sandstones were deposited in channels, marls were deposited in flood plain and ponds. Representing various sub-environments, these tufa facies are deposited in different sections of a fluvial system with high slope and stepping.

According to the U/Th dating obtained from the tufas; the studied tufas were deposited in interglacial (MIS 5) and glacial (MIS 6) periods. MIS 5 was a humid and warm period; Therefore, it is a suitable period for the formation of tufa. For tufa deposits in MIS-6, the interstadial periods in MIS-6 (short periods in a glacial period) can be predicted.

*Candona neglecta*, *Ilyocypris bradyi*, *Ilyocypris gibba*, *Prionocypris zenkeri*, *Cypona (Thyphlocypris)* sp. ostracod genus and species are described in the marly facies of the studied tufa. This ostracoda assemblages shows a fresh water-oligohaline environment. It also contains abundant carophytes (Charophyte oogonia) and leaf trace fossils. Gastropod fossils were rarely encountered in the studied facies.

**Keywords:** Tufa facies, MIS 5, MIS 6, ostrakod, Tunceli, U / Th dating,





## Neojen Adana Havza'sındaki Erken Miyosen Yaşlı Platform Çökellerinin Sedimanter Özellikleri, Güney Türkiye

*Sedimentary Characteristics of Early Miocene Platform Sediments in the Neogene Adana Basin, Southern Turkey*

**Ulvi Can Ünlügenç, Ahmet Can Akıncı, Hatice Karakılıçık, Ali Gökhan Öçgün**

*Çukurova University, Faculty of Engineering, Geological Engineering Department, 01330 Balcalı, Sarıçam / Adana / Turkey*

*(ulvican@cu.edu.tr)*

**Öz:** Bu çalışmada, Erken Miyosen yaşlı platform çökellerinin sedimantolojik özellikleri, ayrıntılı olarak tanımlanmış ve Adana Havzası'nın Tersiyer dönemi evriminin anlaşılmasına katkıda bulunulmaya çalışılmıştır. Adana Havzası'nın sedimanter gelişimi, Erken Miyosen'de bir önülke havza olarak başlamaktadır. Havza çökelleri, hem denizel hem de denizel olmayan karakterde olup, havzanın kuzey kenarlarında birbiri içinde dereceli geçişli görülmektedir. Havza, Erken Miyosen sırasında gelişen büyük bir deniz transgresyonu ile oluşmaktadır. Miyosen öncesi çökeltme alanı, Akitaniyen-Burdigaliyen transgresyonundan sonra, Miyosen sedimantasyonunun gelişmesini büyük ölçüde etkileyen komşu bir çöküntü alanına sahip, geniş bir platform durumundaydı. Bu transgresyon öncesinde, palaeotopografya karasal Gildirli çökelleri tarafından doldurulmuş, transgresyon sonrasında ise Kaplankaya-Karaisalı formasyonlarının sığ platform sedimanları ve havzanın biraz daha derin kesimlerinde ise Cingöz ve Güvenç formasyonları çökelmiştir. Erken Miyosen yaşlı Kaplankaya ve Karaisalı formasyonları, Gildirli Formasyonu'nu uyumlu olarak üzerlemektedir. Ancak, her iki birim eğim kazanmış olan Oligosen yaşlı Karsantı Havzası'nın çökelleri üzerinde açısız uyumsuzlukla yer almaktadırlar. Erken Miyosen çökelleri, kuzey yönlü transgresyona bağlı olarak gelişmiş olup, kıyıya yakın kesimlerde kuzey kaynaklı sahil – nehir ağzı (litoral-brackish) ve deltaik karakterli Kaplankaya Formasyonu çökeltirken biraz daha derin kesimlerde ise resifal karakterli Karaisalı Formasyonu çökelmiştir. Stratigrafik, sedimantolojik ve palaeontolojik veriler, havzada platform sedimanlarının Akitaniyen-Burdigaliyen döneminde çökeldiğini göstermektedir. Karaisalı Formasyonu, resif çökelleri ile temsil edilirken, Kaplankaya Formasyonunun tabanı, farklı zamanlarda akarsu ve denizel ortam şartlarının münavebeli geliştiği alüvyon yelpazesi ve dağıtım ağzı bar çökelleri ile karakterizedir. Bunlar, üste doğru sığ deniz fosillerini içeren delta önü killi fasiyeslere geçmektedir. Burdigaliyen-Serravaliyen yaşlı türbiditik Cingöz Formasyonu, Kaplankaya Formasyonu'nu kanallı-erozyonal bir dokanak ile üzerlemektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Adana havzası, güney Türkiye, Neojen çökelleri, önülke havzası, sedimanter ortam

**Abstract:** In this study, detailed description of the sedimentological characteristics of the Early Miocene platform sediments are going to be discussed to contribute towards the understanding of the Tertiary evolution of the Adana Basin. The depositional history of the Adana



Basin begins during the Early Miocene as a foreland basin. The basin fill is both marine and non-marine in character, which shows a gradual transition at the northern margin of the basin one into another. Formation of the basin starts with a major marine transgression during the Early Miocene. The pre-Miocene sedimentation area was a large platform with an adjacent depression area, which greatly affected the development of Miocene sedimentation after the Aquitanian-Burdigalian transgression. Prior to this transgression, palaeotopography was filled by terrestrial Gildirli deposits, and after transgression, shallow platform sediments of Kaplankaya-Karaisalı formations, Cingöz and Güvenç formations were deposited in the slightly deeper parts of the basin. The early Miocene Kaplankaya and Karaisalı formations conformably overlie the Gildirli Formation. However, both formations are seen resting with angular unconformity on the tilted Oligocene age Karsantı basin sediments. Early Miocene sediments were developed due to the transgression towards the north. In the areas close to the shore, the northerly sourced littoral-brackish and deltaic Kaplankaya Formation and a slightly deeper reefal Karaisalı Formation were deposited. Stratigraphical, sedimentological and palaeontological evidence prove that the platform sediments of the basin deposited during Aquitanian-Burdigalian. While Karaisalı Formation is represented by reef sediments, the base of Kaplankaya is characterized by alluvial fan and distributary mouth bar deposits with intermittent fluvial and marine conditions. These, pass upward into pro-delta clayey facies which consists of shallow marine fossils. The Burdigalian-Serravalian turbiditic Cingöz Formation cuts the Kaplankaya Formation with channelized, erosive contacts.

**Keywords:** Adana basin, foreland basin, Neogene sediments, sedimentary environment, southern Türkiye



## Mukdadiya (Geç Miyosen - Erken Pliyosen) Kumtaşlarının Ağır Mineral Analizi, Asıl Kaynağına Dair Kanıt, Kerkük, Irak

*Heavy Mineral Analysis of the Late Miocene – Early Pliocene Mukdadiya Sandstones for Evidence of Provenance, Kirkuk, Iraq*

**Abbas R. Ali**

*(Kerkük Üniversitesi, Fen Fakültesi, Uygulamalı Jeoloji Bölümü, Kerkük, Irak)  
(akervanci@gmail.com)*

**Öz:** Mukdadiya Formasyonu (Geç Miyosen - Erken Pliyosen), Kerkük yapısal konumu Baba antiklinal kıvrımının kuzeydoğu kanadında ortaya çıkmaktadır. Şoraw bölgesinden yirmi (20) adet kumtaşı örnekleri alınıp ağır mineral topluluklarının tayin çalışması için analiz edilmiştir. Bu çalışma, opak (% 29,84) grup minerallerinin esas ağır mineralleri oluşturduğunu göstermektedir. Buna takiben sırasıyla (% 28.52) ve (% 24.11) oranında temsil eden kararsız ağır mineraller (amfibol ve piroksen) ve epidot grubu mineralleri izlemiştir.

Ağır mineral dağılımlarını sergileyen laboratuvar analitik verilerine göre, incelenen mineraller çeşitli kaynak kayalardan türemiş olup, esas olarak sedimentar kayalar ve Irak'ın Kuzey doğusunun Zagros bölgelerindeki Walsh - Nawpordan Serisi ve Mawat kompleksleri tarafından temsil edilen, magmatik ve metamorfik kayalardan oluşmuş olarak yorumlanmıştır. Çalışma bölgesinin tektonik durumu MF / MT / GM diyagramından anlaşılmakta olup, bu diyagrama göre kumtaşı örneklerinde MF değerleri GM değerlerine göre daha yaygın olması, aktif kıta-sal sınırlarını açıkça yansıttığını işaret etmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Ağır mineral, Kerkük yapısı, Geç Miyosen - Erken Pliyosen, Mukdadiya formasyonu, kumtaşı.

**Abstract:** Mukdadiya Formation (Late Miocene – Early Pliocene) exposed in northeastern limb of the Baba anticline fold in the Kirkuk structure. Twenty sandstone samples were collected from Shoraw area and analyzed to study the heavy mineral assemblages determination. The study indicates that opaque (29.84%) group minerals are forming the main heavy minerals, followed by the unstable heavy minerals (amphibole and pyroxene) and epidote group minerals which they represent (28.52%) and (24.11%) respectively.

According to the laboratory analytical data of heavy mineral distributions, the studied minerals are derived from several source rocks which are composed essentially of sedimentary rocks, followed by igneous and metamorphic rocks are found in northeastern Iraq. They represent the Walsh – Nawpordan Series and Mawat complexes in the Zagros zones. The tectonic setting of the area was indicated from the MF/MT/GM diagram that clearly reflects the active continental margins where MF is more abundant compared to GM in the sandstone samples.

**Keywords:** Heavy mineral, Kirkuk structure, late Miocene – early Pliocene, Mukdadiya formation, sandstone.



## Arap Karbonat Platformu üzerindeki Orta – Geç Senomaniyen Devirsel Stratigrafi Kayıtları, Derik, Mardin Bölgesi, GD Türkiye: Kretase Deniz Seviyesi Değişimleri Yorumları

*Middle-Late Cenomanian Cyclostratigraphic Records on the Arabian Carbonate Platform, Derik, Mardin Area, SE Turkey: Interpretation for Cretaceous Sea Level Changes*

**İsmail Ömer Yılmaz<sup>1</sup>, İzzet Hoşgör<sup>2</sup>, Oğuz Mülayim<sup>3</sup>, Bilal Sarı<sup>4</sup>,  
Mike Simmons<sup>5</sup>**

<sup>1</sup> Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Orta Doğu teknik Üniversitesi 06800, Ankara, Türkiye

<sup>2</sup> Çalık Petrol Arama ve Üretim, 06520, Ak Plaza, kat.16, Söğütözü, Ankara

<sup>3</sup> TPAO, Adıyaman Bölge Müdürlüğü, Jeoloji Müdürlüğü, 02040 Adıyaman

<sup>4</sup> Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Dokuz Eylül Üniversitesi, 35210 Alsancak, İzmir, Türkiye

<sup>5</sup> Halliburton, Abingdon, UK

(ioyilmaz@metu.edu.tr)

**Öz:** Bu çalışmada, Mardin ilinin Derik ilçesinde (GD Türkiye) çok iyi yüzlek veren orta Kretase platform karbonatlarının devirsel stratigrafisi ve sedimantolojisi gerçekleştirilmiştir.

Stratigrafik kesit alt ve üst olmak üzere iki kısma ayrılmıştır: alt ve üst kısımlar arasında da fasiyelerin devirsel diziliminde farklılıklar görülmektedir. Hatta alt kısmın taban ve tavanı arasında bile devirsellikte farklılıklar mevcuttur. Alt kısmın tabanında, devirler biyotürbasyonlu çamurtaşı/vaketaşı ile kireç çamurtaşı (lime mudstone)/pelletli çamurtaşı/vaketaşı fasiyelerinin ardalanmasından oluşmaktadır. Ardalanan fasiyeler kısmi dolomitlenme göstermektedir.

Kesitin alt ve üst kısımları arasında iyi gelişmiş bir sert zemin yüzeyi (hardground) bulunmaktadır. Bu belirgin sert zemin yüzeyi üzerinde, biyoklastik tanetaşı ve istiftaşı ardalanması yer almaktadır. Yüzeyin tam üstünde bazı örneklerde glokon minerali gözlenmekte ve biyoklastik istiftaşı ile başlayan ve algal laminalı/kalış pisoidli çamurtaşı/vaketaşı ile biten devirler yer almaktadır. Alt kısmın tavanında ise, devirler dolomitik çamurtaşı/dolomitik ve kuş gözü/fenestral yapıli kireçtaşlarının ardalanımı görülmektedir.

Üst kısmın devirsel stratigrafisi alt kısmına göre farklılıklar göstermektedir. Tabanda ikincil gözeneklere sahip dolomitler biyoklastik vaketaşları ile ardalanma sunmakla beraber devirler çok net olarak gözlenmemektedir. Orta kısımda ise, bivalve yığılımları baskın olup, biyoklastik istif taşı fasiyelerli, dolomitler ile ardalanma sunmakta ve bazı seviyelerde yukarı doğru derinleşme işaret etmektedir.

İstiftaşı fasiyesi matriksi içerisinde planktonik foraminifera bulunması orta-dış rampa çökelim ortamı ile ilgili olduğunu düşündürmektedir. İstifin en üstünde, devirler göreceli yukarı doğru sığlaşan karaktere dönüşmektedir. Bentik foraminifer içeren istiftaşları algal vaketaşı/dolomit

fasiyesleri ile ar dalanma sunmaktadır. Biyoklastik istif taşı fasiyesi içerisinde planktonik foraminifera, ammonitler ve balık pullarına rastlanmıştır, fakat tavanda yok olmaktadır. Oystrea ve Nereneid gastropodlar biyoklastik istif taşı fasiyesi içerisinde yer almaktadırlar.

Geniş ölçekte, üst kısmın tabanı altta ilksel derinleşmeyi ancak yukarı kesimler ise sığlaşmayı temsil etmektedir. Esas bivalv yığışlarının iç rampadan dış rampaya fırtına/akıntı ile taşınması söz konusu olduğu düşünülmektedir.

İstifin üst kısmında, bentik foraminiferli - algal istif taşı/vaketaşı ve biyotürbasyonlu biyoklastik istif taşı/kireç çamur taşı ar dalanması küçük ölçekli devirlerin tabanlarında yer almaktadır. Bilvalve/ostrakod vaketaşı/istif taşı ve ostrakodlu kireç çamur taşı (lime mudstone) veya dolomitik kireç taşı/dolomit veya fenestral kireç taşı fasiyeslerinin ar dalanması istifin tavanında yer almaktadır. Devir istiflerin üst kesimlerinde yer yer çamur çatlaklarına rastlanmaktadır.

Büyük ölçekli devirsel fasiyes varyasyonları önce derinleşme ve sonrasında biyoklastik sığ platform fasiyesleri ile yukarı doğru sığlaşan eğilim göstermektedir. Bu orta-geç Senomaniyen çökeliminde geri planda bir büyük ölçekli tektonik kontrolün olduğunu göstermektedir. Fakat küçük ölçekli devirler esas olarak iklim/okyanusal değişimler ile ilişkili gözükmekte olup ve iklim etkili deniz seviyesi kayıtlarını temsil edebilirler.

**Anahtar kelimeler:** Arap karbonat platformu, Derik, devirsel stratigrafi, GD Türkiye, Mardin, orta-geç Senomaniyen

**Abstract:** In this study, cyclostratigraphy and sedimentology of well exposed mid-Cretaceous platform carbonates have been carried out in the region of the Derik village, Mardin city, SE Turkey.

The stratigraphic section is divided into two parts; a lower and upper section. Cyclic arrangement of facies is different between lower and upper sections. The bottom and top of the lower section can even display different characters in cyclicity. In the bottom of the lower part, cycles occur as alternations of bioturbated mudstone/wackestones with lime mudstones/peloidal mudstone/wackestone. The alternating facies partly display secondary dolomitization.

There is a well-developed hardground surface between the bottom and top part of the lower section. Cycles composed of bioclastic grainstone and packstone alternation take place above this prominent hardground surface. Just above the hardground surface, glauconite grains are observed within some samples, and cycles starting with bioclastic packstone and ending with mudstone/wackestone with algal laminites or caliche pisoids take place. At the top of the lower section, cycles occur as alternations of dolomitic mudstone/dolomicrite with limestones with fenestral/birds-eye structures.

Cyclicity in the upper part of the stratigraphic section differs from that in the lower part. At the base, dolostones with secondary porosity alternate with bioclastic wackestones but cycles are not clearly visible. In the middle part, bivalve accumulations are dominant and bioclastic packstone facies alternate with dolostones and represent relative deepening upward cycles in a few levels. The presence of planktonic foraminifera in the matrix of the packstone facies is in-

terpreted as being related to depositional conditions within a mid-outer ramp. At the top of the section, cycles return to having a relatively shallowing upward character. Benthic foraminifera bearing bioclastic packstone facies alternates with algal wackestone/dolostone facies. Within the bioclastic packstone facies planktonic foraminifers, ammonites and fish scales are also observed, but totally disappear by the topmost part. Oysters and Nereneid gastropods occur within the bioclastic packstone facies.

At a broad scale, the lower part of the upper section represents an initial deepening in the lower part and then shallowing towards the top. The major bivalve accumulation is interpreted as being related to transportation by storm/current activity from inner to mid ramp.

In the upper part of the upper section, alternations of benthic foraminiferal - algal packstone/wackestone and bioturbated bioclastic wackestone/lime mudstone takes place at the base of small scale cycles. Alternations of bivalve/ostracod wackestone/packstone and lime mudstone with ostracoda or dolomitic limestones/dolostone or fenestral limestone facies lie at the top. At the top of the cycles mud cracks can be occasionally observed. These small scale cycles can be associated with climate induced sea-level changes. The large-scale cyclic facies variations indicate a deepening first and then shallowing upward trend within mainly bioclastic shallow water platform carbonates. This indicates a large-scale tectonic control in the background of middle-late Cenomanian deposition. However, small scale cycles seems to be mainly controlled by climate/oceanographic changes.

**Keywords:** Arabian Carbonate Platform, Cyclostratigraphy, Derik, Mardin, middle-late Cenomanian, SE Turkey



## Ege Bölgesi'nde Bozdağların Eteği ile Salihli Arasındaki Kolüvyal Depolar Üzerinde Oyuntu Erozyonu

*The Formation of Gully Erosion on the Colluvial Deposit Between Salihli and Bozdağlar Mountains Flank in the Aegean Region*

**İbrahim Atalay<sup>1</sup>, Sevda Altunbaş<sup>2</sup>, Mahmut Kılıç<sup>3</sup>, Muzaffer Siler<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>Karabük Üniversitesi, Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü

<sup>2</sup>Akdeniz Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Toprak ve Bitki Beslenme Bölümü

<sup>3</sup>Tarım ve Orman Bakanlığı Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü

<sup>4</sup>Fırat Üniversitesi, İnsani ve Sosyal Bilimler Coğrafya Bölümü

(iatalay@karabuk.edu.tr)

**Öz:** Ülkemizde akarsu ve özelliklere sellere bol miktarda malzeme veren kaynak sahalarını, Üst Neojen'den Kuvaterner ortalarına kadar devam eden dikey yöndeki neotektonik hareketlerle çöken sahaların kenarlarındaki dağların eteklerinde şiddetli erozyon sonucu biriken kolüvyal depolar oluşturmaktadır. Ayrıca piroklastik materyaller ve ayrıştığında çoğunlukla kumlu toprak veren gnays ve granitler de sellerin yatak yükünü artırmaktadır. Bunlara örnek olarak kalın kumlu kolüvyal depolarının bulunduğu Bozdağlar'ın kuzey ve Aydın Dağları'nın güney etekleri, Kapadokya Yöresi'ndeki piroklastikler ile derin olarak ayrılmış Keban-Baskil arasındaki granit (Elazığ) ve Pütürge (Malatya) civarındaki gnayslar verilebilir. Araştırma sahası olan Menderes Masifinde yer alan Bozdağlar ile Salihli arasında Gediz Grabeni'nin tabanından 200 m'den başlayarak yer yer 1000 m civarına kadar yükselen kolüvyal depolar, günümüzdeki Gediz Grabeni'nin en az üç kez çökmesi ile Bozdağlar'daki gnaysların ayrışmasından hâsıl olan bol miktardaki kumlu malzemenin taşınarak birikmesiyle oluşmuştur. Yaklaşık 20 örnek üzerinde yapılan bünye (tekstür) analizlerinde kolüvyal depodaki malzemede kumun % 49-66, siltin % 17-35 ve kilin % 12-14 arasında değiştiği saptanmıştır. Bozdağların kuzey eteklerinde oyuntu ve yarıntılarla parçalanmış badland topografyasının oluşması, yüzeysel akıma geçen suların kum ve mil boyutundaki malzemelerin kolayca aşınarak taşınmasıyla ilgilidir. Laboratuvar deneyleri sonucunda kum ve silt boyutundaki malzemelerin aşınmaya ve taşınmaya daha uygun olduğu belirlenmiştir. Öte yandan Bozdağlar'ın eteklerindeki kolüvyal depolarda kil miktarının düşük olması, kohezyonu yani partiküllerin kaynaşmasını zayıflatarak aşınmanın şiddetlenmesine yol açmaktadır. Bu durum, sel dönemlerinde selin kum ve milden oluşan yatak yükünün aşırı derecede artmasına neden olmaktadır.

Akarsu vadi yamaçlarının dik olması da sel dönemlerinde vadi kenarında altı oyulan kütleli blok halinde akarsu yatağında düşmesiyle ilgilidir. Burada vadi yatağına yığılan malzemenin sellerle taşınarak eğimin azaldığı yerlerde birikmesinden dolayı kumlu ve milli malzemenin oluşan birikinti yelpazelerinin gelişmesine neden olmuştur. Bu kumlu birikinti yelpazeleri üzerinde kökü derine giden üzüm asmaları ve incir ve zeytin ağaçları yetişmektedir. Gediz Ovası'nda özellikle Bozdağların eteklerinde dünyaca meşhur çekirdeksiz üzümün yetişmesinde ve kaliteli tuğlaların üretilmesinde silisli kumların yer aldığı birikinti yelpazelerinin önemli bir etkisi bulunmaktadır.



**Anahtar sözcükler:** Oyuntu oluşumu, birikinti yelpazesi, badland topografyası, Gediz grabeni, Batı Anadolu

**Abstract:** In Turkey, one of the main sources giving abundant bed-load material of the torrential streams are the colluvial deposits that have been mainly formed on the edge of mountains as the result of the vertical tectonic movements occurred during the Late Neogene and Middle Quaternary. The other materials are pyroclastic deposits, the deeply weathered granite and gneiss producing sand soil and/or materials. Best examples of these sources can be the thick colluvial deposits that are found on the northern edges of Bozdağlar Mountains and the southern edges of Aydın Mountain in the western part of Aegean Region, pyroclastic materials of the Cappadocia region in SE of Central Anatolia and the deeply weathered granite occurring between the Baskil and Keban towns and gneiss near the Pütürge town in the Eastern Anatolia. In the study area located between Bozdağlar Mountain and Salihli city in the Gediz Graben, the colluvial deposits start at an elevation of 200 m near Salihli raise up to 1000 m elevation toward the Boz Mountains. These sediments have been formed due to the collapses of the Gediz Graben at least three times along the faults. The sandy particles derived from the weathered gneiss have been continually accumulated as colluvial deposits on the northern edge of Boz Mountains. In the textural analysis of 20 samples, 49-66 % sand, 17-35% silt and 12-14 % clay were found in the material in the colluvial deposits.

The formation of the gullies and dissected topography called badland is related to the easy transportation of silt and sand sized particles by runoff on the colluvial deposits. Indeed, the experiment carried out at laboratory indicated that sand and silt particles are being carried away easily by runoff. On the other hand, the low amount of clay in colluvial deposits in the foothills of Bozdağ Mountains weakens the cohesion, and leads to become stronger of wear. This situation supports the great increase of the bed load materials of floods. The bank erosion during the flood time leads to collapse of colluvial deposit down to valley. The steep slope of the river valley is also related to as block failing the mass on the river bed on the coast carved on the edge of the valley during flood periods. So, transportation of accumulated sandy materials on the bottom of valley via flood produces intense sedimentation in places where the spreading of the flood on the edge of Bozdağlar mountains. Here the wide and long alluvial fans occur.

The dejection fans mostly composed of sandy materials support the growth of trees such as olive and fig. On the other hand, in the Gediz plain, especially in the foothills of Bozdağ Mountains, alluvial fans with siliceous have a significant effect on the cultivation of the world-famous seedless grapes and the production of high quality bricks.

**Keywords:** Gully formation, alluvial fan, badland topography, Gediz graben, West Anatolia

**SEDİMANTOLOJİ VE SEDİMANTER SÜREÇLER**  
***SEDIMENTOLOGY AND SEDIMENTARY PROCESSES***

Ülvi Can ÜNLÜGENÇ - Faruk OCAKOĞLU - Ezher TAGLIASACCHI - Enrico CAPEZZUOLI

---

**Poster/*Posters***

---

***ÖZ/ABSTRACT***







## Bey Dağları Karbonat Platformu (GB Türkiye): Üst Kretase Karbonatlarının Fasiyes Analizi ve Depolanma Ortamı

### *Bey Dağları Carbonate Platform (SW Turkey): Facies Analysis and Depositional Environment*

Amna Khila<sup>1,2</sup>, Bilal Sarı<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Tınaztepe Kampüsü, Buca-İzmir

<sup>2</sup>University of Gabes, Faculty of Sciences of Gabes (Tunisia)  
(amnakhila@yahoo.fr)

**Öz:** Bey Dağları Otoktonu'nun Üst Kretase karbonatlarında gerçekleştirilen ayrıntılı mikro-fasiyes analizi, platformun çökelim koşullarının evrimini anlamamızı sağlamıştır. Otoktonun kuzey, güney ve doğu bölümlerinden ölçülen 5 stratigrafik kesitten derlenen 330 kireçtaşı örneğinin ince kesitlerinde doku, tane türü ve fosil içeriğine dayalı olarak 12 mikrofasiyes tanımlanmıştır. Bu mikrofasiyesler belirli alt-ortamları işaret eden 6 ana mikrofasiyes topluluğu şeklinde gruplandırılmıştır: i) algal laminalı vaketaşı ve laminalı, biyoklastik dolomitik vaketaşı (gel git), ii) biyoklastik istiftaşı-vaketaşı ve biyoklastik vaketaşı (lagün), iii) biyoklastik istiftaşı-tanetaşı (resif gerisi zonu), iv) biyoklastik tanetaşı ve rudistli yüzertaş/kabataş (resif zonu), v) biyoklastik istiftaşı ve biyoklastik istiftaşı-vaketaşı (resif önü zonu), ve vi) planktonik foraminiferli/kalsisiferli vaketaşı-istiftaşı (açık deniz). Silisiklastik girdinin olmayışı ve tanımlanan fasiyes toplulukları, engeli de olan yalıtılmış bir karbonat platformunu işaret eder. Planktonik foraminifer içeren mikrofasiyes platform kireçtaşlarını üzerler ve platformun boğulma evresine karşılık gelir. İstifler boyunca tanımlanan tekrarlanan transgresif/regresif paketler, karbonat platformunun, Geç Kretase'de deniz seviyesi değişimlerinden ve tektonik aktivitelere etkilendiğini gösterir.

Bu çalışma 'Tübitak 2216 Yabancı Uyruklular İçin Araştırma Burs Programı tarafından desteklenmiştir'.

**Anahtar Kelimeler:** Bey Dağları, karbonat platformu, mikrofasiyes analizi, depolanma ortamı, Üst Kretase.

**Abstract:** Detailed microfacies analysis of the Upper Cretaceous carbonates of the Bey Dağları Autochthon allowed us to understand evolution of the depositional environment of the platform. Twelve microfacies were identified based on texture, grain composition, and fossil content of thin sections of 330 limestone samples from 5 measured stratigraphic sections from the northern, southern and eastern part of the autochthon. The microfacies are grouped as 6 main microfacies associations, which represent specific sub-environments: i) algal lamination wackestone and bioclastic dolomitic lamination wackestone (tidal flat ), ii) bioclastic packstone to wackestone and bioclastic wackestone (lagoon), iii) bioclastic packstone to grainstone

(backreef zone), iv) bioclastic grainstone and rudist floatstone/rudstone (reef zone), v) bioclastic packstone, and bioclastic packstone to wackestone (fore reef zone), and vi) planktonic foraminifera/calcsphere wackestone to packstone (open marine). Absence of any siliciclastic input and defined facies associations imply an isolated carbonate platform with rims. The microfacies with planktonic foraminifera overlies the platform limestones and corresponds to the drowning phase of the platform. Successive transgressive/regressive sequences identified through the successions suggest that the carbonate platform was influenced by sea level fluctuations and tectonic activities during the Late Cretaceous.

This study was supported by ‘Tübitak 2216 Research Fellowship Programme For International Researchers’.

**Keywords:** Bey Dağları, carbonate platform, microfacies analysis, depositional environment, Upper Cretaceous.



## Ordovisiyen Yaşlı Bedinan Formasyonu Kumtaşlarının Diyajenezi ve Rezervuar Özellikleri (Diyarbakır, Güneydoğu Türkiye)

### *Diagenesis and Reservoir Properties of the Ordovician-Aged Sandstones of Bedinan Formation (Diyarbakır, SE-Turkey)*

Ceylan Cengiz<sup>1</sup>, Erdoğan Tekin<sup>2</sup>

<sup>1</sup>TPAO Sedimentoloji ve Rezervuar Jeolojisi Müdürlüğü, Çankaya-Ankara

<sup>2</sup>Ankara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Gölbaşı-Ankara  
(ceylanc@tpao.gov.tr)

**Öz:** Güneydoğu Anadolu bölgesinde yer alan Ordovisiyen yaşlı Habur Grubu'nun ikinci ve en üst formasyonu olan Bedinan Formasyonu'na ait kumtaşları bölgedeki hidrokarbon sistemi için potansiyel rezervuar birim niteliğindedir. Bedinan Formasyonu altında bulunan Seydişehir Formasyonu yer yer dereceli geçişli ancak genel anlamda uyumlu iken, üstüne gelen Dadaş Formasyonu ile uyumsuz bir ilişkiye sahiptir. Bedinan Formasyonu yüzey kesit ölçümlerinde kalınlığı 431-678 metreleri arasında değişmekte olup, erozyonal sıfır hattından güney, doğu ve kuzeydoğuya doğru gidildikçe kalınlığı artmaktadır. Kuyularda kesilen Bedinan Formasyonu'nun maksimum kalınlığı 1683 metre ve minimum kalınlığı ise 200 metrelerde görülmektedir. Bedinan Formasyonu alttan üste doğru "Bedinan-I Üyesi", "Bedinan-II Üyesi", "Bedinan-III Üyesi" ve "Bedinan-IV Üyesi" şeklinde üyelere ayrılmaktadır. Bedinan- I Üyesi koyu renkli şeyl litolojisine; Bedinan-II Üyesi silttaşı litolojisine; Bedinan-III Üyesi kumtaşı litolojisine ve Bedinan-IV Üyesi ise kumtaşı, silttaşı ve şeyl ardalanmalı litolojiye sahiptir.

Bu çalışmada, Diyarbakır'ın kuzey alanlarında Bedinan Formasyonu'nun kuyularda farklı seviyelerinde ve farklı kalınlıklarda kesilen kumtaşları çalışılmıştır. Yapılan litolojik ve petrografik analiz sonuçlarına göre genel olarak kumtaşları beyaz, grimsi beyaz, gri, açık gri, kahvems gri renklerinde, ince, ince-orta taneli, iyi/orta boylanmalı, yarı yuvarlak-yarı köşeli, genel olarak otijenik kil bağlayıcılı, dolomit ve silis çimentolu ve yer yer detritik kil matrisli arkoz/ subarkoz, arkozik arenit/ arkozik vake, kuvars arenit olarak görülmektedir. Ayrıca kumtaşı örneklerinin XRD yöntemiyle yapılan tüm kaya mineral bileşimi analiz sonuçları ortalama % 35-65 arası kuvars, % 20-30 arası feldispat, % 10-20 arası kil minerallerinden ve diğer minerallerden oluştuğunu göstermektedir. Diğer yandan diyajeneze yönelik kil mineral dağılımının belirlenmesi amacıyla XRD'de kil mineral bileşimi analizi yapılmış olup, analiz sonuçları genel olarak illit, kaolinit, az miktarda ve belli alanlarda klorit ve smektit minerallerini işaret etmektedir. Kuyulardan alınan karotlar üzerinde yapılan temel karot analiz sonuçlarına göre, porozite değerleri bazı kuyularda yaklaşık % 19 civarında hesaplanırken bazı kuyularda bu değer % 4'e kadar düşmektedir. Porozite tipi ise genel olarak tane arası ve yer yer boşluk ve çatlak dolgusu olarak tanımlanmaktadır.

Yapılan çalışmaların sonucunda; geç diyajenetik dönemde yamalar halinde gözlenen dolomit çimento, erken diyajenetik dönemde kuvars tanelerinin dışa doğru çevresel büyümeleri (overgrowth) şeklinde gözlenen silis çimento ve SEM/EDS çalışmalarında görülen illit ve kaolinit tipi kil bağlayıcı çeşitlerinin sebep olduğu otijenik kil mineralleşmeleri gibi diyajenetik

gelişmeler tespit edilmiştir. Bu gelişmelerin sonucunda gözeneklilik ve geçirgenliğin azaldığı ve rezervuar kalitesini olumsuz etkilediği yorumuna varılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Bedinan Formasyonu, diyajenez, Diyarbakır, Güneydoğu Türkiye, Ordo-visiyen kumtaşları, rezervuar özellikleri

**Abstract :**The sandstones of the Bedinan Formation, the second and top formation of the Ordovician-aged Habur Group in Southeastern Anatolia, are a potential reservoir unit for the hydrocarbon system in the region. The Bedinan Formation is conformably overlain by the Seydişehir Formation located beneath it, but it is generally compatible with the Dadaş Formation. Bedinan Formation has varies thickness of 431-678 meters in surface measured sections and its thickness increases as it moves from the erosional zero line to south, east and northeast. The maximum thickness of the Bedinan Formation cut in the wells is 1683 meters and the minimum thickness is 200 meters. The Bedinan-I Member (dark shale), Bedinan-II Member (siltstone), Bedinan-III Member (sandstone) and Bedinan-IV Member (interbedded sandstone, siltstone and shale) are distinguished in the Bedinan Formation from bottom to top.

In this study, sandstones penetrated at different levels and in different thicknesses were studied from the wells in the northern areas of Diyarbakır. According to the results of lithological and petrographic analyses, sandstones are in general white, grayish white, gray, light gray, brownish gray colors, fine, fine to medium grained, good / medium sized, semi-rounded-semi-angular, generally autogenic clay, dolomite and silica cementitious and in some places as detritic clay matrix arkose / subarkose, arkosite arenite / arkosite wacke and quartz arenite. In addition, all rock mineral composition analysis results of sandstone samples with XRD method show that between 35-65% quartz, 20-30% feldspar, 10-20% clay minerals and other minerals. On the other hand, in order to determine the clay mineral distribution for diagenesis, clay mineral composition analysis was performed in XRD, and the results of the analysis indicate illite, kaolinite, chlorite and smectite minerals in certain areas. According to the results of the core analysis taken from the wells, the porosity values are calculated to be approximately 19% in some wells and in some wells this value is reduced to 4%. Porosity type is defined as generally inter particle and in some places gap and crack fills.

As a result of the studies; diagenetic developments such as dolomite cement observed in patches during late diagenetic period, silica cement which is observed as outgrowth of quartz grains in early diagenetic period and otigenic clay mineralizations caused by types of illite and kaolinite type clay binding seen in SEM / EDS studies were determined. As a result of these developments, it was concluded that porosity and permeability decreased and adversely affect reservoir quality.

**Keywords:** Bedinan Formation, diagenesis, Diyarbakır, Ordovician sandstones, reservoir properties, SE-Turkey

**SİSMOLOJİ / SEISMOLOGY**

Doğan KALAFAT - Onur TAN - Zeynep GÜLERCE - Özlem KARAGÖZ - Özgün KONCA

---

**Sözlü Sunumlar/*Oral Presentations***

---

**ÖZ/ABSTRACT**





## 22 Mayıs 1971 ve 1 Mayıs 2003 Bingöl Depremleri

*22 May 1971 and 1 May 2003 Bingöl Earthquakes*

**Doğan Kalafat**

*B.Ü. Kandilli Rasathanesi ve DAE-BDTİM Çengelköy-İstanbul*

*(kalafato@boun.edu.tr)*

**Öz:** Bu çalışmada yakın dönemde meydana gelen Bingöl Depremleri ( $M > 6.0$ ) sismolojik açıdan değerlendirilmiştir. Doğu Anadolu Bölgesi, Anadolu levhasının sismolojik açıdan en yoğun deformasyon alanı olup, genel olarak Arabistan ve Avrasya levhalarının birbirlerine doğru göreceli hareketine bağlı olarak sıkışma altındadır. Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ) ve Doğu Anadolu Fay Zonları (DAFZ) ile sınırlanan Anadolu levhası ise, göreceli olarak batıya doğru hareket etmektedir. Bingöl Depremleri, Doğu Anadolu Fay Zonu sistemi içinde yer almakta ve bu fay zonu parçalarının hareketine bağlı olarak meydana gelmektedir.

Aletsel dönemde Bingöl'de meydana gelen en önemli depremler 1971 ve 2003 depremleridir. Bingöl Fayı, Bingöl'ün güneyinden başlayarak Göynük Suyu vadisi boyunca uzanmaktadır. 75 km. uzunluğundaki bu fay Doğu Anadolu Fay Zonu'nun kuzey parçası olup, Serpmekaya ve Sakaören köylerinden de geçtikten sonra KAFZ ile birleşir.

22 Mayıs 1971 Bingöl depreminde oluşan yüzey kırığı özellikle Göynük çayını takip ederek KD-GB doğrultulu Sarıçiçek ile Çeltiksuyu köyleri arasından geçip güneye uzanmaktadır. Eski Bingöl'ün (Çapakçur) kurulu olduğu alüvyon zeminde hasar oldukça fazla olmuştur. Arazi gözlemleri Göynük çayını takiben Karlıova kasabasının doğu taraflarında KAF sistemine bağlanan, güneyde ise Bingöl Ovasına ulaşan aktif bir fayın varlığını göstermiştir. 1971 Depreminde episantrdan uzak ve hasar gören yerleşim birimleri de olmuştur. Bu yerleşim birimleri arasında 2003 depreminin dışmerkezine yakın köyler de bulunmaktadır. Bingöl depremi sırasında Bingöl'ün güneydoğusundaki Ormanardı'ndan başlayıp, Göynük'ün güneybatısındaki Çobantaşı'na K45D derece doğrultusunda uzanan ve ortalama 38 km. uzunlukta bir kırık kuşağı oluşmuştur. Gözlenen kırıklar doğrultu atımlı ve sol yönlü bir hareket göstermiş olup, yapılan fay düzlemi çözümleri de arazi gözlemlerini desteklemiştir.

Diğer önemli deprem ise 1 Mayıs 2003 tarihinde meydana gelmiştir. Bu depremde 176 vatandaşımız hayatını kaybetmiş, 521 vatandaşımız da çeşitli yerlerinden yaralanmıştır. Özellikle Kamu binaları ağır hasar görmüştür. Episantr alanı Balıkçay köyü yaylası, Hanoçayırı-Kurtuluş ve Sudüğünü Yaylası arasında kalan alandır. Depremin aletsel dış merkezine en yakın yerleşim birimlerinden Hanoçayırı, Sudüğünü mezrasında KB-GD doğrultulu  $K20^{\circ}-30^{\circ}B$  gidişli kademeli kırıklar görülmüştür.

Depremin sonucu yeraltı su basıncının etkisi ile çok büyük alanda çökmeler ve çamur akıntıları oluşmuştur. Yer yer 40-65 cm.'lik kademeli düşey, batı yönünde çökmeler oluşmuştur. Bölgede fay izi KB-GD gidişli Kade dağları yamaçlarında devam etmiştir. Hanoçayırı mezrasında sıvılaşma, oturma, çökme ve faylanma örnekleri bir arada görülmüştür. Deprem Bingöl ilinde özellikle Göynük Çayının alüvyon sekileri üzerinde kurulu bulunan binalarda ağır hasara, yıkıma ve ölüme neden olmuştur.



Depremde Bingöl ilinin Çeltiksuyu Yatılı Bölge Okulu tamamen yıkılmış ve 84 öğrenci enkaz altında hayatını kaybetmiştir. Bunun yanında birçok kamu binası hasar görmüştür. Merkeze ve Sancak beldesine bağlı birçok yerleşim yerinde ağır hasar ve can kaybı meydana gelmiştir. Özellikle Çimenli (Lek) köyünde 15 vatandaşımız hayatını kaybetmiştir. Depremin makrosismik episantrı Bingöl'e yaklaşık 12 km. uzaklıkta Hanoçayırı-Elmaçayırı ve Sudüğünü yaylaları arasında kalan bölgedir. Alan dağlık olup çok sık yerleşim yerleri yoktur. En yakın yerleşim birimleri Balıkçay, Hanoçayırı Köyü, Elmaçayırı köyü ve Kurtuluş köyüdür. Aletsel ve gözlemsel episantr arasında çok iyi bir uyum söz konusudur. 2003 Bingöl depreminin dış merkezi KB-GD gidişli fay parçası ile son derece uyumlu olduğu gözlenmiştir. Kurtuluş-Elmaçayırı-Hanoçayırı arasından geçen ve Balıkçay-Çimenli köylerine doğru K-KB yönünde devam eden fay 2003 Bingöl depremi ile kırılan fay olarak tanımlanmıştır. Yapılan saha gözlemleri de bu tanımlı desteklemektedir.

Çalışmada 1971-2015 yılları arasında Bingöl'de meydana gelen büyüklüğü  $M_w > 5.0$  olan 12 depremlerin fay düzlemi çözümleri verilmiştir. 6 depremin fay düzlemi çözümü çalışma kapsamında yapılmıştır. Yapılan gerilme analizi bölgedeki hakim gerilme eksenlerinin genel olarak KB-GD yönlü sıkışma ve KD-GB yönlü açılma eksenleri ile karakterize olan doğrultu atımlı faylanmanın günümüzde de bölgede hakim olduğu göstermektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Bingöl, Doğu Anadolu, Göynük çayı, Hanoçayırı, fay düzlemi, doğrultu atımlı faylanma

**Abstract :** In this study, Bingol Earthquakes ( $M > 6.0$ ) which have occurred in recent years have been evaluated from seismological point of view. The Eastern Anatolia Region is the most seismologically deformed area of the Anatolian plate and is under compression due to the relative movement of the Arabian and Eurasian plates in general. The Anatolian plate bounded by the North Anatolian (NAFZ) and Eastern Anatolian Fault Zones (DAFZ) moves relatively westward. Bingol Earthquakes are located within the Eastern Anatolian Fault Zone and this fault zone occurs due to the movement of the parts.

The most important earthquakes in Bingöl during the instrumental period were the 1971 and 2003 earthquakes. Bingöl Fault starts from the south of Bingöl and extends along the Göynük Suyu valley. This fault length is about 75 km. which is northern part of the Eastern Anatolian Fault Zone and joins the NAFZ after passing through the villages of Serpemekaya and Sakaören.

22 May 1971 Bingöl earthquake surface fracture is followed to Göynük stream and extends southward from Sarıçiçek towards Çeltiksuyu villages. The damage was quite high on the alluvial ground where Old Bingöl (Çapakçur) was established. The field observations showed the presence of an active fault on the east side of the town of Karliova, which was connected to the NAF system and to the Bingöl lowland in the south. In the earthquake of 1971, there were also damaged settlements far away from epicenter. Among these settlements, there are villages close to the epicenter of the 2003 earthquake.

During the Bingöl earthquake, about 38 km surface rupture occurred which it started from

Ormanardı to the southeast of Bingöl and extends to the N45E degree in the southwestern direction of Göynük. The observed faults showed a strike-slip and a left lateral movement and the fault plane solutions supported the field observations.

The other important earthquake occurred on May 1, 2003. In this earthquake, 176 citizens were killed and 521 citizens were injured in various places. In particular, public buildings were severely damaged. The Episantr area is between the Balıkçay village plateau, Hanoçayırı-Kurtuluş and Sudüğünü Plateau.

Stepped fractures with NW-SE trending N20°-30°W trending were observed in Hanoçayırı, which is one of the closest settlements of earthquake. As a result of earthquake, a great deal of collapses and mud currents were formed due to the effect of groundwater pressure. In places, 40-65 cm gradual vertical, west direction collapses occurred. The fault traces in the region continued on the slopes of the NW-SE trending Kade mountains. Liquefaction, sitting, collapse and faulting samples were seen together in Hanoçayırı hamlet. The earthquake caused severe damage, destruction and death in the buildings located on the alluvial terrace of Göynük Creek in Bingöl province.

During the earthquake, the Çeltiksuyu Boarding School of Bingöl province was completely destroyed and 84 students died under the rubble. In addition, many public buildings were damaged. Severe damage and loss of life occurred in many settlements connected to the center and the town of Sancak. Especially in Çimenli (Lek) village, 15 people lost their lives.

The macroseismic epicenter of the earthquake is approximately 12 km. distance between the district of Elçağını-Elmaçayırı and Sudüğünü plateaus. The area is mountainous and there are no frequent settlements. The nearest settlements are Balıkçay, Hanoçayırı Village, Elmaçayırı village and Kurtuluş village. There was a very good fit between instrumental and observational epicenters. It was observed that the epicenter of Bingöl earthquake was highly compatible with the NW-SE trending faults. The fault of N-NW, which passes between Kurtuluş-Elmaçayırı-Hanoçayırı and towards the Balıkçay-Çimenli villages, was defined as the fault which was broken by the 2003 Bingöl earthquake. Field observations studied by us support this definition.

In this study, 12 earthquakes fault plane solutions have given (magnitude  $M > 5.0$ ) between 1971-2015 time period in Bingöl. The fault plane solution of 6 earthquakes was conducted within the scope of the study. The stress analysis shows that the dominant stress axes in the region are dominated by NW-SE directional compression and strike-slip faulting which are characterized by NE-SW extension axes.

**Keywords:** Bingöl, East Anatolia, Göynük stream, Hanoçayırı, fault plane, strike-slip faulting



TMMOB  
JEOLOJİ MÜHENDİSLERİ ODASI  
CHAMBER OF GEOLOGICAL ENGINEERS OF TURKEY

Uluslararası Katılımlı 72. Türkiye Jeoloji Kurultayı  
28 Ocak-01 Şubat 2019, Ankara, Türkiye  
72<sup>nd</sup> Geological Congress of Turkey with international participation  
28 January-01 February 2019, Ankara, Turkey



## Batı Anadolu'nun Jeodinamiğinin Telesismik Tomografi ile Araştırılması

### *Investigation of Geodynamics of Western Anatolia Using Telesismic Tomography*

**Hilal Yalçın, Levent Gülen**

*Sakarya Üniversitesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, 54187 Serdivan, Sakarya*

*(hdamac@sakarya.edu.tr)*

**Öz:** Batı Anadolu'nun litosfer ve manto yapısının uzak alan deprem seyahat zamanları verileri kullanılarak üç boyutlu (3-D) tomografik ters çözüm yöntemleriyle saptanması bu çalışmanın konusunu oluşturmaktadır. Sismik tomografi sayesinde mantonun heterojen yapısının araştırılması, yitim zonlarının derinlikle değişen geometrilerinin belirlenmesi, mantodaki yüksek hızlı anomalilerin belirlenmesi ve yükselen manto sorguçlarının saptanması mümkündür.

Bu çalışmada 2008-2016 yılları arasında, 28° ile 90° arasında kalan uzaklıklarda meydana gelen, magnitüdü  $M_w > 5.5$  büyük olan toplam 126 depreme ait veriler kullanılmıştır. Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü Bölgesel Deprem-Tsunami İzleme ve Değerlendirme Merkezi (BDTIM)'nin 53 adet istasyonunda ve Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD)'nin 71 adet istasyonunda 126 adet uzak alan deprem kaydının toplam 15624 adet P dalgası varış zamanları okunmuştur. Varış zamanları dört frekans bandında filtrelenen sismogramlar üzerinde seçilmiştir. (0.1 -0.4Hz, 0.05- 0.1 Hz, 0.02 – 0.8 Hz, 0.5-20 Hz). Veri seti hazırlandıktan sonra Adaptif Yığıma Tekniği kullanılarak bir boyutlu ak135 global hız modeline göre varış zamanı rezidüelleri ve ak135 hata miktarları elde edilmiştir. Bu sonuçlar hızlı ışın ilerleme tekniğine (Fast Marching Telesismic Tomography), dayalı telesismik tomografi ters çözümünde kullanılmış ve Batı Anadolu'nun altında ~700km derinliğe kadar üç boyutlu P dalgası hız yoğunlukları elde edilmiştir. Elde edilen tomografik hız kesitlerinden yola çıkılarak, bölgenin jeodinamik yapısı yorumlanmıştır.

3 boyutlu hız modelleri çalışma alanında üst mantoda belirgin iki adet, farklı yüksek hız zonu mevcuttur. Tomogram kesitleri; kuzeye dalan Ege okyanusal litosfer dilimini net bir şekilde göstermekte ve bu slab ile Ege kıtasal litosferi arasında kalan düşük hıza sahip olan kama bölgesi aktif Ege yay volkanizmasının manto kaynak bölgesi olarak yorumlanmıştır.

Elde ettiğimiz tomografik sonuçlar kuzeyde güneye doğru dalan ikinci bir yüksek hızlı zonun varlığını göstermektedir. Bu ikinci yüksek hızlı zon Marmara Denizi'nin altında, mantoda 350 km derinliğe kadar uzanmakta ve 200 km civarında kopmuş iki parçadan oluşan bir okyanus litosferi özelliği göstermektedir. Bu ise Karadeniz okyanus litosferinin güneye doğru dalan bir kalıntısı olarak yorumlanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Jeodinamik, batı Anadolu, telesismik tomografi.

**Abstract:** The main scope of this research is the investigation of the lithosphere and mantle structure of the Western Anatolia. It is possible to investigate heterogeneous mantle structure,

determination of the geometry of the subduction zones, the delineation of fast seismic velocity anomalies in the mantle, delineation of possible subducted oceanic lithospheric slabs, the identification of mantle upwelling zones can be achieved using seismic tomography.

In this study, we used 15,624 direct P phase arrival times from 126 earthquakes recorded at a variety of permanent seismic networks (Bogazici University Kandilli Observatory and Earthquake Research Institute and Disaster and Emergency Management Authority). We selected arrivals from earthquakes with moment magnitude 5.5 and greater ( $M_w > 5.5$ ) at distances between  $28^\circ$  and  $90^\circ$  from the stations for direct P phases (126 earthquakes). Arrival times were picked on seismograms filtered in four frequency bands with corner frequencies of (0.1-0.4 Hz, 0.05-0.1 Hz, 0.02-0.8 Hz, 0.5-20 Hz) and 0.05-0.15 Hz for all stations. After combining data sets, relative arrival time residuals and errors were determined with respect to the ak135 one dimensional global velocity models using the Adaptive Stacking Method. These results were used in the fast marching teleseismic tomography inversion and we have obtained new three-dimensional (3-D) P-wave velocity perturbations of the mantle beneath Western Anatolia down to about 700 km depth. Based on the obtained tomographic slices the geodynamic structure of the region has been interpreted.

Our 3D velocity models indicate that there are two distinct high velocity anomalies in the mantle. Seismic tomographic cross-sections clearly show the northward subducting African slab as well as the low-velocity subduction wedge located between this slab and the Aegean continental lithosphere. This low-velocity wedge can be interpreted as the mantle source region of the active Aegean arc volcanism.

The obtained tomographic results also indicate the presence of a distinct, southward subducting high-velocity zone in the north. This high-velocity zone, which is located beneath the Marmara Sea, extends down to 350 km and it consists of two oceanic lithospheric pieces that were detached at about 200 km depth. This structure can be interpreted as the remnant of the southward subducting Black Sea oceanic lithosphere.

**Keywords:** Geodynamics, teleseismic tomography, western Anatolia.



## 2017 ve 2018 Kasım Depremleri, Ezgele (Sarpol Zahab), Kermanşah GB İran; Sismo-Tektonik Özellikleri

*Seismotectonic Aspects of 2017 and 2018 November Earthquakes, Ezgele (Sarpol Zahab), Kermanshah, SW Iran*

Mehdi Zare<sup>1</sup>, Mehmet Salih Bayraktutan<sup>2</sup>

<sup>1</sup> International Institute of Earthquake Engineering & Seismicity, IIEES, Tehran, Iran

<sup>2</sup> Iğdır University, Engineering Faculty, Suveren Campus, Iğdır, Turkey  
(mehdi.zare.iran@gmail.com)

**Abstract:** A major earthquake with moment magnitude of Mw 7.3 hit Kermanshah Province, (Ezgele) SW Iran, at 18:18 pm UTC, near Iraq border. Earthquake caused extensive structural damage and casualties, as well as surface ruptures, landslides and slope failures. Just one year later in November 2018, a second earthquake with Mw 6.4 occurred almost in the same epicentral area (anniversary).

Seismicity preceding this earthquake, has been analysed to understand whether the information from past events could provide some insights about the occurrence of this and other future large earthquakes. The instrumental earthquake catalogs available for the territory of Iran are investigated to explore the presence of specific seismicity patterns and the features of epicentral clustering. Methods for long term forecasts of large earthquakes have been developed over the past decade and provided successful prediction, in several regions of the world. Our result could highlight a quiescence preceding by about one year the Mw 7.3 earthquake occurred in November 2017. Given these positive results, the analysis is expanded to other major events reported in the region, to verify the generality of this pattern. Finally, the analysis is expanded to other catalogs available for the investigated territory (namely the ISC and the USGS global data sets) in order to assess the robustness of the detected features.

We have studied the temporal behavior of Mw=7.3 Ezgeleh; Sarpol-Zahab aftershock sequence for about a month, using the modified Omori law. The results have shown that the aftershock decay rate of this earthquake (i.e. p-value=0.87) is lower than its mean/median value in empirical studies, and the decay curve of the aftershocks is not parallel to the horizontal axis. Thus, we may conclude that more aftershocks would be probable over the region, and the sequence of them, including the secondary aftershock sub-sequences, would continue for a long time (i.e. for some years). Furthermore, the results may show the structural heterogeneity in the crust of the region.

**Key words:** Ezgeleh earthquake, Iran , 2017, 2018, surface ruptures, Kermanshah province

**Öz:** Moment büyüklüğü Mw 7.3 olan yıkıcı bir deprem Kermanşah Eyaletinde 12 Kasım 2017 de, saat 18.18 de meydana gelmiş, ağır hasar ve can kaybına yol açmıştır. Hasar dışında arazi-

de yüzey kırıkları, heyelanlar ve moloz akıntıları meydana gelmiştir. Tam bir yıl sonra Kasım 2018 de, aynı alanda ikinci bir deprem Mw 6.4 meydana gelmiştir.

Geçmiş depremlerin verileri bundan sonra veya gelecekteki büyük depremlerin oluşumuna ait verebileceği belirtileri anlamak için, Ezgele depreminin artı şokları bir ay kadar analiz edilmiştir. İran'ın GB bölgesine ait mevcut aletsel deprem katalogları, bu depremden önce belirgin bir sismik pattern değişimi veya episantr dağılımında herhangi bir kümelenme olup olmadığını anlamak üzere incelenmiştir. Son on yılda geliştirilmiş olan ve dünyanın değişik bölgelerinde başarılı sonuçlar vermiş, uzun vadede büyük depremlerin önceden tahmini yöntemleri Ezgele depremine de uygulanmıştır. Sonuçlar, Kasım 2017 Depremini uzun bir süre sismik sakinliğin takip edeceğini göstermiştir. Böyle bir müsbet sonuç elde edilince analizler, elde edilen patternin genele uygulanabilirliği ve geçeli olup olmadığı kanıtlamak üzere bu bölgede meydana gelmiş diğer büyük depremlere de genişletilmiştir. Daha sonra uygulanan analiz yöntemlerinin güvenilirlik ve geçerliliğini kanıtlamak amacıyla, bu bölgenin sismik kayıtlarını içeren mevcut diğer kataloglar (ISC ve USGS Global Data Set) kullanılarak daha da genişletilmiştir.

Ezgeleh Mw 7.3 Sarpol-Zahap depremi artçı şoklarının geçici davranışları değiştirilmiş Omori yasasını kullanarak yaklaşık bir ay boyunca çalışılmıştır. Elde edilen sonuçlar bu depremin artçışok dizisinin zayıflama oranı (decay rate, p-value=0.87) kendisinin mean/median değerinden düşük olduğunu göstermiştir. Amprik çalışmalarda artçı şokların zayıflama eğrisinin yatay eksene paralel olmadığı görülmüştür. Bu durumda, bölgede daha uzun bir süre etkinliğin artarak devam edeceğine karar verilebilir. Bu uzun artçışok dizilimi içinde ikincil alt-dizimler de barındıran yıllarca sürecek etkinlik söz konusudur. Ayrıca, sonuçlar bölgenin heterojen bir kabuk-yapısına sahip olduğunu da yansıtmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Ezgeleh Depremi, İran , 2017, 2018, yüzey kırıkları, Kermanshah bölgesi



## Marmara Bölgesindeki Kuvvetli Yer Hareketi Karakteristikleri

### *Strong Ground Motion Characteristics of the Marmara Region*

**Berrak Fırat**

*İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi*

*(berrakf@istanbul.edu.tr)*

**Öz:** 17 Ağustos 1999 Kocaeli depremi ve 12 Kasım 1999 Düzce depremi Marmara Bölgesinde bulunan çevre illerde önemli hasara neden olmuştur. Deprem sonrası yapılan araştırmalarda, oluşan ağır hasarın %48'i Kocaeli, %29'u Sakarya ve %14'ü ise Yalova il sınırlarında meydana geldiği belirtilmiştir. Hasara etki eden en önemli faktörler; kalitesiz inşaat malzemesi kullanımı, deprem yönetmeliğine uyulmaması, kuvvetli yer hareketinin özellikleri ve yerel zemin koşullarıdır. Deprem kaynağına aynı uzaklıktaki bir bölgede, farklı zemin koşulları yer hareketi tepkilerini de değiştirmektedir. Genellikle, yaşlı kaya birimleri üzerine çökelmiş ve kaya zeminle önemli derecede yoğunluk farkı bulunan genç çökel alanlar deprem dalgalarının genliklerini büyütmektedir.

Çalışmada, Kocaeli (17.09.1999), Düzce (12.11.1999) ve Sakarya (23.09.2000) depremlerinin farklı istasyon ve zemin koşullarındaki davranışları ile bu istasyonların kaydettiği farklı büyüklük, derinlik, dış merkeze sahip ivme kayıtları incelenmiştir. Düşey/Yatay ivme tepki spektrum (D/Y) oranlarını, deprem efektif sürelerin (ES) ve kümülatif mutlak hız (KMH) değerlerinin depremin büyüklüğü, faydan uzaklık ve zemin etkisiyle nasıl değişim gösterdiği araştırılmıştır. Kocaeli, Düzce ve Sakarya depremlerini kaydetmiş Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı'na (AFAD) ait istasyonlardan hesaplanan efektif süreler faydan uzaklıkla doğrusal olarak artmakta, en hızlı artış düşey bileşende izlenmektedir. Efektif sürelerin ve kümülatif mutlak hız değerlerinin uzaklıkla değişimi karşılaştırıldığında, süreler artarken, hız değerleri azalmaktadır. Efektif sürenin uzun olması sarsıntının etkisini arttırmaktadır.

Mühendislik ana kayası ve deprem hareketinin büyütüldüğü sediman tabakalar üzerinde yer alan istasyonlar için zemin yüzeyindeki ivme tepki spektrumu iyi bilinmelidir. Çalışmada hesaplanan ivme tepki spektrumlarından D/Y spektral orandaki değişimler hesaplanmıştır. Sonuçta zaman ve frekans ortamı parametrelerinin faydan uzaklık, farklı zemin koşulları ve depremin büyüklüğünün bir fonksiyonu olduğu belirlenmiştir. D/Y oranların faya yakın alanlar için 0.4sn ve daha kısa periyotlarda deprem mühendisliğince kabul edilen 2/3 değerini aştığı belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Kuvvetli yer hareketi, maksimum yer ivmesi, kümülatif mutlak hız, deprem.

**Abstract:** 17 August 1999 Kocaeli Earthquake and 12 November 1999 Düzce Earthquake in the Marmara region, causing considerable damage has been found in the neighboring provinces. After the earthquake in the research, 48% of heavy damage in Kocaeli, Duzce province

29% and 14% occurred in the province of Yalova is indicated. The most important factors that influence damage, shoddy construction material usage, failure to comply with earthquake regulations and the characteristics of strong ground motions and local soil conditions. As a result of differences in local soil conditions, the same distance from the earthquake source, in a region where the ground motion may show different responses. Generally, young sedimentary areas that are deposited on old rock units and have a significant density difference with rock sites increase the amplitudes of seismic waves.

In this study, Kocaeli (17.09.1999), Duzce (12.11.1999) and Sakarya (23.09.2000) earthquakes in different stations and site condition were analyzed. It has been investigated that the ratios of vertical to horizontal (V/H) acceleration response spectrum, effective duration (ED) and cumulative absolute velocity (CAV) change with size of earthquakes, distance to the fault and site condition. Effective durations, calculated from stations of Disaster and Emergency Management Authority (AFAD) which records Kocaeli, Duzce and Sakarya earthquakes, are linearly increased with the distance to the fault. Minimum effective durations were estimated at the Duzce and Bolu stations. When the changes between effective durations and cumulative absolute velocity values with the distance are compared, durations were decreased and velocity values were increased. The low effective duration leads to an increase in the level of ground shaking.

The acceleration response spectrum on the ground surface should be well known for the stations located on the engineering bedrock and the sediment layers where the earthquake movement are enlarged. V/H spectral ratios were calculated by using the acceleration response spectra obtained in the study. As a conclusion, it was determined that the time and frequency domain parameters are a function of the distance from the fault, different ground conditions and the magnitude of the earthquake. It was determined that V/H ratios exceed the value of 2/3 which is accepted as earthquake engineering in periods of 0.4sn and shorter for the areas near the fault.

**Keywords:** Strong ground motion, peak ground acceleration, cumulative absolute velocity, earthquake.





## Ampirik Fourier Genlik Modeli'nin Türkiye'deki Son Depremler ile Uyumuna Üzerine Bir Çalışma

*A Case Study for the Consistency of Empirical Fourier Amplitude Spectrum Models with Recent Earthquakes in Turkey*

**Tuğçe Tetik, Gülüm Tanırca**

*Deprem Mühendisliği Bölümü, KRDAE, Boğaziçi Üniversitesi, Türkiye  
([tugce.tetik@boun.edu.tr](mailto:tugce.tetik@boun.edu.tr))*

**Öz:** Bu çalışmada Türkiye'de son 7 yılda meydana gelen büyük deprem kayıtları kullanılarak küresel Ampirik Fourier Genlik Spektral Modelinin bölgesel uygulanabilirliği incelenmiştir. Bu uygunluk 2011 Van Depremi (Mw:7, ters fay), 2014 Gökçeada Depremi (Mw:6.6, doğrultu atımlı fay) ve 2017 Bodrum Depremi (Mw:6.6, normal fay) kayıtlarına ile sınanmıştır. 3 depreme ait 440 adet kuvvetli yer hareketi kaydı, Afet ve Acil Durum Yönetimi Dairesi tarafından işletilen Ulusal Kuvvetli Yer Hareketi Veri Tabanı'ndan alınmış ve temel sinyal analizi uygulanmıştır. Denklem tutarlılığı ayrıık frekanslarda, çeşitli uzaklıklardaki rezidüeller hesaplanarak, kontrol edilmiştir. Residüellerde gözlenen sapmaların, gerilme düşümü, kapa, Moho süreksizliği ve bunun gibi bölgesel etkiler sebebiyle oluşabileceği düşünülmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Ampirik fourier genlik spektral modeli, kuvvetli yer hareketi, yer hareketi tahmin modeli

**Abstract:** In this paper, the regional applicability of a global Empirical Fourier Amplitude Spectrum model is investigated using the recent earthquakes in Turkey. The empirical equation has been applied to 440 strong motion recordings of the 2011 Van Earthquake (Mw:7), the 2014 Gökçeada Earthquake (Mw:6.6) and the 2017 Bodrum Earthquake (Mw:6.6) as representatives of thrust, strike-slip, and normal type faulting in Turkey. Data set was compiled national ground-motion database, which is maintained and operated by Disaster and Emergency Management Authority. Consistence at discrete frequencies is checked through the residual values at various distances. Any deviation from the unity could be the indicator of regional effects including stress drop, kapa, and Moho effect.

**Keywords:** Fourier amplitude spectrum model, ground motion prediction equation, strong ground motion



## Güncellenmiş Türkiye Kuvvetli Yer Hareketi Veri Setiyle D/Y Tahmin Denklemlerinin İrdelenmesi

### *Evaluation of the V/H Predictive Equations with the Updated Turkish Strong Ground Motion Database*

M. Abdullah Sandıkkaya<sup>1</sup>, Nima Aghaalipour<sup>2</sup>, Zeynep Gülerce<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Hacettepe Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, 06800, Ankara

<sup>2</sup>Orta Doğu Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 06800, Ankara

(abdullahsandikkaya@hacettepe.edu.tr)

**Öz:** Bu çalışmanın amacı, düşey yer hareketi bileşeni için Türkiye yapılacak olan olasılıksal sismik tehlike analizi çalışmalarında kullanılacak olan yer hareketi tahmin denklemlerinin yer hareketi veri seti kullanılarak seçimini yapmaktır. Çalışma iki bölümden oluşmaktadır: (i) Türkiye için kuvvetli yer hareketi veri setinin güncellenmesi, (ii) sismik tehlike analizinde kullanılacak olan aday D/Y oranı modelleri için Türkiye kuvvetli hareketi veri setiyle olan tutarlılığının test edilmesi. Güncellenmiş veri setini, 672 depremden alınan 2698 kayıt içermektedir. Aday D/Y oranı modellerinin tahmin etmede kullanılmak üzere deprem meta verileri, alan kaynak mesafe ölçüleri ve saha koşulları mevcuttur. Veri setiyle uyumu en iyi olan tahmin denklemleri literatürde en yaygın olarak kullanılan metotlar uygulanarak elde edilmiştir. Seçilen üç tahmin denklemlerinden birinin tüm spektral periyotlarda kullanılmasına karar verilmiştir. Diğer iki modelin ise kısa periyotlarda ( $T < 0.5s$ ) ve uzun periyotlarda ( $T > 0.5s$ ) ayrı ayrı kullanılmak üzere seçilmiştir. Daha sonra kalıntı analizi yapılarak, seçilen modellerin medyan tahminlerinde gerek kaynak gerek iz gerekse zemin parametreleri açısından sistematik bir sapma göstermediği bulunmuştur. Bu çalışmanın bulguları ile düşey yer hareketi için yapılacak olan çalışma sonucunda Türkiye için bir mantık ağacı belirlenecektir.

**Anahtar Kelimeler:** Türkiye kuvvetli yer hareketi, D/Y tahmin denklemleri, sismik tehlike analizi

**Abstract:** The objective of this study is to select the vertical ground motion prediction equations with the observed ground-motion database that is used in the probabilistic seismic hazard analysis in Turkey. The study is composed of two parts: (i) updating the strong motion dataset for Turkey, (ii) testing the consistency of the Turkish strong motion dataset for the candidate V/H ratio models that are used in the seismic hazard analysis. Updated strong motion database contains 2698 recordings from 672 earthquakes. The earthquake metadata, source-to-site distance metrics and site conditions are available for estimating the predictions of the candidate V/H ratio models. The best predictive models that are compatible with the database are selected with the recent state-of-art methods. We use the one of the selected models for all the spectral period range. The others are selected to be used for short periods ( $T < 0.5s$ ) and long periods ( $T > 0.5s$ ) ranges separately. Analysis of the residuals showed no systematic bias in the median predictions of all candidate models for source, path and site terms. Findings of this

study and the compatibility analysis of the vertical ground-motion models with the updated database are combined to provide a complete logic tree for Turkey.

**Keywords:** Turkish strong ground motion, V/H predictive equations, seismic hazard analysis



## Balıkesir Bölgesi için Yüksek-frekanslı Spektral Sönüm (Kappa) Modeli

### *High-frequency Spectral Attenuation (Kappa) Model for the Balıkesir Region, Turkey*

**Fatma Nurten Sisman<sup>1</sup>, Tevfik Özgür Kurtulmuş<sup>2</sup>, Aysegül Askan<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Ayvalık Municipality, Ayvalık-Balıkesir/Turkey and Middle East Technical University, Departments of Engineering Sciences, Üniversiteler Mah. Dumlupınar Blv. No:1, 06800 Çankaya Ankara/Turkey

<sup>2</sup>Dokuz Eylül University, Faculty of Engineering, Department of Geophysical Engineering, Tınaztepe Campus, TR 35397, Buca-Izmir/Turkey

<sup>3</sup>Middle East Technical University, Departments of Civil Engineering and Earthquake Studies, Üniversiteler Mah. Dumlupınar Blv. No:1, 06800 Çankaya Ankara/Turkey

(f.nurtensisman@gmail.com)

**Öz:** Bir bölgedeki (olası) kuvvetli yer hareketi benzeşimlerinin başarısı o bölgedeki sismik parametrelerin doğru şekilde belirlenmesine bağlıdır. Kappa, stokastik kuvvetli yer hareketi benzeşiminde, yer hareketinin yüksek frekanslardaki ( $f > 10$  Hz) sönümlenme davranışını açıklamak için kullanılan parametredir. Kappa ( $\kappa$ ) faktörü S dalgasının yüksek frekans bandındaki üstel spektral azalımını ifade eder. Türkiye’de meydana gelen birkaç yıkıcı deprem için stokastik benzeşim çalışmaları yapılmasına rağmen, birkaçında ele alınması dışında, henüz, Türkiye’de kaydedilen yer hareketlerinden kappa kestirimine yönelik sistematik bir çalışma yapılmamıştır. Bu çalışmada, Balıkesir yöresindeki istasyonlarda kaydedilen  $M \geq 3.5$ ’ten büyük depremlerden oluşan kuvvetli yer hareketi veri seti kullanılmıştır. Kappa faktörleri, her bir kayıt için S dalgasının yatay ve düşey bileşenleri kullanılarak hesaplanmıştır. Daha sonra, her istasyonun sıfır mesafe kappa ( $\kappa_0$ ) değeri belirlenmiş ve bu değerler ile sismik istasyonların Vs30 değerleri gibi diğer sismik parametreler arasındaki ilişki araştırılmaya başlanmıştır. Bu çalışma Balıkesir ve ilçelerinde yer alan istasyonlardaki (Balıkesir, Ayvalık, Bandırma, Bigadiç, Dursunbey, Edincik, Edremit, Gönen, Sındırgı) kaydedilen farklı episantr uzaklıklarında, geniş bir büyüklük aralığına sahip birçok depremi kullanarak bu bölge için gerçekleştirilen ilk sistematik çalışma olması açısından önemlidir.

**Anahtar Kelimeler:** Yüksek-frekanslı sönüm, kapa ( $\kappa$ ) faktörü, yer hareketi benzeşimi, zemin sınıflandırması, Balıkesir.

**Abstract:** The success of strong ground motion simulations in a region depends on the accurate determination of seismic parameters. Kappa is the parameter used for describing the attenuation behavior of ground motions at high frequencies ( $f > 10$  Hz) in stochastic simulation. Kappa ( $\kappa$ ) factor states the exponential spectral decay of S waves in the high frequency band. Although several stochastic simulations are performed for a past destructive earthquakes occurred in Turkey, along with a limited number of attempts for estimating kapa, there, however, is not yet a systematic investigation from the ground motion records. In this study, we

used a strong ground motion dataset consisting of mostly small and moderate-size earthquakes ( $M \geq 3.5$ ) with a smaller number of larger events recorded at the stations in the Balıkesir region (Balıkesir, Ayvalık, Bandırma, Bigadiç, Dursunbey, Edincik, Edremit, Gönen, Sındırgı). Kappa factors are manually computed from the S-wave portion of both horizontal and vertical components for each record. Then, we determined the zero-distance kappa ( $\kappa_0$ ) value of each station and investigated the relationship between these values and other seismic parameters such as  $V_{s,30}$  values of the seismic stations. This study is significant in terms of being the first systematic study performed for this region by using many earthquakes with a large magnitude range at epicenter distances.

**Keywords:** Balıkesir, High-frequency attenuation, kappa ( $\kappa$ ) factor, ground motion simulations, site characterization,

**SONDAJ YÖNTEMLERİ VE TEKNOLOJİSİ**  
**/ DRILLING METHODS AND ITS TECHNOLOGY**  
Celalettin ŞİMŞEK - Mehmet Ruhi AKÇIL - Traugott SCHEYTT

---

**Sözlü Sunumlar/*Oral Presentations***

---

**ÖZ/ABSTRACT**





## Jeotermal Enerji Kuyu Sondajları

### *Geothermal Energy Drilling*

**Celalettin Şimşek, Niyazi Aksoy**

*Dokuz Eylül Üniversitesi, Torbalı Meslek Yüksek Okulu, Sondaj Teknolojileri Bölümü, İzmir, Türkiye*

*(celalettin@deu.edu.tr)*

**Öz:** Jeotermal kuyular, yeryuvarının ortalama sıcaklık gradyeninin üzerindeki bölgelerde diğer petrol, gaz, maden sondajlarından daha yüksek sıcaklığa sahip, ve sıcaklık artış hızının daha yüksek olduğu bölgelerde delinmektedir. Bu nedenle tüm ekipman ve servis hizmetlerinin yüksek sıcaklıklı ortamlara göre tasarlanması gerekir. Servis şirketleri (log, tahlisiye, çamur motorları vb) yüksek sıcaklıklı ortamlar için (genellikle >150°C) normal fiyatlarının üzerinde, genellikle %50'si kadar fazladan ücret talep etmektedirler. Diğer yandan, jeotermal sahalar volkanik veya metamorfizmanın hakim olduğu yerlerde yer aldığından bu ortamlarda daha sert ve aşındırıcı kayalar delinmektedir. Bu tür ortamlarda tatmin edici ilerleme hızlarına erişilebilmesi için, yüksek sıcaklık ortamlarında çalışmaya elverişli yatak ve sızdırmazlık elemanlarına sahip sert formasyona uygun ve matkap yanakları aşınmaya karşı güçlendirilmiş matkaplar kullanılmalıdır. Yüksek sıcaklık koruma borularının tasarımını da etkilemektedir. Boruların yüksek sıcaklık karşısında çekme, çökme ve patlama mukavemetleri azalmaktadır. Planlayıcının koruma borusu tasarımında, yüksek sıcaklığı dikkate alması gerekir. Yüksek sıcaklık, en büyük olumsuz etkiyi sondaj çamuruna yapar. Sondaj çamurunun reolojik özellikleri hızla bozular. Çamur viskozitesi ve su kaybı artar. Çamurun viskozite ve su kaybını kontrol etmek için yüksek sıcaklıkta çalışan polimerler kullanılır. Bunlarda sonuçta çamur maliyetini oldukça artırır.

Çimentolama yüksek sıcaklık ortamlarında başlı başına bir sorundur. Katkı maddeleri ile çimentonun erken prizlenmesi önlenmekle birlikte, çimento kaçakları koruma borularını zayıflatır. İlk üretim sırasında ya da işletme sürecinde, boruların çökmesine neden olarak kuyuların kaybına kadar giden bir süreci tetikler. Bunların dışında, jeotermal kuyularda yapılan sondaj çalışmalarının çevreye olan etkilerinin azaltılması ve halk tarafından kabul edilebilirliğinin artırılması için de planlayıcıların önlem almaları gerekmektedir. Öncelikle çamur için kullanılacak kimyasal maddelerin çevre dostu olmalıdır. Olası kaza ve fişkırama durumlarında jeotermal akışkanın, öncelikle akışının kontrol altına alınması ve çevreye yayılacak akışkanın toprağı ve suları kirletmeyecek şekilde bir yerde toplanması ve tüm sondaj operasyonlarında olası risklerin ve en kötü senaryoları içeren bir koruma planının hazır olması, sondaj personeline düzenli tatbikatının yaptırılması gerekir.

**Anahtar Kelimeler:** Jeotermal sondajlar, delme süreçleri, tasarım ve kontrol

**Abstract:** Geothermal wells are drilled above the average temperature gradient of the earth, where the gradient of temperature is higher than other other drilling application such as soil,



gas and mine soundings. For this reason, all equipment and services should be designed for high temperature environments. Service companies (log, rescuers, mud engines, etc.) charge an extra charge for high-temperature environments (usually  $> 150^{\circ}\text{C}$ ), generally above 50%. On the other hand, geothermal fields are located in places where volcanic or metamorphism is dominant, and harder and abrasive rocks are drilled in these environments. In order to achieve satisfactory drilling rates in such environments, suitable drill bits which have should be have shirt tail and gauge protection. The bearings and seals of the bit has high temperature resistance. High temperature affects the casing design. The tensile, collapsing and burst strength of the casings against the high temperature decreases. During casing design, the high temperature must be taken into account. High temperature makes the biggest negative impact on drilling mud. The rheological properties of drilling mud rapidly deteriorate. Mud viscosity and water loss increase. High temperature polymers are used to control the viscosity and water loss of the mud. These will ultimately increase the cost of drilling muds.

Cementing is another problem in high temperature environments. While early thickening of cement is prevented by additives, cement leaks weaken the casings. During the initial production or operation, it causes the pipes to collapse, triggering a process that leads to the loss of the wells. In addition, a drilling plans need to take measures to reduce the environmental impact of drilling operations in geothermal wells and to increase public acceptance. First of all chemical substances to be used for mud should be environmentally friendly. In case of a possible accident and blow out, geothermal fluid must be controlled firstly and the fluid to be spread to the environment must be collected in such a way that the soil and water will not be polluted.

**Keywords:** Geothermal drilling, drilling processes, design and controls



## Şehir İçi Sondajlarda Sonik Vibrasyon Tekniğinin Sağladığı Avantajlar

### *Advantages of Sonic Vibration Technique in Urban Drilling*

**Caner Tükel, A. Kadir Şen**

*Ekoton Çevre ve Tarım Mühendislik Tic ve San. Ltd. Şti, Mustafa Kemal Mah. 2123. Cad.  
No:2-D Cepa Ofis Kule Kat 5 No:501, Çankaya / ANKARA*

*(caner@ekoton.com.tr)*

**Öz:** Sonik sondaj, uygulanan sonik vibrasyon ile toprağın sıvılaşması, atalet etkisi ve toprak porozitesinin geçici olarak küçültülmesi gibi etkilerle daha hızlı ve güçlü sondaj yapma tekniğidir. Geleneksel sondaj yöntemlerinde karşılaşılan bir çok problem bu yöntem ile ortadan kaldırılmaktadır. Bu tekniği kullanarak üretilen yeni nesil sondaj makinelerinin maden arama faaliyetlerinde, temel ve geoteknik sondaj çalışmalarında, çevresel örneklemelemlerde sağladığı pek çok avantaj bulunmaktadır.

Bu avantajlar;

- Alüvyonlu topraklarda çok hızlı ve verimli örnek alınması,
- Kaya, beton, granit ve diğer yüksek yoğunluklu tabakalara daha hızlı penetrasyon ve örnekleme,
- Küçük ve güçlü makineler ile ulaşılması zor alanlardan bile örnek alınabilmesi,
- Şehirlerde geleneksel yöntemlere göre % 70'e yakın daha az atık ile temiz sondaj yapılabilmesi,
- Geleneksel yöntemlere göre 6 kat daha hızlı sondaj ile şehir halkına verilen rahatsızlığın azaltılması,
- Geleneksel yöntemlere göre daha az ses ile çalışma imkanı sağladığı için şehir halkına daha az rahatsızlık verilmesi,
- Farklı katmanların tek numune ile alınabilmesi,
- Kirlenmiş sahalardan çok az bulaşma ile örnek alınabilmesi,
- Sondaj ekipmanlarının daha az aşınması ve yıpranması,
- Yatay sondaj ile daha kolay örnek alınabilmesi,

olmak üzere sıralanabilir.

Bu bildiride sonik vibrasyon yöntemi, sondaj işlemlerine uygulanması ve özellikle de şehir içi alanlardaki sondaj işlemlerindeki uygulamaları ve sağladığı avantajlar ile ilgili bilgiler verilecektir.

**Anahtar Kelimeler:** Sonik sondaj, temiz, sessiz, eşsiz örnek kalitesi, hızlı, güçlü

**Abstract:** Sonic drilling is fast and powerful drilling technique that is result of effect of liquefaction, inertia and temporary reduction of porosity of the soil with sonic vibration applied. Many problems encountered in traditional drilling methods can be eliminated by this method. The new generation of drilling machines produced by this technique has many advantages in mineral exploration activities, basic and geotechnical drilling operations, environmental sampling.

These advantages;

- High efficiency with extremely fast penetration speeds in alluvial material,
- Faster penetration and sampling of rock, concrete, granite and other high density layers
- Small and powerful machines can be taken samples from hard-to-reach areas
- Clean drilling with less than 70% less waste compared to traditional methods in cities,
- Reducing the disturbance given to city people by drilling 6 times faster than traditional methods,
- Less inconvenience to the people of the city as it provides less sound than traditional methods,
- Take different layers in one sample,
- Sampling at severely polluted sites with very limited smearing,
- Less wear and tear of drilling toolings,
- Easier sampling with horizontal drilling

can be listed.

In this abstract, sonic vibration method, application to sonic drilling and especially information about the applications and advantages of drilling operations in urban areas will be given.

**Keywords:** Sonic drilling, clean, silent, superior sample quality, fast, powerful



## Karotlu Sondaj Methodu ile Açılan Kuyularda Kullanılan Sondaj Sıvısı ve Testleri

### *Drilling Fluid and Tests Used in Core Drilling Method*

**Semih Zaman**

*Ortadoğu Sondaj San ve Tic A.Ş. Ankara*

*(semih.zaman@ortadogusondaj.com)*

**Öz:** Sondajın sağlıklı bir şekilde ilerlemesi ve sirkülasyon sıvılarından alınan numunelere uygulanan çeşitli testlerle formasyon hakkında bilgi edinilmesi için kullanılan sıvılara sondaj sıvıları denir. Bu sıvıların temelde kuyuyu temizleme, kesintileri yüzeye taşıma ve kuyu dibine çökmesini önleme, kuyu içi ekipmanın soğutulması ve yağlanması, kuyu stabilitesi, kuyu kontrolü ve kuyu içi ekipmanın korozyonunu önleme gibi görevleri bulunmaktadır.

Sondaj sıvısının içerisinde sıvılar ve katılar bulunur. Sıvılar; su, yağ ve çeşitli sondaj kimyasalları olarak ayrılmaktadır. Sondaj sıvısı içerisinde bulunan katılar ise başta bentonit olmak üzere kalsiyum karbonat, barit, kum, silika, tuz, incelticiler, polimerler ve kaçak önleyiciler olarak sıralanabilir. Karotlu sondajda sondaj sıvısının kritik önemi vardır. Karotlu sondaj tekniğinde geleneksel methodlardaki sondajlara göre anülüs boşluğu dar olduğundan dolayı sondaj sıvısının önemi büyük miktarda artmaktadır.

Sondaj sıvısının özellikleri; viskozite, filtrasyon, yoğunluk (ağırlık), jel oluşturma, kum miktarı ve kimyasal özelliklerdir. Bu özelliklerin değişimi sürekli olarak testler uygulanarak tespit edilmeli ve kontrol altında tutulmalı ve eğer gerekiyorsa sondaj sıvısı iyileştirilmelidir. Kuyu delinmeye başlanmadan kullanılacak sondaj sıvısı sistemi, sirkülasyon ve atık havuzu planlamaları yapılmalıdır. Sondaj çalışmaları sırasında periyodik sondaj sıvısı bakımı yapılması, hem sondaj sıvısı hazırlamak veya iyileştirmek için kullanılacak kimyasal miktarını en aza indirger, hem de kuyunun daha sağlıklı olarak tamamlanabilmesini sağlar.

**Anahtar Kelimeler:** Karotlu sondaj, sondaj sıvısı, sondaj sıvısı testleri, sondaj sıvısının özellikleri

**Abstract:** The fluids used for the safe drilling of the hole and for the information on the formation by the various tests applied to the samples from the circulation fluids are called drilling fluids. These fluids have duties such as cleaning wells, transporting cuttings to the surface, cooling and lubricating well equipment, well stability, well control and preventing the corrosion of bore hole equipments.

Liquids and solids are found in the drilling fluid. Liquids; water, oil and various drilling chemicals. Liquids; water, oil and various drilling chemicals. The solids in the drilling fluid can be listed as bentonite, calcium carbonate, barite, sand, silica, salt, thinners, polymers and loss control materials. Drilling mud is of critical importance in core drilling. Core drilling method

compared to conventional drilling method, the importance of drilling fluid is greatly increased due to the narrow space of the annulus.

Properties of drilling fluid; viscosity, filtration, density (weight), gel rate, percent of sand and chemical properties. The change of these properties should be continuously monitored and controlled, and the drilling mud should be improved if necessary. The fluid type, circulation and waste pool planning to be used without drilling the well should be done. Periodic fluid maintenance during drilling operations minimizes the amount of chemicals to be used to prepare or improve drilling mud, and ensures that the well is completed healthily.

**Keywords:** Core drilling, drilling fluid, drilling fluid tests, specifications of drilling fluid

**TIBBİ JEOLJİ / MEDICAL GEOLOGY**

Nurgül BALCI - Muzaffer METİNTAŞ - Engin TUTKUN - Gürhan YALÇIN - Yusuf URAS

---

**Sözlü Sunumlar/*Oral Presentations***

**ÖZ/*ABSTRACT***





## Ekinözü (Kahramanmaraş) Su Kaynaklarının İnsan Sağlığı Açısından Değerlendirilmesi

### *Hydrochemical Evolution of Ekinözü (Kahramanmaraş) Springs in Terms of Human Health*

Yusuf Uras<sup>1</sup>, İbrahim Karaoğlan<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Jeoloji Müh. Aşar Kampüsü/Kahramanmaraş

<sup>2</sup>Ekinözü Belediyesi Öztürk Mahallesi İbnisina Caddesi No:6/A Ekinözü/Kahramanmaraş  
(yuras@ksu.edu.tr)

**Öz:** Kahramanmaraş merkezinin kuzey doğusundaki Ekinözü içmelerinin soğuk su kaynakları Kahramanmaraşın sağlık turizmi açısından önemli mineralli su kaynaklarıdır. Ekinözü içmeleri, 21 adet pınar, 45 adet derin kuyu örnekleri ve 11 adet doğal kaynaklı mineralli suların su kimyası örneklerinin nokta tanımlamaları verileri dönemsel olarak ele alınmış ve incelenmiştir. Bu çalışmanın amacı, söz konusu içmelerin ve su kaynaklarını hidrojeokimya, izotop jeokimyası ve tıbbi jeoloji yönünden araştırılmasıdır. İncelemeye konu olan Ekinözü kaynakları, paleozoyik - mesozoyik yaşlı, metamorfik kırıntılı ve karbonatlar olarak adlandırılan Malatya metamorfitlerinin bir parçası olan Triyas Karabayır Formasyonu içerisinde çıkmaktadır. Su kalitesine mevsimsel etkinin olup olmadığını belirlemek için bir yıl boyunca her ay su örnekleme yapılmıştır. Su örnekleri üstünde çeşitli su kalitesi tayin parametreleri (sıcaklık, pH, iletkenlik, alkalinite, anyon-kasyon ölçümleri, metal derişimleri ve çözülmüş oksijen miktarı) ve ayrıca çevresel izotop değerleri (<sup>18</sup>O, <sup>2</sup>H and <sup>3</sup>H) analiz edilmiştir. Ekinözü su kaynaklarının genel olarak kireçli ve sert (100-500) sulara sahip olan Kahramanmaraş ve civarında, yıllık bazda ortalama 50 mg/CaCO<sub>3</sub> sertlik değeri sunan su kaynaklarının %50'den fazla olan sular; CaSO<sub>4</sub>, MgSO<sub>4</sub>, CaCl<sub>2</sub>, MgCl<sub>2</sub>'li sular sınıfında yer aldığı belirlenmiştir. <sup>18</sup>O-Döteryum grafiğine göre Ekinözü içmeleri (Kahramanmaraş) bölgesindeki su kaynakları akiferlerinin meteorik kökenli yağışlardan beslendiği belirlenmiştir. Tıbbi jeoloji açısından değerlendirildiğinde, bölgedeki Ekinözü içmeleri mineral açısından daha zengindir. Elde edilen sonuçlar mineralli su kaynaklarının içilebilirliğini, ve bu mineralli su kaynaklarının tarımsal sulama suyu açısından kullanılabilirliğini ortaya koymuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Kahramanmaraş, Ekinözü, çevresel izotop, su kalitesi,

**Abstract:** The springs of Ekinözü drinking in the north-east of Kahramanmaraş center are important mineral water resources of Kahramanmaraş for health tourism. Data on point descriptions of the samples of Ekinözü drinking, springs (n=21), deep wells (n=45) and water sources of mineral water (n=11) were analyzed and seasonally examined. The aim of this study is to investigate hydrogeochemistry, isotope geochemistry characteristics of water sources and eva-



uate data for medical geology respective. The Ekinözü resources ercolated through the , Triassic Karabayır Formation, which is a part of the Malatya metamorphites, called as paleozoic - mesozoic aged, metamorphic clastic and carbonates. Water sampling was carried out every month for one year to monitor possible seasonal effect on water quality. Various water quality parameters (temperature, pH, conductivity, alkalinity, anion-cation measurements, metal concentrations and dissolved oxygen content) and environmental isotope values ( $^{18}\text{O}$ ,  $^2\text{H}$  and  $^3\text{H}$ ) were analyzed for water samples. The water resources of Ekinözü are generally in calcareous and hard (100-500) waters in Kahramanmaraş and its close vicinity. The water resources with an average hardness value of 50 mg /  $\text{CaCO}_3$  on an annual basis are more than 50%; of all the samples  $\text{CaSO}_4$ ,  $\text{MgSO}_4$ ,  $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{MgCl}_2$  was found to be in the water class. The  $^{18}\text{O}$  and -deuterium values showed that, the aquifers of Ekinözü. (Kahramanmaraş) were fed by meteoric precipitation. The data evaluated for medical geology perspective indicate that Ekinözü drinking in the region is more enriched in minerals. The results obtained were evaluated to examine the potable of mineral water resources and the usability of these mineral water sources in terms of agricultural irrigation purposes.

**Keywords:** Kahramanmaras, Ekinozu, environmental isotope, water quality



## Tehlikeli Atıklar ve Kent Sağlığına Etkileri

### *Hazardous Wastes and Effects on Urban Health*

**Muhammed Fatih Önsüz**

*Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Tıp Fakültesi Halk Sağlığı Anabilim Dalı, Eskişehir  
(fatihonsuz@gmail.com)*

**Öz:** Tehlikeli atıklar, “uygun şekilde arıtılmadığı, depolanmadığı, taşınmadığı yada kullanılmadığı zaman gelecekte insan ve çevre sağlığı için tehlikeli olan ya da potansiyel şekilde tehlikeli olabilecek olan maddeler” şeklinde tanımlanabilir. Mevzuat açısından ise; “Fiziksel, kimyasal ve/veya biyolojik yönden olumsuz etki yaparak ekolojik denge ile insan ve diğer canlıların doğal yapılarının bozulmasına neden olan atıklar ve bu atıklarla kirlenmiş maddelerdir” şeklinde tanımlanmaktadır. Gelişen teknolojinin ve hayat standartlarındaki yükselmenin bir sonucu olarak her geçen gün çıkan tehlikeli atık miktarı ve çeşidi artmaktadır. Tehlikeli atıklar sadece kendi özelliklerinden ve içeriklerinden değil; taşınma ve bertaraf işlemlerinde ve bu işlemlerden sonra da tehlikeli durumlar oluşturabilen atıklardır. Tehlikeli atıklar bu işlemlerin her aşamasında gereken dikkat ve özen gösterilmezse insan sağlığı ve çevre için çok önemli tehditler oluşturabilme potansiyeline sahiptirler. Günümüzde tehlikeli atıkların en az küresel ısınma ve ormanların tahrip edilmesi kadar önemli olduğu vurgulanmaktadır.

Tehlikeli atıkların kaynağında özelliğine göre ayrılması, toplanması, geçici depolanması, geri kazanılması, taşınması, bertarafı ve bertaraf işlemleri sonrası kontrolü ve benzeri işlemlerinin tümü “tehlikeli atık yönetimi” olarak adlandırılmaktadır. Tehlikeli atık yönetiminin amacı, bu atıkların insan sağlığına ve çevreye zarar verecek şekilde doğrudan veya dolaylı biçimde alıcı ortama verilmesini, depolanmasını, taşınmasını, uzaklaştırılmasını ve benzeri faaliyetlerde bulunulmasını engellemek, uygun bir şekilde bertarafını sağlamak ve tehlikeli atık üretimini kaynağında en aza indirmektir. Tehlikeli atık yönetiminin herhangi bir aşamasındaki eksiklik kent sağlığı boyutu ile bakıldığında hem insan hem de çevre sağlığı açısından önemli sağlık sonuçlarına neden olabilir.

Tehlikeli atıklar sonucu oluşan çevre sorunlarına örnek olarak hava kirliliği, yüzey suları ve yeraltı suları kirliliği, toprak kirliliği, flora ve faunanın etkilenmesi gibi sorunlar örnek verilebilir. Ayrıca atıkların depolanması ve gömülmesiyle ilgili çeşitli sorunlar da bulunmaktadır. Depolama tesislerinde işyeri güvenliği, alan kaybı sorunları, depolama sahalarının coğrafi dağılımı, konumları, kapasiteleri; etraflarındaki demografik koşullar; mevcut yeraltı suyu ve süzüntü suyu kalitesi izleme verileri ve bu sahalarda depolanan atıkların türleri de dikkat edilmesi gereken konulardır. İnsan yaşamının çevresel koşullara da bağlı olduğu düşünüldüğünde tüm bu sorunlar geri dönüşü olmayan bir biçimde çocuk ve kadınlar başta olmak üzere tüm insanların sağlığını etkilemektedir. Bunun sonucu olarak kanser, böbrek ve karaciğer yetmezliği, hormonal dengesizlik, bağışıklık sistemi hastalıkları, doğum hastalıkları, düşükler, doğum defektleri, sinir sistemi hastalıkları, kardiyovasküler hastalıklar, üreme ve üroloji hastalıkları vb. insan hayatını olumsuz etkileyen sonuçlar ortaya çıkmaktadır. Tehlikeli atıklardan kaynaklanan tüm bu sağlık tehditlerinin kent sağlığına olumsuz etkilerinin ortadan kaldırılmasında

sektörlerarası işbirliğine gereksinim olduğu açıktır.

**Anahtar Kelimeler:** Tehlikeli atıklar, tehlikeli atık yönetimi, kent sağlığı, çevre sorunları

**Abstract:** Hazardous wastes can be defined as “substances which can be dangerous or potentially dangerous in the future for human and environmental health when not properly treated, stored, transported or unused”. In terms of legislation it is defined as “wastes and contaminated with these wastes that cause the deterioration of the natural structures of human and other living things and ecological balance by making physical, chemical and/or biological negative effects“. As a result of advancing technology and rising standard of living, the amount and type of hazardous wastes are increasing each day. Hazardous wastes not only from their properties and contents; they can create dangerous situations after their transport and disposal operations and after these processes. Hazardous wastes have the potential to pose significant threats to human health and the environment if the necessary attention and care are not taken at all stages of these processes. Today it is emphasized that hazardous wastes are as important as global warming and forest destruction.

All of separation according to their properties at the source, collection, temporary storage, recovery, transport, disposal and control after disposal operations of hazardous wastes and similar operations are named as “hazardous waste management”. Purpose of hazardous waste management is to prevent giving directly or indirectly to the receiving environment in a way to harm human health and the environment, storage, transportation, removal and similar activities, ensure disposal in an appropriate manner and minimize hazardous waste production at the source. When viewed in terms of urban health, the shortage in any stage of hazardous waste management can lead to significant health consequences for both human and environmental health.

Examples of environmental problems resulting from hazardous wastes include air pollution, surface water and groundwater pollution, soil pollution, flora and fauna influences. Also there are several problems related to the storage and burial of wastes. Workplace security in storage facilities, area loss problems, geographical distribution of landfills, locations, capacities; demographic conditions around them; current groundwater and leachate quality monitoring data and the types of wastes stored in these areas are also issues to be considered. Considering that human life depends on environmental conditions, all these problems irreversibly affect the health of all people, especially children and women. As a result of this cancer, kidney and liver failure, hormonal imbalance, immune system diseases, birth diseases, abortions, birth defects, nervous system diseases, cardiovascular diseases, reproductive and urological diseases, etc. results that adversely affect human life appears. It is clear that there is a need for inter-sectoral cooperation in eliminating the negative effects of all these health threats arising from hazardous wastes on urban health.

**Keywords:** Hazardous wastes, hazardous waste management, urban health, environmental problems



## Ne Kadar Kobalt Toksik? *Virgibacillus Marismortui* Örneği

*How Much Cobalt is Toxic? Virgibacillus Marismortui*

**Dilanaz Arisan<sup>1-2</sup>, Zeynep Şahin<sup>2</sup>, Dilara Erdoğan<sup>2</sup>, Zeynep Şahin<sup>2</sup>,  
Gizem Dinler Doganay<sup>2</sup>, M. Ali Kurt<sup>3</sup>, Nurgül Balcı<sup>4</sup>,**

<sup>1</sup>Fundación Ciencia & Vida, Laboratory of Microbial Ecophysiology, Chile

<sup>2</sup>İTÜ Dr. Orhan Ocalgiray Moleküler Biyoloji Biyoteknoloji ve Genetik Araştırmaları  
Merkezi, Ayazaga Kampüsü Maslak İstanbul 34469

<sup>3</sup>Mersin Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü,

<sup>4</sup>İTÜ Maden Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Ayazaga Kampüsü Maslak İstanbul  
(ncelik@itu.edu.tr)

**Öz:** Ağır metaller, spesifik miktarlarda organizmalar için gerekli olmalarına rağmen, belirli bir seviyenin üstünde toksik olarak değerlendirilmektedirler. Ağır metallerin toksisite mekanizması tam olarak çözülememiş olsa da, biyomoleküllerin fonksiyonları için gerekli metaller yerine, ağır metallerin bağlanması sonucu meydana geldiği önerilmektedir. Ancak bazı ekstremofiller, çeşitli adaptasyon mekanizmaları sayesinde farklı yöntemler geliştirerek, ağır metallerle karşı dirençli hale gelmişlerdir. Çoğu ekstremofilin birden fazla fiziksel ve kimyasal aşırı koşula adapte olabildiği bilinmektedir.

Bu çalışmada, optimum koşulları yüksek tuz konsantrasyonu gerektiren, gram pozitif halofilik bir bakteri olan *Virgibacillus marismortui* kullanılarak kobalt (Co) ağır metalinin toksisite mekanizması ve toksisite limit miktarı (TLM) araştırılmıştır. Bu amaçla, söz konusu mikroorganizma kontrollü koşullar altında ( 37 °C ve pH 7) değişik konsantrasyonlarda (0-100 ppm) kobalta tabii tutularak toksisite çalışması yürütülmüştür. Bu amaçla, öncelikle büyüme eğrisi deneyleri yürütülmüş ve buna bağlı olarak, kobaltlı ve kobaltsız ortamdaki protein ekspresyonları karşılaştırılıp, kobalta cevap mekanizmasında muhtemel rol oynayan proteinlerin tespiti için proteom analizi gerçekleştirilmiştir. Elde edilen ilksel sonuçlar kobalt uygulanan bakterilerin, kontrol grubuna (Co içermeyen) göre daha yüksek bir büyüme hızına sahip olduğu gözlemlenmiştir. *Virgibacillus marismortui*'nin tanımlanmış proteinleri bulunmadığı için, proteinler diğer tanımlanmış bakteri türlerinden homoloji ile analiz edilmiştir. Proteomik verilerin karşılaştırılmasıyla, kobalt stresine maruz kalan bakterilerin protein ekspresyonlarında, farklı düzeylerde anlatım gösteren 4 protein ( Cardiolipin synthase 1, Elongation factor Tu30S, ribosomal protein S9, Bifunctional protein FOLD ) tespit edilmiştir. Tespit edilen 4 proteinin, kobalt stresine verilen cevap mekanizmasındaki rolü ve diğer canlılar için önermeleri tartışılacaktır.

**Anahtar Kelimeler:** Kobalt, protein, toksik, *virgibacillus marismortui*, ekstremofiller

**Abstract:** Heavy metals are considered as toxic above a specific level since certain amount of metals are required for organisms. Although toxicity mechanisms of heavy metals are not well understood, it is generally accepted that the toxicity of heavy metals for organisms arise

from their competition with metal ions that are necessary for the function of biomolecules. However, some extremophiles have been evolved and gained resistance to high levels of heavy metals through various adaptation mechanisms. It is known that many extremophiles are also polyextremophiles that are able to adapt multiple extreme physical and chemical conditions.

In this study, toxicity mechanisms and toxicity limit level (TLL) of cobalt (Co) were examined by using a halophilic and gram positive bacteria of *Virgibacillus marismortui*. Toxicity experiments were carried over with various Co concentrations (0-100 ppm) under controlled conditions ( 37 °C ve pH 7). Growth and differential protein expression of *Virgibacillus marismortui* under cobalt stress has been described and growth experiments were conducted as control group and cobalt-treated group. Preliminary results indicate that cobalt-treated bacteria showed higher growth rate than the control group. With respect to that, differential protein expression were examined to identify proteins that may be involved in cobalt response of *Virgibacillus marismortui*. Four differentially expressed proteins (Cardiolipin synthase 1, Elongation factor Tu30S, ribosomal protein S9, Bifunctional protein FOLD ) have been identified by comparison with homologous proteins of different bacteria species due to absence of *Virgibacillus marismortui* protein database. The relation of differentially expressed proteins that function in response to cobalt treatment and implications for other organism were discussed.

**Keywords:** Cobalt, protein, toxic, *virgibacillus marismortui*, extremophiles



## Jeoloji Mühendislerinin İş Riskleri ve Meslek Hastalıkları

### *Work-Related Risks And Occupational Diseases Of Geological Engineers*

**Mustafa Yağmur<sup>1</sup>, Gizem Kurtulmuş<sup>2</sup>, Deniz DüNDAR-Mustafa<sup>2,3</sup>**

<sup>1</sup>Adalet Bakanlığı, Ankara

<sup>2</sup>ODTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü İş Sağlığı ve Güvenliği Yüksek Lisans Programı, Ankara

<sup>3</sup>FugroSial Yerbilimleri Müşavirlik ve Mühendislik Ltd. Ankara

(jeoloji.igu@gmail.com)

**Öz:** İşçi sağlığı ve iş güvenliği çalışmaları asırlar öncesine dayanmaktadır. Zaman içinde işçilerin çalışma süreleri ve çalışma koşullarında iyileştirmeler yapılarak, ülkelerin gelişmişliğine paralel olarak işçi sağlığı ve iş güvenliği alanında gelişmeler gözlenmiştir. Bu alana ait çok sayıda yasal düzenlemeler yapılmasına rağmen, hala birçok işveren tarafından bu alanının öncelikli konuları olarak, üretimdeki aksamaları önleyerek daha çok üretim yapmak ve olası tazminatlar nedeniyle maddi zarara uğramaktan kaçınmak gibi insan odaklı olmayan yaklaşımlar benimsenmektedir.

Ülkemizde yasal düzenlemeler kapsamında 2012 yılında 6331 Sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu yayınlanıp, takip eden yıllarda kanun kapsamında birçok yönetmelik çıkarılmıştır. Avrupa Birliği ile uyum programı kapsamında ortaya çıkan 6331 Sayılı Kanun, eksikleri olmasına rağmen alanda ki uygulamaların iyileştirilmesi adına olumlu katkı sunmuştur. Buradaki asıl sorun, yasal mevzuat ile düzenlemesi yapılan konuların uygulamalarında yaşanan sıkıntılardır. Uygulamalar ve bu uygulamaların denetimindeki eksiklikler, çalışma şartlarını iyileştirmeyi hedefleyen konularda ilerleme kaydedilememesine sebep olmaktadır.

Ülkemizde işçi sağlığı ve iş güvenliği alanında tutulan kayıtlar yeterli düzeyde değildir. Özellikle yasal olarak kaydı tutulması gereken iş kazası ve meslek hastalığı konularında kayıtların yetersiz olması ile birlikte, kayıt altına alınmış verilerin detaylandırılması konusunda da eksiklikler olduğu görülmektedir. Bu kapsamda Jeoloji Mühendisleri Odası tarafından, mesleklerini icra eden jeoloji mühendislerinin çalışmalarını yürüttüğü arazi, ofis, laboratuvar, şantiye, eğitim ve fabrika gibi ortamlarda karşı karşıya kaldığı iş risklerinin neler olduğu ve bunların diğer çalışma kollarındaki/ortamlarındaki iş riskleri ile benzerliklerini/farklılıklarını değerlendirmek adına bir çalışma yürütülmektedir. Sosyal Güvenlik Kurumu, Türkiye İstatistik Kurumu ve herhangi bir başka devlet kurumunun iş kazaları ve meslek hastalıkları konusunda tuttuğu kayıtlarda meslek ayrımı bulunmamaktadır. Bu kayıtlar iş kolu bazında tutulmaktadır. Bu nedenle Jeoloji Mühendisleri Odası olarak yapılan bu çalışmada, jeoloji mühendisliği özelinde karşılaşılan iş riskleri ve ortaya çıkan meslek hastalıklarının belirlenmesi hedeflenmiştir.

Jeoloji Mühendisleri Odası Türkiye’de Jeoloji Mühendisliği Hizmetlerinde İş Riskleri ve Meslek Hastalıkları Çalışma Grubu ve İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği Komisyonu tarafından “Türkiye’de Jeoloji Mühendisliği Hizmetlerinde İş Riskleri ve Meslek Hastalıkları Raporu” hazırlama çalışmaları kapsamında kurumlarla ilgili yazışmalar ve jeoloji mühendislerini içeren bir anket çalışması yapılmıştır. Kurumlarla yapılan yazışmalar sonucu kayıt tutmadaki yetersizlik, özellikle meslek hastalıkları konusunda, bir daha ortaya konulmuştur. Jeoloji mühendisleri ile yapılan anket çalışması sonucunda ise, mühendislerimizin mesleklerini icra ettikleri süreçler-

de fiziksel, kimyasal, biyolojik, psikososyal ve ergonomik risk etmenlerinden en az biri, çoğu zaman birden fazlası ile karşı karşıya kaldıkları görülmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** İş kazası, işçi sağlığı, iş güvenliği, jeoloji mühendisliği, meslek hastalığı

**Abstract:** The studies of worker health and occupational safety date back to centuries ago. As such, over time, improvements in work-time and work-conditions of workers, developments in the field of occupational health and safety have been observed in parallel with the development of countries. Even though there are la significant number of legal regulations in this area, there are still many employers showing approaches that are not people-oriented, such as the increase of production rates by avoiding production disruption processes and avoiding economic damages due to possible compensations.

With the scope of legal regulations, Law No. 6331 on Occupational Health and Safety was enacted in 2012, in Turkey, and in the following years many regulations were issued as bylaws. Law No. 6331, which emerged as part of the European Union law harmonization program, made a positive contribution to the improvement of the practices in the field despite its deficiencies. The main problem faced is the difficulties in the implementation of the legal regulations. The shortcomings of the inspections related to the legal regulation implementations cause a lack of progress on the issues that aim to improve working conditions.

In Turkey, record keeping in the field of occupational health and safety is insufficient. The records of occupational accidents and occupational diseases, which should be kept legally, is inefficient; also, there are deficiencies in detailing the recorded data. In this context, the Chamber of Geological Engineers is conducting a study of geological engineers' work-related risks in their work sites, such as the field, their office, laboratories, construction yards, educational institutions and factory environments. Also, the study includes the evaluation of the similarities/differences between other working areas. There is no occupational distinction in the records of the Social Security Institution, the Turkish Statistical Institute, or in any other governmental organization. The records are kept on the basis of the line of business. For this reason, through this study being conducted by the Chamber of Geological Engineers it is aimed to determine the work-related risks encountered and the occupational diseases that emerge in the area specific to geological engineering work.

While preparing for the ongoing report titled, "Work-related Risks and Occupational Diseases in the Geological Engineering Services in Turkey", the Working Group of Work-related Risks and Occupational Diseases in Geological Engineering Services and the Occupational Health and Safety Commission of the Chamber of Geological Engineers of Turkey corresponded with relevant institutions and organizations and conducted a survey of geological engineers. As a result of the correspondence with institutions, the inadequacy in keeping records has once again been brought to the forefront, especially in terms of occupational diseases. As a result of the questionnaire conducted with geological engineers, it was observed that our engineers frequently face at least one or more of the physical, chemical, biological, psychosocial and/or ergonomic risk factors.

**Keywords:** Occupational accident, worker health, occupational safety, geological engineering, occupational disease.



## Tıbbi Hidrolojide Balneoterapinin Etki Mekanizmaları

### *Mechanisms of Action of Balneotherapy in Medical Hydrology*

**Fatih Karaarslan<sup>1</sup>, Sinan Kardeş<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Konya Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Tıbbi Ekoloji ve Hidroklimatoloji, Konya*

<sup>2</sup>*İstanbul Üniversitesi, İstanbul Tıp Fakültesi, Tıbbi Ekoloji ve Hidroklimatoloji Anabilim Dalı, İstanbul*

*(dr.fatihkaraarslan@hotmail.com)*

**Öz:** Balneoterapi mineralli su banyosu, immersiyonu, uygulamalarıdır. Son yıllarda, balneoterapinin etki mekanizmalarını açığa kavuşturmayı amaçlayan artan sayıda klinik çalışmalar yayınlanmıştır. Bu sunumda, balneoterapinin hastaların semptom ve şikayetlerini hangi etki mekanizmaları aracılığıyla iyileştirdiği irdelenmiştir. Balneoterapinin klinik yararlılığı mekanik, termal, ve kimyasal etkilerin kombinasyonuna atfedilmektedir. Mekanik etkiler yoğunluk, hidrostatik basınç, kaldırma kuvveti, ve viskoziteye bağlı etkilerdir. Hidrostatik basınç su yoğunluğu ve immersiyonun derinliği ile doğru orantılıdır. Hidrostatik basınç, ödemin giderilmesinde yardımcı olur. Basınç etkisi ile alt ekstremitelerdeki kanın bir kısmı üst vücuda yönelir, ve sağ kulakçık basıncı ve kalp debisi artar. Kaldırma kuvveti eklemlere binen yükü azaltarak eklem hareketliliğini kolaylaştırır. Termal etkiler, su sıcaklığına bağlı etkilerdir: hipotermal (<34°C), izotermal (34-36°C), termal (37-40°C) ve hipertermal (40-44°C). Termal su banyosunda vazodilatasyon, kalp hızı artışı, ve sistolik ve diastolik kan basıncında azalma olur. Termal su banyosunun parasempatik uyarı ile sedatif ve yatıştırıcı etkileri vardır. Ayrıca, kas gevşetici ve kapı kontrol mekanizması ile ağrı giderici etkilerine sahiptir. Termal sular bağışıklık sistemini uyarıcı etki, hipertermal sular ise bağışıklık sistemini baskılayıcı etki göstermektedir. Kimyasal etkiler suyun kimyasal içeriğine bağlı etkilerdir. Tuz (NaCl), kükürt (H<sub>2</sub>S), radon (Rn<sup>222</sup>), karbondioksit (CO<sub>2</sub>), selenyum (Se) ve metasilik asidin (H<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>) spesifik biyolojik etkileri (anti-inflamatuar, antioksidan, kondroprotektif, nemlendirici, antiproliferatif, yaşlanma karşıtı vb.) üzerine literatürde çeşitli kanıtlar bulunmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Kaplıca tedavisi, balneoterapi, mineralli su, etki mekanizmaları.

**Abstract:** Balneotherapy is the immersion in mineral water. Recently, an increasing number of clinical studies aiming to elucidate mechanisms of action of balneotherapy has been published. In this presentation, the mechanisms by which balneotherapy improves the symptoms of patients were evaluated. The clinical benefits of balneotherapy have been attributed to the combination of mechanical, thermal, and chemical effects. Mechanical effects depend on a density, hydrostatic pressure, buoyancy, and viscosity. Hydrostatic pressure is directly proportional to the density of water and the depth of immersion. Hydrostatic pressure helps to reduce the edema. By the effect of pressure, some part of the blood volume in lower extremities is shifted to the upper body, and right atrial pressure and cardiac output increase. Buoyancy helps



joint mobility by reducing the loading on the joints. Thermal effects depend on a temperature of water: hypothermal (<34°C), isothermal (34-36°C), thermal (37-40°C) ve hyperthermal (40-44°C). During thermal water baths a vasodilatation, an increase in heart rate and a decrease in systolic and diastolic blood pressure occur. Thermal water bath has sedative effects by parasympathetic stimulation. It also has pain relief by gate control mechanism and muscle relaxation effects. Thermal waters show immunostimulatory effect while hyperthermal waters show immunosuppressive effect. Chemical effects depend on the chemical ingredients of water. Various evidence on specific biological effects (anti-inflammatory, antioxidant, chondroprotective, moisturizing, anti-aging etc.) of salt (NaCl), sulfur (H<sub>2</sub>S), radon (Rn222), carbon dioxide (CO<sub>2</sub>), selenium (Se) ve metasilicic acid (H<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>) exists in the literature.

**Keywords:** Spa therapy, balneotherapy, mineral water, mechanisms of action.



## Edirne Merkez ve Keşan İlçesinde 2015-2016 Kış Döneminde Ölçülen PM Düzeyleri

*PM Levels on Edirne Centrum and Keşan County on Winter Season 2015-2016*

**Faruk Yorulmaz, Muzaffer Eskiocak, Burcu Tokuç**

*Trakya Üniversitesi Tıp Fakültesi Halk Sağlığı Anabilim Dalı  
(farukyorulmaz@hotmail.com)*

**Öz:** DSÖ; her yıl dış ortam hava kirliliği, inme, kap hastalıkları, akciğer kanseri ve kronik solunum sistemi hastalıkları gibi sorunlar nedeniyle 4.2 milyon erken ölüme neden olduğunu bildirmektedir. Bu ölümlerin sorumlusu PM2.5 olarak ifade edilmektedir. Partiküler maddelerin bileşiminde bulunan kimyasal maddelere bağlı sağlık sorunları nedeniyle bu maddelere bağlı hava kirliliği, en önemli jeokimyasal çevre sorunudur. Dünya nüfusunun %91'i hava kirletici düzeyleri DSÖ sınır değerlerinin üzerinde olan yerlerde yaşamaktadır. Geri kalmış ve gelişmekte olan ülkelerde hava kirliliğinin hastalık yükü çok daha yüksektir. Bu çalışmada, Edirne il merkezinde, Karaağaç mahallesinde ve Keşan ilçesinde birer tane olmak üzere 3 1 hava kalitesi ölçüm istasyonundan elde edilen PM kirliliğine ait veriler tanımlanan sınır değerlerine göre incelenmiştir. <http://www.havaizleme.gov.tr> sitesinden elde edilmiştir. PM10 için ülkemiz sınır değerleri AB ve DSÖ sınır değerleri ile benzer hale gelmiştir. PM2.5 için ülkemiz için tanımlanmış bir sınır değer yoktur bu nedenle PM2.5 DSÖ ve AB limitlerine göre değerlendirilmiştir.

Edirne merkez ilçe;

Edirne merkez ilçe halkı, ölçüm yapılan saatlerin %45.6'sında sınır değerlerin üzerinde PM10 kirliliğine maruz kalmışlardır. Günlük ortalama limit aşım sayısı açısından; ölçüm yapılan günlerin %88.9'unda sınır değerlerin üzerinde PM10'a maruz kalmıştır. Kasım-Ocak ayları arası PM10 kirliliğinin en yüksek olduğu aylardır.

Karaağaç mahallesi

Karaağaç mahallesinde yaşayanlar ölçüm yapılan saatlerin %53.8'inde izin verilen sınırların üzerinde PM10 kirliliğine maruz kalmışlardır. Ölçüm yapılan günlerin %72'sinde günlük ortalama PM10 değerleri izin verilen sınırların üzerinde olmuştur. Ölçüm yapılan saatlerin %33'ünde sınır değerlerin üzerinde PM2.5 kirliliğine maruz kalmışlardır. Ölçüm yapılan günlerin %71'inde günlük ortalama PM2.5 düzeyi sınırların üzerinde bulunmuş, %53.8'inde limit en az bir kez aşılmıştır. Kasım ve Aralık ayları hem PM 2.5 hem de PM10 kirliliğinin en yüksek olduğu aylar olmuştur.

Keşan İlçesi

Edirne Keşan ilçesinde yaşayanlar; ölçüm yapılan saatlerin %78.2'sında sınır değerlerin üzerinde PM10 kirliliğine maruz kalmışlardır. Günlük ortalama limit aşım sayısına bakıldığında;

ölçüm yapılan günlerin %100.0'ünde'nda sınır değerlerin üzerinde PM10'a maruz kalınmıştır. Keşan'daki istasyonda PM2.5'ta ölçülmektedir. Buna ilişkin ülkemizde belirlenmiş bir sınır değeri olmadığı için AB ve DSÖ sınır değerlerine göre veriler değerlendirilmiştir. Ölçüm yapılan saatlerin %91.8'inde AB ve DSÖ sınır değerlerinin üzerinde PM2.5'e maruz kalınmıştır. Sınır değerler ölçüm yapılan günlerin tümünde en az bir kez aşılmıştır. Günlük ortalama limit, ölçüm yapılan günlerin %78.1'inde aşılmıştır. Ekim-Aralık arası dönem hem PM2.5 hem de PM10 kirliliğinin en yoğun olduğu aylar olmuştur.

DSÖ, kalp ve damar hastalıkları, kronik akciğer hastalıkları ve akciğer kanserine neden olan asıl etkenin PM2.5 olduğunu bildirmektedir. Bu anlamda hem Edirne merkez ilçe hem de Keşan ilçesinin yüksek risk taşıdığını ortaya koymuştur. Bu etkenin kaynaklarının belirlenerek sorunun çözümü için müdahalelerde bulunulması toplum sağlığının korunması açısından çok önemlidir.

**Anahtar Kelimeler:** Edirne, hava kirliliği, Keşan, PM2.5, PM10

**Abstract:** Because of outdoor air pollution, stroke, cardiovascular diseases, lung cancer and chronic respiratory diseases cause 4.2 million premature deaths annually according to WHO. PM2.5 is main responsible matter on these deaths. Air pollution due to these substances is the most important geochemical environmental problem due to the health problems related to the chemicals in the composition of particulate matter. 91% of the world's population lives in places where the air pollutant levels are above the WHO limit values. The burden of disease is much higher in the underdeveloped and developing countries. In this study, data on PM pollution obtained from two air quality measurement stations located in Edirne city center, Karaağaç and Keşan district were examined according to the defined limit values using <http://www.havaizleme.gov.tr> website.

For PM10, the limit values of Turkey are similar with EU and WHO limit values. For PM2.5 there is no defined limit value for Turkey, so PM2.5 has been evaluated according to WHO and EU limits.

Edirne central district; The people of Edirne central district were exposed to PM10 pollution above the limit values in 45.6% of the measured hours.

In terms of the number of daily average overruns; 88.5% of the days of measurement were exposed to PM10 above the limit values.

PM10 pollution is the highest in the months of November, December and January.

**Karaagac District**

The inhabitants of the district were exposed to PM10 pollution above the permissible limits in 53.8% of the measured hours. In 72% of the days, the average daily PM10 values were above the permissible limits.

They were exposed to PM2.5 pollution above 33% of the measured hours.

The average daily PM2.5 level was found above the limits in 71% of the measurement days, and the limit was at least once in 53.8%. November and December were the months with the highest PM2.5 and PM10 pollution.

#### Kesan County

The inhabitants of Edirne Keşan county; they had been exposed to PM10 pollution above the limit values in 78.2% of the measured hours. When the number of daily average limit exceeds; 100% of the measured days were exposed to PM10 above the limit values. It is measured in PM2.5 at the station in Keşan. Due to the fact that there is no limit value determined in Turkey, data have been evaluated according to EU and WHO limit values.

91.8% of the measured hours were exposed to PM2.5 above the EU and WHO limit values. The limit values have been exceeded at least once in all days of measurement. The average daily limit was exceeded in 78.1% of the days. The period between October and December was the month of peak PM2.5 and PM10 pollution.

WHO reports that PM2.5 is the main cause of cardiovascular diseases, chronic lung diseases and lung cancer. In this sense, both the central district of Edirne and the town of Kesan revealed that high risk. Interventions to solve the problem by determining the sources of this factor are very important for the protection of public health.

**Keywords:** Air pollution, Edirne, Keşan, PM2,5, PM10



## Romatizmal Hastalıklarda Peloidoterapi Uygulamaları

### *Peloidotherapy Applications In Rheumatic Diseases*

**Fatih Karaarslan<sup>1</sup>, Sinan Kardeş<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Konya Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Tıbbi Ekoloji ve Hidroklimatoloji, Konya*

<sup>2</sup>*İstanbul Üniversitesi, İstanbul Tıp Fakültesi, Tıbbi Ekoloji ve Hidroklimatoloji Anabilim Dalı, İstanbul*

([dr.fatihkaraarslan@hotmail.com](mailto:dr.fatihkaraarslan@hotmail.com))

**Öz:** Peloidler, jeolojik, biyolojik ve/veya klimatolojik olaylar sonucu kendiliğinden ince taneçikli yapıda oluşmuş veya tedaviden önce inceltilmiş ve tıpta çamur veya bulamaç halinde (macun kıvamında), banyolar veya paketler şeklinde kullanılan organik ve/veya inorganik madde karışımlarıdır. Peloidlerin kullanıldığı tüm tedavi yöntemleri ise peloidoterapi/peloterapi olarak isimlendirilir.

Peloidlerin tedavide en sık kullanım alanı romatizmal hastalıklardır. Tam veya lokal banyo veya paket uygulaması şeklinde kullanılabilir. Ülkemizde en sık kullanım şekli lokal peloid uygulamalarıdır. Tek başına veya balneoterapi / hidroterapi uygulamaları ile birlikte uygulanabilir. Lokal paket uygulamalar 20 - 30 dakika süreyle, 42 - 50 °C sıcaklıklarda, uygulama kalınlığı 2 - 2,5 cm'yi geçmeyecek şekilde (maksimum 4 cm, cilt dolaşımına olumsuz etki nedeniyle) ağırlı bölgeye uygulanır. Uygulama hastaya göre her gün ya da 2 - 3 günde bir olmak üzere toplam 15 - 18 seans uygulanabilir. Romatizmal hastalıklarda kullanım alanları; osteoartrit, kronik dejeneratif bel - boyun ağrıları, ankilozan spondilit, psöriyatik artrit, romatoid artrit, fibromiyalji, kas zorlanmaları, kas gerilmeleri, kronik gut, bursitler, karpal tünel sendromu ve plantar fasit gibi pek çok hastalık grubunda, analjezik, ağrı eşişini artırıcı, antiinflamatuvar ve kas - iskelet sisteminde relaksasyon ve elastikiyet artışı etkileriyle faydalanılabilmektedir. Yapılan çok sayıda bilimsel çalışmalarda peloidoterapi uygulamalarının hastaların analjezik tüketiminde azalma sağladığı, kısa ve uzun dönemde ağrıda azalma, fonksiyonel iyileşme, eklem hareketlerinde ve ağırlı kas gruplarında rahatlama sağladığı, yaşam kalitesinde belirgin iyileşmelerin görüldüğü sonuçlar bulunmaktadır. Peloidoterapi, ağırlı bir çok romatizmal ve kas-iskelet hastalıklarında uygun süre ve sıcaklıkta uygulandığında hastaların tedavisinde etkili, güvenilir ve maliyet etkin bir tedavi yaklaşımıdır.

**Anahtar kelimeler:** Ağrı, peloidoterapi, peloid, romatizmal hastalıklar

**Abstract:** Peloids, the mixtures of organic and/ or inorganic substances used in the medicine either in form of baths or packages, are formed in a fine-grained structure as a result of geological, biological and/or climatological phenomena; or are thinned before the use for the therapy. All treatment modalities, in which peloids are used, are called peloidotherapy/ pelotherapy.

Peloids are mostly used in rheumatic diseases and can be used as a full bath, local bath or

package application. In Turkey, the most common usage is local peloid applications. It can be administered alone or in combination with balneotherapy/ hydrotherapy modalities. Local package applications are applied to the painful area at a temperature of 42 - 50 ° C for 20 - 30 minutes with application thickness not exceeding 2 - 2.5 cm (maximum 4 cm due to the negative effect on the circulation of the skin). The application can be performed every day or every 2 - 3 days with a total of 15 - 18 sessions according to the patient. The peloids can be used in rheumatic diseases such as osteoarthritis, chronic degenerative back-neck pains, ankylosing spondylitis, psoriatic arthritis, rheumatoid arthritis, fibromyalgia, muscle strains, chronic gout, bursitis, carpal tunnel syndrome and plantar fasciitis due to its analgesic, anti-inflammatory, and muscle relaxant effects. In many scientific studies, it has been found that the applications of peloidotherapy provide a decrease in the analgesic consumption of the patients, short and long-term pain reduction, functional improvements, relief in joint movements and painful muscle groups, and significant improvements in quality of life of the patients. In the treatment of patients with painful rheumatic and musculoskeletal diseases, peloidotherapy, when applied in an appropriate time and temperature, is an effective, reliable and cost-effective treatment approach.

**Keywords:** Pain, peloidotherapy, peloid, rheumatic diseases



## Wi-Fi'nin İnsan Sağlığı Üzerine Etkisi

### *The Effect Of Wi-Fi On Human Health*

**Mehmet Enes Gökler**

*Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi Tıp Fakültesi Halk Sağlığı Anabilim Dalı*

*(enesgokler@gmail.com)*

**Öz:** Kablosuz Bağlantı Alanı (Wi-Fi) kişisel bilgisayar, video oyunu konsolları, dijital ses oynatıcıları ve akıllı telefonlar gibi cihazların kablosuz olarak birbirlerine bağlanmasını sağlayan teknolojidir. Telekomünikasyon endüstrisine bağlı oluşumlar, Wi-Fi'nin herhangi olası kötü bir sağlık etkisinin olmadığını iddia etmektedir. Ancak bilinen gerçek, Wi-Fi'nin gittikçe yaygınlaşıyor olması ve rızamız olmadan Wi-Fi'nin etkilerine maruz kalmamız.

Yapılan çalışmalara göre Wi-Fi testis ve sperm üretimi üzerinde, nörolojik/nöropsikiyatrik, endokrin, hücresel DNA'da hasar ve artmış hücre ölümü gibi etkilere sahiptir. 2017 yılında yayınlanan bir meta-analiz, dünyadaki pek çok ülkede sperm sayısının ve sperm kalitesinin önemli ölçüde düştüğünü ve ileri teknoloji ülkelerinde % 50'nin üzerinde bir düşüş olduğunu ortaya koymuştur. Çalışmada bu etkinin tek başına insan soyunun tükenmesine yol açabileceğini ileri sürülmüştür. Elektromagnetik alanlara maruziyetlerinin insanlarda ve hayvan çalışmalarında sperm sayısı ve kalitesi üzerindeki bu büyük etkisi göz önünde bulundurulduğunda, erkek fertilitesi hakkındaki kanıtlar dikkat çekmektedir. Oksidatif stres çoğu kronik hastalığın ana nedenidir ayrıca hücresel DNA hasarı kansere neden olabilir ancak Wi-Fi'nin sağlık üzerine daha az bilinen olumsuz etkisi kalsiyum aşırı yüküdür. Aşırı yükün, TRPV1 reseptör aktivitesini artmasıyla oksidatif stresle aktive olduğu bilinmektedir. Tüm bu açık ve önemli, termal olmayan etkilere ve bilinen kanıtlara rağmen, mevcut uluslararası güvenlik kuralları hala sadece termal etkiyi dikkate almaya devam etmektedir. Wi-Fi dahil tüm kablosuz iletişim cihazları titreşimler yoluyla iletişim kurar ve bu durum sağlık üzerine etkilerinde özellikle önemlidir. Ayrıca oluşturdukları etki geri döndürülemez ve kümülatiftir. Dünyanın dört bir yanındaki şehirlerin okullarında, oteller, restoranlar, kafeler, ticari uçaklar ve havaalanları yanı sıra birçok evde Wi-Fi noktaları giderek yaygınlaşıyor, birçok insanda kümülatif Wi-Fi etkilerinin ortaya çıkması muhtemeldir. Sektörün güvenlikle ilgili yanlış güvenceleri Wi-Fi'ye maruz kalan insanların koruyucu değişikliklerden kaçınmaları ya da bu tür koruyucu değişiklikler yapmaları engellemeleri nedeni ile çok daha ciddi etkilere yol açması olasıdır. Ayrıca bu etkilerin çabucak ortaya çıkmadan aylar ya da yıllar sürerek etki etmesi daha az farkında olmamıza neden olmaktadır.

Mikrodalga frekanslı elektromagnetik alanların küçük çocuklara çok daha fazla zarar verebileceği argümanlarının çoğu, küçük çocuklarda çok daha küçük kafatasları ve ince kafatası kalınlığına odaklanmıştır. Ancak asıl etkilerini kök hücreler üzerinde göstermektedir. Yaşla birlikte azalan kök hücreler üzerindeki elektromagnetik etki, küçük çocukların beyin gelişiminin bozulmasına hatta otizm vb. durumlara neden olabilir. Elektromagnetik maruziyet sonrası azalmış DNA onarımı ve artmış DNA hasarı, küçük çocukların bu tür riskleri takiben kansere karşı giderek daha duyarlı olabileceğini göstermektedir. Özellikle okullarda yaygınlaşan Wi-Fi

kullanımı çocuklarımızın sağlığı için yüksek düzeyde bir tehdit potansiyeline sahiptir.

**Anahtar Kelimeler:** Wi-Fi, sağlık, etkisi

**Abstract:** Wireless Fidelity (Wi-Fi) is a technology that enables wirelessly connecting devices such as personal computers, video game consoles, digital audio players and smartphones. Formations related to the telecommunications industry claim that Wi-Fi does not have any potential bad health effects. However, based on the scientific research outcomes demonstrated that Wi-Fi is becoming more widespread and humanbeing are exposed to the effects of Wi-Fi without consent.

According to the studies, Wi-Fi has effects on testis and sperm production, neurological / neuropsychiatric, endocrine, cellular DNA damage and increased cell death. A meta-analysis, published in 2017, revealed that the number of sperm and sperm quality in many countries decreased significantly and a decline more than 50% in high-tech countries. In the study, it has been suggested that this effect may lead to the depletion of human lineage alone. Considering this great effect on sperm count and quality in human and animal studies of electromagnetic fields, evidence about male fertility is noteworthy. Oxidative stress is the main cause of many chronic diseases, but cellular DNA damage can cause cancer, but the less known negative impact of WIF-Fi on health is calcium overload. It is known that overload is activated by oxidative stress by increasing TRPV1 receptor activity. In spite of all these obvious and non-thermal effects and known evidence, our existing international safety rules still only take account of the thermal impact. All wireless communication devices, including Wi-Fi, communicate through vibrations, and this is especially important in their impact on health. In addition, the effect was create by them is irreversible and cumulative. In the schools, hotels, restaurants, cafes, commercial airplanes and airports, as well as many home Wi-Fi hotspots are increasingly common, many people are likely to experience cumulative Wi-Fi effects. Improper assurances of the industry for safety is likely to lead to more serious effects as people exposed to Wi-Fi prevent them from taking protective changes or prevent such protective changes. In additionally, the impacts was not easily known for many months and years due to less awareness of the Wi-Fi effects.

Most of the arguments that microwave frequency electromagnetic fields can inflict more harm on young children are focused on smaller skulls and thin skull thickness in young children. However, it shows the main effects on stem cells. The electromagnetic effect on decreasing stem cells with age, the deterioration of brain development of young children and may cause autism. Reduced DNA repair after electromagnetic exposure and increased DNA damage suggest that young children may be increasingly susceptible to cancer following such risks. Espacially increasing usage of Wi-Fi in the schools can be more harmful to children's health.

**Keywords:** Wi-Fi, health, effect





## İllere Göre Topraktaki Radyoaktivite Düzeyinin Kansere Özel Orantılı Ölüm Hızı ve Kansere Mortalitesi İle İlişkisi

*The Association Between the Radioactivity Level of the Soil and the Cancer-Specific Proportional Death Rates and Cancer Mortality by the Provinces*

Atalay Aktuna<sup>1</sup>, Hür Hassoy<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi Halk Sağlığı Anabilim Dalı; <sup>1</sup>Araş.Gör.Dr.

<sup>2</sup>Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi Halk Sağlığı Anabilim Dalı; <sup>2</sup>Doç.Dr.

(hur.hassoy@ege.edu.tr)

**Öz:** Giriş ve Amaç: Radyasyon basitçe, bir kaynaktan enerji ışınması olarak tanımlanmaktadır. Bu enerji ışınması bir atomun yörüngesinden bir veya daha fazla elektronu çıkararak atomun yüklü olmasına neden olabilecek düzeyde olduğunda, buna iyonizan radyasyon denmektedir. Düşük dozda ve uzun süre maruz kalınması durumunda, başta kanserler olmak üzere bir takım kronik etkilere yol açabilen iyonizan radyasyonun, önemli kaynaklarından biri toprakta bulunan, radyonüklit olarak tanımlanan radyoaktif maddelerdir. Bu çalışmanın amacı, ülkemizde illere göre topraktaki radyoaktivite düzeylerinin, kansere özel orantılı ölüm hızı ve kansere mortalitesi ile ilişkisini değerlendirmektir.

**Gereç ve Yöntem:** Ekolojik tipteki bu çalışmada, Türkiye Atom Enerjisi Kurumu (TAEK) tarafından 2002-2011 yılları arasında gerçekleştirilen Türkiye'deki çevresel radyoaktivitenin izlenmesi programı kapsamında elde edilen 81 ilin topraktaki radyoaktivite düzeyi verileri kullanılmıştır. Bu veriler 2013'te yayınlanan Türkiye Çevresel Radyoaktivite Atlası'nda yer almaktadır. Kansere özel orantılı ölüm hızı ve kansere mortalitesi, Türkiye İstatistik Kurumu'nun (TÜİK) daimi ikametgaha göre ölüm nedenlerinin dağılımı ve nüfus verileri üzerinden, 2009-2017 yılları arasındaki 8 yıl için ayrı ayrı olacak şekilde hesaplanarak elde edilmiştir. TÜİK verilerinde ölüm nedenleri 7 başlıkta toplanmış olup, bu başlıklardan biri olan iyi ve kötü huylu tümörler nedeniyle ölümler, kanserler nedeniyle ölümler olarak değerlendirilmiştir. Çalışmamızda illere göre topraktaki Radyum, Toryum, Potasyum, Sezyum radyonüklitlerinin ortalama aktivite derişimleri ile illerin yıllara göre kansere özel orantılı ölüm hızı ve kansere mortalitesi arasındaki ilişki, normal dağılıma uygun olan parametrelerde Pearson korelasyon testi, normal dağılıma uygun olmayanlarda ise Spearman korelasyon testi ile değerlendirilmiştir.  $P < 0,05$  anlamlılık düzeyi olarak belirlenmiştir. Verilerin girişi ve analizi için SPSS 23.0 programı kullanılmıştır.

**Bulgular:** Potasyumun ortalama aktivite derişimi ile kansere mortalitesi arasında, 2009 ( $r=0.241$ ,  $p < 0.05$ ), 2011 ( $r=0.270$ ,  $p < 0.05$ ), 2012 ( $r=0.236$ ,  $p < 0.05$ ), 2013 ( $r=0.252$ ,  $p < 0.05$ ), 2014 ( $r=0.257$ ,  $p < 0.05$ ), 2015 ( $r=0.272$ ,  $p < 0.05$ ), 2016 ( $r=0.236$ ,  $p < 0.05$ ) ve 2017 ( $r=0.275$ ,  $p < 0.05$ ) yılları için anlamlı düzeyde, pozitif yönlü bir ilişki mevcuttur. Potasyumun ortalama aktivite derişimi ile kansere özel orantılı ölüm hızı arasında 2009 ( $r=0.275$ ,  $p < 0.05$ ), 2011 ( $r=0.246$ ,  $p < 0.05$ ), 2013 ( $r=0.306$ ,  $p < 0.05$ ), 2014 ( $r=0.312$ ,  $p < 0.05$ ), 2015 ( $r=0.379$ ,  $p < 0.05$ ), 2016 ( $r=0.322$ ,  $p < 0.05$ ) ve 2017 ( $r=0.312$ ,  $p < 0.05$ ) yılları için anlamlı düzeyde, pozitif yönlü bir ilişki mevcuttur. Toryumun ortalama aktivite derişimi ile kansere özel orantılı ölüm hızı

arasında yalnızca 2015 ( $r=0.239$ ,  $p<0.05$ ) yılı için anlamlı düzeyde, pozitif yönlü bir ilişki mevcuttur. Sezyumun ortalama aktivite derişimi ile kanser mortalitesi arasında 2010 ( $r=0.261$ ,  $p<0.05$ ), 2011 ( $r=0.227$ ,  $p<0.05$ ) ve 2012 ( $r=0.231$ ,  $p<0.05$ ) yılları için anlamlı düzeyde, negatif yönlü bir ilişki mevcuttur. Radyumun ortalama aktivite derişimi ile kanser mortalitesi ve kansere özel orantılı ölüm hızı arasında anlamlı düzeyde bir ilişki görülmemiştir.

**Sonuç ve Öneriler:** Potasyum radyonüklitinin ortalama aktivite derişimi arttıkça, hem kanser mortalitesinin hem de kansere özel orantılı ölüm hızının hemen her yıl için arttığı gözlenmiştir. Bu ilişkinin nedensel olup olmadığının değerlendirmesi için daha güçlü araştırma tasarımlarıyla yapılacak çalışmalarla incelenmesi önerilir.

**Anahtar Kelimeler:** Radyoaktivite, kanser, mortalite

**Abstract:** Introduction and Objective: Radiation is simply defined as energy diffusion from a source. This is called ionizing radiation when the energy radiation is capable of removing one or more electrons from the orbit of an atom and causing the atom to be charged. In case of low dose and long exposure, one of the important sources of ionizing radiation, which can lead to a number of chronic effects, especially cancers, is radioactive substances, which are known as radionuclides. The aim of this study is to evaluate the relationship between the radioactivity levels in the soil and the cancer-specific proportional mortality rate among the provinces in Turkey.

**Materials and Methods:** In this ecological study, the data of 81 provinces' soil radioactivity levels obtained from the environmental radioactivity monitoring program in Turkey between 2002-2011 of Turkish Atomic Energy Agency was used. This data was published in the Atlas of Environmental Radioactivity of Turkey in 2013. Cancer-specific proportional mortality rate and cancer mortality were obtained by calculating Turkish Statistical Institute's (TSI) distribution of causes of death and population data according to the permanent residence, for 8 years between 2009 to 2017 years separately. The causes of death in TSI data was classified under 7 headings and deaths due to good and malignant tumors, which are one of these titles, have been evaluated as deaths due to cancers. In our study, the association between the average activity concentrations of Radium, Thorium, Potassium and Cesium radionuclides in the soil and the cancer mortality and specific proportional mortality rates of the provinces over the years were evaluated by Pearson correlation test in the parameters suitable for normal distribution and Spearman correlation test in non-normal distribution.  $P<0.05$  was determined to be significant. SPSS 23.0 program was used for data entry and analysis.

**Results:** Positive and significant associations were found between the average activity concentration of potassium and cancer mortality in 2009 ( $r=0.241$ ,  $p<0.05$ ), 2011 ( $r=0.270$ ,  $p<0.05$ ), 2012 ( $r=0.236$ ,  $p<0.05$ ), 2013 ( $r=0.252$ ,  $p<0.05$ ), 2014 ( $r=0.257$ ,  $p<0.05$ ), 2015 ( $r=0.272$ ,  $p<0.05$ ), 2016 ( $r=0.236$ ,  $p<0.05$ ) and 2017 ( $r=0.275$ ,  $p<0.05$ ). Positive and significant associations were found between the mean activity concentration of potassium and cancer-specific proportional mortality rate in 2009 ( $r=0.275$ ,  $p<0.05$ ), 2011 ( $r=0.246$ ,  $p<0.05$ ), 2013 ( $r=0.306$ ,  $p<0.05$ ), 2014 ( $r=0.312$ ,  $p<0.05$ ), 2015 ( $r=0.379$ ,  $p<0.05$ ), 2016 ( $r=0.322$ ,  $p<0.05$ ) and 2017 ( $r=0.312$ ,  $p<0.05$ ). There was only a significant positive correlation between the mean activity

concentration of thorium and the cancer specific proportional mortality rate for the year 2015 ( $r=0.239$   $p<0.05$ ). There was a negative significant association between the mean activity concentration of cesium and cancer mortality in 2010 ( $r=0.261$ ,  $p<0.05$ ), 2011 ( $r=0.227$ ,  $p<0.05$ ) and 2012 ( $r=0.231$ ,  $p<0.05$ ). No significant association was found between the mean activity concentration of radium and cancer mortality and cancer-specific proportional mortality rate.

**Conclusions and Recommendations:** As the mean activity concentration of potassium radio-nuclide increases, both cancer mortality and cancer-specific proportional mortality rate have increased for almost every year. In order to assess whether this relationship is causal or not, it is recommended to examine it with studies conducted with stronger research designs.

**Keywords:** Radioactivity, cancer, mortality



## Sulardaki Ağır Metal Kirliliğinin Gözden Geçirilmesi

### *An Overview of Heavy Metal Pollution in Waters*

**İnci Arıkan**

*Kütahya Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Halk Sağlığı Anabilim Dalı  
(iciarikan@hotmail.com)*

**Öz:** Kişinin sağlıklı ya da hastalıklı olma durumu, genetik yapısı ile biyolojik, sosyal ve fiziko-jeokimyasal çevre bileşenleri arasındaki etkileşime göre belirlenmektedir. Özellikle fizikojeokimyasal çevre öğelerinin hayatımızın devamı için gerekli olduğu bir gerçektir. Ancak insan ve diğer canlıların sağlığını tehlikeye düşüren bazı organik ve anorganik kimyasal maddelerin fizikojeokimyasal çevrede birikmesi ile çevresel kirleticilerden söz edilmektedir.

Bu kirleticilerden olan ağır metaller, jeojenik, endüstriyel, tarımsal, farmasötik, evsel atık, sular ve atmosfer kaynaklı olabilir. Dünyanın farklı bölgelerinde su kaynaklı tehlikeler, özellikle ağır metal maruziyeti, halk sağlığı ve çevre sağlığı açısından tehdit oluşturmaya devam etmektedir. Güvenli olmayan içme sularında risk kaynağı olarak % 82 sudaki ağır metaller ve %67 yer altı suları gösterilmiştir. Bununla birlikte direkt atık sularını boşaltan endüstriler vasıtasıyla denizler ağır metal yönünden kirlenebilmektedir. Uzun dönemde hiçbir toksik etkilene belirtisi göstermeyen bazı deniz canlıları ağır metalleri vücutlarında biriktirmektedirler. Daha sonra bu toksik maddeler besin zinciri vasıtasıyla insan vücuduna geçebilmektedir. Bu yolla insanlara ulaşan yüksek düzeyde civa ve kadminyum gibi ağır metallerin oluşturduğu Minamata ve İtai İtai hastalığı sonuçları ve riskleri geçmiş çalışmalarda gösterilmiştir.

Ağır metal kaynaklı maruziyetlerin sebep olduğu hastalıkların toplumdaki düzeyini tespit etmek için çevresel risk etmenlerinin niceliksel değerlendirmesinin yapıldığı çalışmalar önemlidir. Bu çalışmalarda su kalitesini göstermek için Ağır Metal Kirliliği İndeksi ve Ağır Metal Değerlendirme İndeksi kullanılırken, sağlık risk değerlendirmesi için kronik günlük alım, potansiyel tehlike oranı, karsinojenik risk gibi hesaplamalar yapılmaktadır.

Ülkemizin farklı coğrafyalarında minerallerce zengin kayaçlardan oluşan bölgeler bulunmakta ve bazı yeraltı sularında ağır metal miktarı yüksek saptanmaktadır. Kütahya ilinde Arseniğe kronik maruziyet sonucu 6 kişiden birinde cilt lezyonları olduğu ve hesaplanan Kümülatif Arsenik İndeksinin sudaki As düzeyi ve maruziyet süresi ile birlikte arttığı 2014 yılında çalışmamızda saptanmıştır.

Özellikle çevresel risk kaynaklarının belirlenmesi ve tanımında risk etmenleri ile mücadelede, koruyucu eylem planları yapmada, yüksek risk gruplarını belirlemede jeoloji ve sağlık bilimlerinin entegre çalışmaları yol göstericidir. Kentsel gelişim kapsamında planlanan ve başarı ile uygulanan sanitasyon, drenaj, güvenli suyun sağlanması gibi alt yapı çalışmaları ise etkili politikaların geliştirilmesinde karar vericilere destek sağlayabilir.

**Anahtar kelimeler:** Ağır metal, kirlilik indeksi, risk değerlendirme, su

**Abstract:** The status of a person's health or disease is determined by the interaction between his genetic structure and biological, social and physicogeochemical components. It is a fact that physicogeochemical environmental elements are necessary for the continuity of our lives. However, as a result of the accumulation of some organic and inorganic chemical substances that endanger for human health and other living things, environmental pollutants occur.

The reason for the formation of heavy metals from these pollutants can be geogenic, industrial, agricultural, pharmaceutical, domestic waste, waters and atmospheric sources. Dangers caused by water in different parts of the world continue to pose a threat to heavy metal exposure, public health, and environmental health. 82% of the heavy metals and 67% of groundwater have been shown as a source of risk in unsecured drinking water. However, the seas can be contaminated by heavy metals through industries that directly drain waste water. For this reason, some marine creatures that do not show any toxic effects in the long term accumulate heavy metals in their bodies. These toxic substances can then pass through the food chain to the human body. In this way, the results and the risks of Minamata and Itai Itai diseases caused by heavy metals such as high level of mercury and cadmium have been shown in previous studies.

The studies on the quantitative assessment of environmental risk factors are important in order to determine the level of the diseases caused by heavy metal exposure. In these studies, the Heavy Metal Pollution Index and Heavy Metal Evaluation Index are used to show the water quality. Additionally, for health risk assessment, chronic daily intake, potential hazard ratio, carcinogenic risk are calculated.

In different geographic regions of our country, there are regions composed of minerals rich in minerals. Therefore, the amount of heavy metals in some groundwater is high. In 2014, in our study, chronic exposure to arsenic in Kütahya province revealed that skin lesions occurred in one of 6 people and the cumulative arsenic index was increased with "As" level and exposure time in the water.

The integrated studies of geology and health sciences will guide the identification of high-risk groups, especially in identifying environmental risk sources and risk factors, in conducting protective action plans. Infrastructure studies such as sanitation, drainage and safe water, which are planned and implemented in the scope of urban development, can provide support to decision makers in developing effective policies.

**Keywords:** Heavy metal, pollution index, risk assessment, water



## Sağlıklı Kentler

### Healthy Cities

#### Selma Metintaş

*Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Tıp Fakültesi Halk Sağlığı Anabilim Dalı  
(selmametintas@hotmail.com)*

**Öz:** “İnsan” ve “çevre” arasında meydana gelen sağlık etkileşiminin incelenmesi, insanın ve toplumun sağlığının geliştirilmesi ve iyileştirilmesi çalışmaları “sağlığın ekolojik tanımı”nı oluşturur. Bu tanım, insan sağlığı çalışmalarında önemli bir dönüm noktası olmuş, sağlığı koruma ve geliştirme çabaları son yıllarda sağlığın ekolojik yaklaşımı içinde ele alınıp, değerlendirilmiştir. Bu kavram altında sağlığın geliştirilmesi işleri, tüm insanların sağlığını, toplumda sağlığın başlıca belirleyicilerini olumlu yönde geliştirmeyi irdeleyen, sağlığı toplum adına çoğulcu katılımı savunan, bu yönde hükümetlerin sağlık alanındaki sorumluluklarını destekleyen ve yönlendiren bir uygulamalar zinciridir. “Sağlığı geliştirme” adına ilki 1986 yılında Ottawa’da olmak üzere Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ)’nün önderliğinde seri konferanslar ve toplantılar düzenlenmiş, küresel ve bölgesel eylem planları ortaya konulmuştur. Konferanslardan, 2016 yılında düzenlenen “Şanghay 9. Küresel Sağlığı Geliştirme Konferansı”nda, sağlığın geliştirilmesiyle sürdürülebilir kalkınma, şehir çevresi, şehir sağlığı arasındaki ilişki vurgulanmış, “Şanghay Sağlıklı Şehirler Konsensüsü” ilan edilmiştir. Bu önemli gelişmeye koşut olarak DSÖ “Sağlıklı Şehirler Projesi”ni geliştirmiş, “Sağlıklı Şehirler” kavramını ve idealizmini, dünyadaki şehirlerin gündemine koymayı ve yerel düzeyde halk sağlığı için destek oluşturmayı amaçlayan uzun vadeli bir sağlığı geliştirme projesi olarak tanıtmıştır.

Sağlıklı şehirler, insanların yaşamlarının tüm işlevlerini yerine getirebildikleri, sahip oldukları potansiyelleri en üst düzeylerde geliştirmeye destek buldukları, uygun fiziksel ve sosyal çevreleri sürekli olarak oluşturabildikleri, iyileştirebildikleri, bunları sağlayan topluluk kaynaklarını genişletebildikleri şehirler olarak tanımlanmaktadır. İtalya’da gelişen yeni bir akım, DSÖ’nün bu önemli projesini bir adım öteye taşıyıp, sadece sağlıklı değil, sağlıklı ve salutojenik şehirler kavramını gündeme getirmiştir. Dr.Aaron Antonovsky tarafından geliştirilen salutojenik (salutogenesis) yaklaşım kişilerin/toplumların fiziksel ve zihinsel yönden sağlıklı olmalarını teşvik eden, bunun için sadece hastalığın kaynaklarını ele alan geleneksel “patogenez” yaklaşımının ötesinde, sağlığın kökenlerine odaklanan bir modeldir. Model, gelişmiş ülkelerde gittikçe taraftar bulmaktadır. Kentleşmenin hızla artış gösterdiği günümüzde, kent yaşamı insanlara farklılaşan bir yaşam biçimi sunmakta, kalp-damar hastalıkları, kanser, diyabet, depresyon ve bunama gibi çeşitli sağlık sorunlarının ana kaynağını oluşturmaktadır. Kent yaşamının salutojenik yaklaşımla dizayn edilmesi önerisinde üzerinde durulması gereken ana prensipler şunlardır: 1-Halkı, sağlıklı davranışlara yönlendiren kentsel planlama müdahalelerinin teşvik edilmesi, 2- Kentsel ortamlardaki yaşam koşullarının iyileştirilmesi, 3- Yaşlı nüfusa özel bir odaklanma ile her kesime erişilebilir ve kapsayıcı bir kent oluşturmak, 4- Esnek kentsel alanların temelini teşvik etmek, 5- Kentsel yenilenme müdahaleleri ile yeni ekonomilerin ve istihdamın geliştirilmesini desteklemek, 6- Sosyal eşitsizliklerin üstesinden gelmek, 7- Paydaşların

şehirlerde halk sağlığını etkileyen faktörler hakkında bilinçlendirilmesi, 8- Katılımlı bir kent yönetimi sağlanması, 9- Sağlıklı yaşam tarzlarını geliştirmek ve nüfusun sağlık durumunu izlemek, 10- Bilginin paylaşılması ve bilgiye erişimin teşvik edilmesi.

2023 Sürdürülebilir Kalkınma Modeli, sağlıklı ve salutojenik şehirler kavramları genel prensipleriyle kabul ve teşvik etmektedir. Bu çabaya Türkiye’de katılmak durumundadır.

**Anahtar Kelimeler:** Sağlık, kent, salutojenik yaklaşım, sağlıklı kentler, sağlığın güçlendirilmesi

**Abstract:** The ecological definition of health is the study of the health interactions between human and environment, and the development and improvement of the human and society health. This definition has been an important milestone in human health studies, and the health protection and development efforts have been considered and evaluated in the ecological approach of health in recent years. Under this concept, health improvement endeavor is a chain of applications that considers improving the health of all people and the main determinants of health in society, advocates health with pluralistic participation on behalf of society, supports and guides the responsibilities of governments in this field. Since 1986, first in Ottawa, serial conferences and meetings have been organized under the leadership of the World Health Organization (WHO) and global and regional action plans have been introduced to improve health. The relationship between health promotion and sustainable development, environment of urban and city health was emphasized at the 9th Global Conference on Health Promotion in Shanghai in 2016 and Shanghai Healthy Cities Consensus was declared at this conference. In parallel to this important development, WHO developed the Healthy Cities Project and introduced the Healthy Cities concept and idealism as a long-term health promotion project aimed at putting it on the agenda of cities around the world and creating support for public health at the local level.

Healthy cities are defined the cities where people can perform all the functions of their lives, they find support for developing their potential at the highest levels, they are able to continuously develop and improve the appropriate physical and social environment, and they can expand the community resources. A new trend in Italy has taken this important project of WHO one step further and brought the concept of healthy and salutogenic cities not only healthy. Salutogenesis is a model that was developed by Dr.Aaron Antonovsky encourages people / communities to be physically and mentally healthy, focuses on the origins of health beyond the traditional pathogenesis approach that addresses the sources of the disease. The model is becoming increasingly supportive in developed countries. Today, urbanization is rapidly increasing and urban life presents a different way of life to people, and is the main source of various health problems such as cardiovascular diseases, cancer, diabetes, depression and dementia. The main principles that should be emphasized in the proposal of designing urban life with a salutogenic approach are: 1- Promoting urban planning interventions that point citizens towards healthy behaviors, 2- Improving living conditions in the urban context, 3- Building an accessible and inclusive city, with a special focus on the elderly population, 4- Encouraging the foundation of resilient urban areas, 5- Supporting the development of new economies and employment through urban renewal interventions, 6- Tackling social inequalities, 7- Impro-

ving stakeholders' awareness of the factors affecting public health in the cities, 8- Ensuring a participated urban governance, 9- Introducing qualitative and quantitative performance tools, capable of measuring the city's attitude to promoting healthy lifestyles and to monitoring the population's health status, 10- Encouraging the sharing of knowledge and accessibility to information.

The 2023 Sustainable Development Model recognizes and promotes healthy and salutogenic cities with their general principles. This effort is required to participate in Turkey.

**Keywords:** Health, city, salutogenesis, healthy cities, health promotion





**USTALAR OTURUMU (EMEKLİ YERBİLİMCİLER) / EMERITUS EARTHSCIENTISTS**

Ayhan KÖSEBALABAN - Ali YILMAZ - Ali Vedat OYGÜR - Ali ÇAKMAKOĞLU

---

**Sözlü Sunumlar/*Oral Presentations***

---

**ÖZ/ABSTRACT**





## Bitlis Masifi, Avnik-Bingöl Apatitli Magnetit Yataklarının Jeolojik Etüt, Araştırma ve İşletme Aşamaları

### *Stages of Geological Prospection and Mining Operation of the Apatite Bearing Magnetite Ores in Avnik-Bingöl, Bitlis Massif*

**Burhan Erdoğan**

*Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü  
(burhan.erdogan@deu.edu.tr)*

**Öz:** Bitlis Masifi ve onun uzantısı olan Malatya-Pötürge Masifi GD Anadolu'da B-D yönlü uzanım sunan, birden çok metamorfizma geçirmiş ve Alpin Orojenezi sırasında bugünkü özelliklerini kazanmış bir kuşaktır. Bu sunumda 1977-1982 yılları arasında bu kuşağın batı ucunda yer alan Avnik-Bingöl yöresindeki apatitli magnetit yataklarında TDCİ (Türkiye Demir Çelik İşletmeleri) projesi kapsamında 1/25000 ve 1/1000 ölçekli haritalar yapılarak yürütülen jeolojik etüt çalışmaları ve sonraki gelişmeler anlatılacaktır.

İnceleme alanında Bitlis metamorfikleri içinde, altta Alt Birlik adı verilen, içlerinde volkanik-sedimenter yollarla oluşmuş mercekler halinde apatitli magnetit düzeyleri bulunan yüksek dereceli metamorfik gnayslar ve mafik metavolkanitler bulunur. Alt Birlik daha sonra migmatitik bölümler sunan metagranitler tarafından kesilmiştir. Alt Birlik olası Infrakambriyen yaşlıdır. Şiddetli deformasyonun ardından derin seviyelerine kadar aşınmış olan bu istif açısız uyumsuzlukla platform tipi kırıntılı kayalar ve karbonatlar tarafından örtülmüştür. Bu istif Alpin Orojenezi sırasında metamorfizma geçirek mikaşistler ve mermerlere dönüşmüş ve bu çalışmada Üst Birlik adıyla tanımlanmıştır. Bitlis metamorfikleri Miyosen sırasında güneye devrik kıvrım ve naplar halinde Arap Platformu üzerine itilmiştir.

Bu çalışmaların tarafımızdan yürütüldüğü yıllarda aynı bölgede MTA (Maden Tetkik Arama Enstitüsü) bünyesinde çalışan farklı gruplar tarafından 1/1000 ölçekli jeoloji haritaları yapılarak rezerv tespitine yönelik araştırmalar yapılmış ve çalışmalar 1990'lı yıllara kadar devam etmiştir. Karotlu sondajlara ilaveten demir ve fosfatın zenginleştirme deneyleri de aynı ekipler tarafından yürütülmüştür.

Son yıllarda yapılan yol çalışmaları metamorfik birimlerin tekrar incelenmesini ve fotoğraflanmasını sağlamıştır. Ayrıca açık işletme panoları cevher-yankaya ilişkisinin gözden geçirilerek yatakların oluşumunun yeniden tartışılmasına olanak vermiştir.

**Abstract:** The Bitlis and Malatya-Pötürge massifs together forming an E-W-trending poly-metamorphic belt in the SE Anatolia attained its present form during the Alpine Orogeny. In this talk, the geological studies and prospections carried out from 1977 to 1982 as a project of TDCİ (Turkey Iron and Steel Enterprises) including mapping in apatite bearing magnetite ores in Avnik-Bingöl area on 1/25000 and 1/1000 scales, are presented.

The Bitlis Massif consists of two distinct rock associations of Lower Association and Upper Association. The Lower Association is made up of gneisses, mafic metavolcanics and iron ores of volcano-sedimentary origin. They were cut by granites and metamorphosed under high temperature conditions and strongly deformed. After the region was deeply eroded and unconformably overlain by a platform-type detrital and carbonate succession, the region was affected by a second metamorphism and the micaschist and marble succession of the Upper Association was formed during the Alpine Orogeny. The Bitlis metamorphics deformed and transported southerly as nappes and overturned folds finally thrustured onto the Arabian Platform during the Miocene.

As we were doing geological survey, in the same region, MTA (Mineral Research and Exploration Institute) groups were conducting detailed 1/1000-scale mapping of the ore zones and did intensive drilling. They also did laboratory works to find method of concentration and enrichment for iron and phosphate.

Along recently opened road cuts the lithological characteristics of the metamorphic units are reexamined and photographed. Open-pit mining also revealed the ore bodies to discuss their genesis.



## Meslek Hayatımdan Akılda Kalanlar

### *Memories From My Professional Life*

#### Güler Taner

**Öz:** AÜFF Jeoloji Kürsüsünde kırk beş yıl süren meslek hayatımda çok mücadele ettim. Sevinçli üzüntülü olaylar yaşadım. Asistan olduğumda kürsüde sınavlar sözlü yapılıyordu. Ben de merhum hocam Dr. Lütfiye Erentöz'ün yanında olurdum. Bazı arkadaşlarım da sınava girerdi. Böyle bir sınavda olmak bana çok ağır gelirdi.

Doktorama başladığımda arazi çalışmaları için 1967 yılında Sarayköy'e (Denizli) gittik. O gün öyle kötü bir otele inmiştik ki anlatamam. Kalacağımız odada tahta sandalyede arazi kıyafeti ile oturup sabahlamayı düşünürken, MTA'nın oradaki arazi kampından davet aldık ve oraya taşındık. Bu anı hiç unutamam. MTA'lı arkadaşlar jeotermal aramalarını yürütüyordu.

O dönemde, arazide her taşın altından akrep çıkardı. Akrep bir gün eşimin parmağını soktu. Hava çok sıcak olduğundan güneş doğmadan araziye çıkar, dört beş saat çalışıp dönerdik. Öğleden sonra tekrar araziye gider ve akşamüzeri dönerdik. Doçentlik çalışmalarım için Gelibolu'da arazi çalışmalarımı yaparken hemen her gün engerek yılanı görürdük. Dolayısıyla her gün tehlike atlattık. Sonraki yıllarda yanımızda yılan serumu taşıdık. 1974 yılında Kıbrıs çıkartması yapıldığında, Gelibolu'da arazi çalışması devam ediyordu. Çanakkale Boğazı'nın nasıl korunduğunu gördük. Savaşın ne demek olduğunu o zaman anladık.

Öğrencilerimle birlikte olmaktan her zaman mutlu olurdum. Ayrıca, bunu sürdürmeye çalışıyorum.

**Abstract:** I have struggle a lot in my professional life, which lasted forty-five years at the Department of Geology in the Science Faculty of Ankara University. I've had joyful and also sad moments. When I became an assistant, the exams were made orally. It was necessary for me to be with my dear late teacher Lütfiye Erentöz. Some of my friends would take the test. It was too hard for me to be in such a test.

When I started my doctorate, we went to Sarayköy (Denizli) in 1967 for field works.

It is not possible to explain, when we went and saw the situation of the bad hotel in that day. While we were thinking to sit on a wooden chair with our dresses up to in the morning, we received an invitation from colleagues of MTA camp and we moved to go there. I can never forget this moment. MTA colleagues were managing geothermal study.

At that time, it was usually to see the scorpion under of every rocks. One day the scorpion bit my husband's finger. Since the weather was very hot, we would go to the field in the morning before the sun rises and then worked for four to five hours and returned. We went to the field study again in the afternoon up to the sunset.

While I was doing my field work at Gallipoli for the associate professorship study, it was usual to see a viper (snake) almost every day. Therefore, we would have a danger every day. In the years following, we carried snake serum with us. When the Cyprus operation was made in 1974, my field work continued in Gallipoli. In this way, we saw also, how the Dardanelles were protected. That's when we realized what the war meant.

I was always happy to be with my students. In addition, I'm trying to keep it.



## **Prof. Dr. Mehmet Ayan'ın Meslek Yaşamı**

### *The Professional Life of Prof. Dr. Mehmet Ayan*

#### **Mehmet Ayan**

**Öz:** Bu konuşmamda sizlere kısaca meslek yaşamımdan bahsedeceğim. Çalışmalarım bürokrasi, akademik ve özel sektör olmak üzere 3 gruptan oluşmuştur.

#### **MTA Genel Müdürlüğü Dönemi:**

MTA burslu öğrencisi olarak İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Jeoloji Bölümü'nden 1953 yılı Haziran döneminde mezun oldum. Bir hafta sonra Doç. Dr. Enver Altınlı hocamız ile birlikte Denizli Acıpayam – K.Tavas Fethiye arasında 1/100.000 ölçekli jeolojik harita projesinde görev alarak çalışma hayatıma başlamış oldum. Sonrasında doktora eğitimi için gönderildiğim Fransa'daki Nancy Üniversitesi'nde doktoramı tamamladım ve Nisan 1959'da MTA Atom Şubesi'nde Uranyum Prospeksiyonu'nda göreve başladım. Ekibimle birlikte 1961 yılına kadar 2 yıl boyunca sürekli olarak arazide çalıştık. Yedek subaylık görevimi tamamladıktan sonra MTA'da önce Atom Servis Şefi, daha sonra Kömür Servisinin de ilavesiyle Atom-Kömür Şube Müdürü olarak görev yaptım. 1969 yılında Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi'nde yarı zamanlı olarak Ekonomik Jeoloji dersi vermeye başladım. 1971'de Doçent oldum ve derslere devam ettim. 1974 Ocak ayında 15 sene hizmet verdiğim MTA'dan ayrıldım ve tam zamanlı doçent olarak Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi'ne geçtim.

#### **Akademik Dönem:**

15 Ocak 1974 tarihinde Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi'nde Mineroloji ve Tatbiki Jeoloji Kürsü Başkanı olarak göreve başladım. Yarı zamanlı olarak, okutulmakta olan uygulamalı dersler için yetiştirilmek üzere asistan takviyesi yaptım ve bunları, uzmanlık alanlarında doktora çalışmalarına başlattım.

1976 yılında Konya Selçuk Üniversitesinde Jeoloji Mühendisliği Bölümü'nü kurdum ve 2 yıl yarı zamanlı olarak ders verdim.

1978 yılında Ankara Üniversitesinde Jeoloji Mühendisliği Bölümünün kurulmasında önemli rol oynadım ve Bölüm Başkanlığına atandım. 1979 yılında profesör oldum ve Fakülte Yönetim Kurulu üyesi seçildim. Jeoloji Mühendisliği için yeni bina projesi oluşturduğum ve inşaatını başlattım. Zemin Mekaniği Laboratuvarı için gerekli teknik ekipmanı satın alarak yeniden kurdum.

1980 yılında Jeofizik Bölümünü açtık. 1982 yılında YÖK uygulaması başlayınca emekli oldum, böylece akademik hayatım son buldu.

#### **Özel Sektör Dönemi:**

1983 yılında bir sermaye grubuyla birlikte, hissedar olarak, Kemitaş Madencilik Ltd. Şirketi'ni kurduk. Balıkesir yakınında Köteyli Köyü'ndeki kömür ocağını satın aldık ve yeraltı işletmesi olarak üretim ve satışa başladık. Bir sene sonra hissemi devrederek ayrıldım. Daha sonra An-



kara'da TEK'in yan kuruluşu olan Eltem-TEK'de yarı zamanlı danışman olarak görev yaptım.

Bu arada Texas'ta uzun yıllar petrol aramalarında çalışmış olan bir arkadaşımınla birlikte Houston merkezli Thrace Basin Natural Gas Corp. Inc. Şirketi'ni kurduk. Ankara'da şubesini açarak, Trakya'da 8 adet petrol ve doğal gaz arama ruhsatı aldık. 1985 yılında sondaj yapmak için Amerikalı bir sermaye grubuna şirketin %50 hissesini devrederek kapital sağladık. Bu dönemde şirketin yerleşik müessil ve genel müdürü olarak göreve devam ettim. 1985 yılında açtığımız ilk kuyuda doğal gaz bulduk. Daha sonra açtığımız kuyulardan üretilen doğal gazı döşediğimiz boru hattı ile çevredeki sanayi tesislerine sattık. 2007 yılında emekli olarak şirketten ayrıldım. Sonrasında Enkay Danışmanlık Müh. Ltd. Şirketi'ni kurdum. Kömüre dayalı birkaç termik santral fizibilite ve maden ruhsat değerlendirme işleri yaptık ve 2012 yılı sonunda aktif meslek yaşantıma son verdim.

**Abstract:** I will briefly discuss about my career in my speech. My career is divided in 3 groups as bureaucracy, academy and private sector.

Mineral Research and Exploration General Directorate (MTA) Period:

I have been graduated from University of İstanbul, Faculty of Science, Department of Geology as MTA scholarship student in 1953, semester of June. After a week, I have started to my first job, 1/100.000 scaled geological map project of Denizli Acıpayam- Fethiye K.Tavas, together with our teacher Doç. Dr. Enver Altınlı. Later I have sent to France, University of Nancy to get my doctorate degree. After completing my education in France, I began to work on uranium prospection Project in MTA, in 1959 April, at uranium department, which name was atom department at that time. I worked full time in field for two years together with my team. After I completed my military service, I am appointed to the chef of atom service. Then I have been the manager of the Atom-Coal Department.

In the year 1969, I have been a part time lecturer in the University of Ankara Faculty of Science and taught economic geology. I have been associated professor in the year 1971. In 1974 January, I departed from MTA, which I have been working for 15 years and attended fulltime to the University of Ankara Faculty of science.

Academic period:

In 15 January 1974, I have started to work in the University of Ankara Faculty of Science as the head of Mineralogy and Applied Geology Department. I hired some necessary assistants to work in the Department and they began to complete their education on their field of experience to get their doctor degree. In the year 1976, I established the Geology Engineering department in Selçuk University, Konya. I worked part time as a lecturer for two years in this department. I worked very hard and played an imported role in the establishment of the Geology Engineering Department in Ankara University in the year 1978 and afterwards I was appointed as the head of the Department. At 1979, I earned professor degree and became a member of the faculty board. Than I worked on the project of the new building of Geology Engineering Department and realized this Project. I bought new technical equipments and reconstructed

the Soil Mechanic Laboratory. In the year 1980, we opened a new department, the department of Geophysics. As the YÖK application started in the year 1982, I retarded and ended my academic life.

#### Private Sector Period:

In the year 1983, being a shareholder of an investment group, we generated Kemitaş Mining Ltd. Company. We bought a coal mine which placed in Kötelyi village near Balıkesir. We mined coal by underground method and sold the production. One year later I departed from the company. After that period I worked as a consultant for Eltem-Tek which is a subsidiary of TEK.

In the meanwhile, we constituted the Thrace Basin Natural Gas Corp. which head Office is in Houston, together with a friend of mine who has studied in petroleum explorations in Texas for many years. We opened a branch in Ankara and we took 8 exploration licences for petroleum and natural gas in Thrace. We provided the capital for petroleum drillings, from an American investment group by selling the 50 % of the shares. I continued my job as resident representative and general director of the company. We found natural gas in the first borehole that we drilled in 1985. After, we sold the production of natural gas to industrial plants in the environment by pipe lines which we constructed. At 2007 I retired from the company. After that period I generated my own company, Enkay Consulting EngineeringLtd. I provided knowledge on coal subject and evaluated mining licences together with feasibility studies for some thermic centrals. At the end of the year 2012, I finished my active professional life.



**UZAKTAN ALGILAMA VE COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ / REMOTE SENSING AND GIS**

Kaan Şevki KAVAK - Can AYDAY - Tolga ÇAN - Bekir Taner SAN

---

***Sözlü Sunumlar/Oral Presentations***

***ÖZ/ABSTRACT***





## Denizli Kent Merkezi Arazi Kullanım Değişiminin Spektral Açık Haritalama Yöntemi ile Belirlenmesi ve Yerbilim Verileri ile Değerlendirilmesi

*Land use/cover Change Detection in Denizli Downtown Using Spectral Angle Mapper Method and Evaluation with Geoscience Data*

**Tolga Çan<sup>1</sup>, Mamadou Traore<sup>1</sup>, Senem Tekin<sup>1</sup>, Halil Kumsar<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Çukurova Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Sarıçam, ADANA

<sup>2</sup>Pamukkale Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Kınıklı, DENİZLİ

(mtraore@student.cu.edu.tr)

**Öz:** Arazi kullanım planlaması, sürdürülebilir kalkınma sürecinin merkezinde yer almakta olup, arazi kullanımındaki değişim jeo-çevresel süreçlere uyumlu bir şekilde yapılandırılmaktadır. Denizli ili sahip olduğu jeotermal enerji, mermercilik, tarım, turizm ve sanayi kapasitesi açısından Ege bölgesinin ve ülkemizin en önemli illerinden biridir. Bununla birlikte kent merkezi ve çevresi, Denizli ve Babadağ fay zonu içerisinde yer almakta olup, bölge yüksek sismik aktiviteye sahiptir. Denizli ve çevresinde bulunan çok sayıda antik kentin tarihsel depremler sonucu yıkıldığı bilinmektedir. Bu açıdan Denizli ili kentsel gelişim alanlarının zaman içerisindeki değişimi ve arazi kullanım planlamalarının yerbilim verileri ile ilişkilendirilmesi oldukça önemlidir.

Bu çalışmada Denizli ili kent merkezindeki değişim tespiti analizleri 1984 ve 2018 yılları için Landsat-5 TM ve Landsat-8 OLI uydu görüntüleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Uydu görüntülerinde ön işlem aşamasında radyometrik kalibrasyon ve atmosferik düzeltmeler uygulanmıştır. Arazi kullanımı / arazi örtüsü değişim tespiti, kontrollü sınıflandırmalardan, Spektral Açık Haritalama yöntemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Çalışma alanı, tarım alanları, orman, yapılaşma, su ve çıplak toprak/kayalık alanlar olarak beş sınıfta değerlendirilmiştir. Sınıflamaların performans değerlendirmesi genel doğruluk için hata matrisi, sınıflamalar arasındaki istatistiksel farklılıklar ise Kappa katsayısı kullanılarak yapılmıştır.

Elde edilen sonuçlara göre 1986 ile 2018 yılları arasında yapılaşma ve orman alanlarında sırasıyla % 153.57 ve % 95.16'lık artış gözlenirken, tarım ve çıplak toprak/kayalık alanlarda ise %51.18 ve %39.68'lik oranında azalma gözlenmiştir. Yapılaşma alanlarının büyük çoğunluğunun, jeolojik olarak deprem sarsıntısına hassas, Kuvaterner yaşlı alüvyal yelpaze, etek çökelleri ve havza içinde yeraltı su seviyesinin yüzeye yakın olduğu, sıvılaşabilir alüvyon zeminler üzerinde konumlandığı belirlenmiştir. Bununla birlikte çalışma alanında yer alan diri faylara 250 m'lik tampon bölge içerisinde 1984 ile 2018 yıllarındaki yapılaşmalardaki artış %140 olarak bulunmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Arazi kullanımı, değişim tespiti, Denizli, spektral açı haritalama.

**Abstract:** Land use planning is central to the sustainable development debate and the land use change should be designed in accordance with the geoenvironmental processes. Denizli is one of the most important cities of the Aegean region and Turkey in terms of geothermal energy, marble, agriculture, tourism and industrial capacity. However, the city center and its surroundings are located within the Denizli and Babadağ fault zones. The area has high seismic activity and it is known that many ancient cities in Denizli and its surroundings were destroyed by historical earthquakes. In this respect, it is very important to link the changes in the urban development areas of Denizli province over time and the land use planning with the geoscience data.

Landsat-5 TM and Landsat-8 OLI satellite images for the years 1984 and 2018 were used to determine the change detection in the Denizli metropolitan. In pre-processing stage radiometric calibrations and atmospheric corrections were applied for all satellite images. Land use/cover change detection was performed using supervised classification -Spectral Angle Mapper- method. The study area was classified into 5 major land cover/use classes: Agriculture, forest, built-up, water and bare soil/rock. The overall accuracies from the confusion matrix and Kappa coefficient for the statistical differences between the classifications were considered for the performance evaluations.

According to the classification results, built-up and forest areas were increased by 153.57 % and 95.16 %, while agriculture and bare soil/rock were decreased by 51.18 % and 39.68 % from 1986 to 2018, respectively. Large proportion of built up areas were geologically located on the Quaternary age alluvial fans, hillslope deposits and groundwater bearing liquifiable alluvial soils which are sensitive to earthquake shaking. In addition, the built-up areas within the 250m buffer zone to the active faults were increased by 140 % from 1984 to 2018.

**Keywords:** Change detection, Denizli, land use/cover, spectral angle mapper.



## Grace Uydu Verileri ile Türkiye'nin Uzun Dönemli Su Kütle Değişiminin İncelenmesi

### *Investigation of Long Term Changes of Turkey's Water Mass with Grace Satellite Data*

**M. Halis Saka<sup>1</sup>, Yosun Özlem Yapar<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup>Gebze Teknik Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Harita Mühendisliği Bölümü Gebze/  
Türkiye

<sup>2</sup>Kadastro Müdürlüğü, Kırşehir/Türkiye  
(saka@gtu.edu.tr)

**Öz:** Deniz ve kara yüzeyindeki su, kar, buzulların yeniden dağılışı, atmosferdeki kütle hareketleri ve buzul sonrası rezonans etkilerinin tümü, dünyanın çekim alanında zamansal değişimlere sebep olan jeofiziksel parametrelerdir. Yüzey kütle değişimlerinin, birincil derecedeki etmeni yersel su miktarındaki değişimlerdir. 2002 yılında fırlatılan GRACE, ~200 kilometre çözünürlükle gravite ölçmelerinden tanımlanan yersel su depoları; yeraltı suları, toprak nemi, yüzey suları, kar, buz suları ve biokütleyi içerisine alan tüm su formlarının dikey birleşiminin aylık değişimlerini yansıtır.

Bu çalışmada, Ocak 2004'den Haziran 2014'e kadar Türkiye (~330 km yersel çözünürlük, ~10-15 km tabaka kalınlığı) su depolarındaki değişimin, UT-CSR (GRACE seviye-2 küresel harmonik katsayıları), kfilter-DDK (ICGEM küresel harmonik katsayıları), CNES/GRGS (Uzay Jeodezi Araştırma Grubu tarafından analiz edilen eşdeğer su yükseklikleri) ve GLDAS (Küresel Toprak Veri Asimilasyon Sistemi) karasal yüzey modeli olmak üzere 4 farklı veri seti üzerinden yaygın olarak kullanılan değerlendirme yöntemlerinden biri seçilerek yapılan analizlerde uzun dönemli trendinin belirlenmesi ve kritik noktalarının tespit edilmesi amaçlanmıştır. İlk olarak 60'ıncı dereceye kadar açılmış UT-CSR RL05 aylık küresel harmonik katsayıları ve UT-CSR verilerine ileri analizler uygulanarak elde edilen kfilter-DDK3 küresel harmonik katsayıları kullanılmıştır. Bu sonuçları karşılaştırmak üzere CNES/GRGS interaktif ara yüzden elde edilen eşdeğer su yükseklik verileri ve aynı zaman periyodundaki GLDAS/Noah hidroloji modeli de değerlendirilmiştir. Bölgesel su depolarındaki değişimi tespit etmek üzere kullanılan, çalışma bölgesinin tam olarak belirleyebilmesinin yanı sıra, ölçme ve sınırlı hatalarını minimize edebilen kernel metodu, farklı çözüm stratejileri ile filtrelenmiş kfilter-DDK3 küresel harmonik katsayılarına ve tarafımızdan filtrelenen UT-CSR aylık GRACE küresel harmonik katsayılarına uygulanmıştır. Bu iki veri setinden elde edilen Türkiye'nin su depolarındaki değişim sonuçları arasındaki maksimum fark ~4 cm iken yıllık ve sezonsal farklarını gösteren noktaların %75'inin birbiriyle uyumlu olması ileri analiz işlemlerimizin tutarlı olduğunu göstermiştir. Diğer taraftan, GLDAS/Noah 1°x 1° konumsal çözünürlükteki toprak nemi, bitki su muhtevası, kar eşdeğer yükseklik verileri ve CNES/GRGS interaktif ara yüzden temin edilen eşdeğer su yükseklik verileriyle kıyaslanarak, grid su değişimlerinden, bölgesel su değişimlerine geçişteki, analiz işlemleri değerlendirilmiştir.

Türkiye'nin su depolarındaki uzun dönemli değişim yönelimini ve uzun dönemli değişimdeki



kriz (kritik) noktasını görebilmek adına, UT-CSR ve GLDAS verilerinden elde edilen su depolarındaki değişim sonuçlarına lineer ve ikinci derecen parçalı polinom geçirilmiştir. Sonuç olarak, Ocak 2004 ve Haziran 2014 dönemi periyodunda Türkiye'nin en kurak yılı 2008 olarak tespit edilmiş ve su depolarındaki trendin düşüşte olduğu gözlemlenmiştir. Bu çalışma, Türkiye'nin su depolarındaki uzun dönemli değişimleri, GRACE küresel harmonik katsayılarına uygun ileri analizlerin uygulanması ile elde edilebileceğini göstermiştir. Nitekim, GRACE misyonuyla oluşturulan yeni ölçme ve değerlendirme teknikleri, ülkemizde, özellikle uzun dönemli su politikalarını değerlendirmemize alternatif sağlayarak, akıllı su yönetimi stratejilerinin belirlenmesinde önemli bir rol üstlenecektir.

**Anahtar Kelimeler:** Bölgesel su değişimleri, grace, kernel metodu

**Abstract:** The all of, redistribution of water, snow, ice on land and in the ocean, fluctuations in atmospheric mass, postglacial rebound effects, which are caused time-variable Earth's gravity changes, are the geophysical parameters. Surface mass changes are caused by changes amount of terrestrial water. GRACE, launched in 2002, reflects the montly changes of vertical all the form of water which include groundwater, soil moisture, surface water, snow, ice, water and biomass with resolution of ~200 kilometers.

In this study, to determine regional water storage changes during from January 2004 to June 2014 in Turkey (~330 km spatial resolution, ~10-15 km layer thickness), is used UT-CSR, kfilter-DDK, CNES/GRGS and GLDAS different data sets were analyzed. It is aimed to determine the trends of long-term change in Turkey's regional water storage and their critical points. Firstly, UT-CSR monthly spherical harmonic coefficients ranging up to 60th degree and kfilter-DDK3 spherical harmonic coefficients, obtained by applying advanced analysis to UT-CSR data, were used. In order to compare these results, equivalent water height data obtained from CNES/GRGS interactive interface and GLDAS/Noah hydrology model were also evaluated at the same time period. The kernel method can be used not only to precisely determine the working area, but also to minimize measurement and leakage errors so we use kernel method at advanced analysis processes to determine regional water storage variations. The kernel method was applied to filtered kfilter-DDK3 spherical harmonic coefficients and to filtered UT-CSR spherical harmonic coefficients by us. The maximum difference between results of two data sets in Turkey's water storage change is ~ 4 cm and 75% of the points which indicating the annual/seasonal differences in terrestrial water storage change are consistent with each other showed that our advanced analysis are consistent. Moreover, terrestrial water storage changes are computed GLDAS/Noah terrestrial hydrology model data (1°x1°grid soil moisture, plant water content, snow equivalent height) are compared CNES/GRGS equivalent water heights. The consistency of our analysis process are identified.

In order to evaluate trend and crisis (critical) point of Turkey's long-term water storage change, linear and second-order polynomials were fit to the results of water storage change obtained from UT-CSR and GLDAS data. Consequently, 2008 year is the most drought year of Turkey have been identified and trend of Turkey's water storage change is declining by during from 2004 to 2014. This study shows that, GRACE is able to resolve the long-term variations of Turkey's terrestrial water storage, provided that the appropriate post-processing is applied to

GRACE coefficients. The new assessment and evaluation techniques created by the GRACE mission provide an alternative to our assessment of long-term water policies in Turkey, will play an important role in determining intelligent water management strategies.

**Keywords:** Regional water change, grace, kernel method



## Yerel Yönetimlerde CBS Tabanlı Jeoloji Uygulamaları

### *GIS Based Geology Applications In Local Governments*

**Demet Över, Musa Eskiocak**

*Hatay Büyükşehir Belediyesi*

*(demetover@yandex.com)*

**Öz:** Türkiye’deki yer bilim bölümlerinde, farklı özellikteki verilerin bir arada kullanılarak bu verilerin düzenlenip depolanması, görselleştirilmesi, analizi ve raporlanması konularındaki başarısından dolayı Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) uygulamaları kullanılmaktadır. CBS kullanımı sadece harita üretme ile sınırlı kalmayıp farklı ihtiyaçlara cevap veren yazılımların adapte edilmesine olanak sağladığından yerbilimlerdeki kullanım alanlarının çeşitliliği de artmaktadır.

CBS; her türlü coğrafi referanslı verinin etkin olarak elde edilmesi, yerel ve/veya Uluslararası Mekansal Veri Altyapısı (MVA) standartlarına uygun olarak depolanması, güncellenmesi, paylaşılması ve mekâna dayalı karar verme süreçlerinde kullanıcılara destek veren bir platform haline getirilmesi için bilgisayar donanımı, yazılımı, personel ve yöntemlerin organize olarak bir araya getirilmesi çalışmasıdır. Klasik CBS uygulamalarından standartlaştırılmış CBS uygulamalarına geçiş MVA ile gerçekleşmiştir. MVA dünyadaki bir varlığın diğer varlıklarla ilişkilerini ve etkileşimlerini içerecek şekilde coğrafi referansa dayalı bilgi teknolojileri destekli model oluşturmak ve bu modelin ilgili disiplinlerle paylaşımını sağlamaktır.

Ülkemizde halen kullanılan CBS veri kaynaklarından toplanan veriler ya merkezi bir veri tabanında tutularak ya da web servisleri aracılığıyla kullanıcılara sunulmaktadır. Bu veriler kullanılarak, ihtiyaç duyulan hizmetleri üretilmektedir. Verilerin güncelliği konusunda çok da fazla söz sahibi değildirler. Başka sistemler tarafından ihtiyaç duyulan bu veriler klasik yöntemlerle taşınmaktadır. Veriler arasında kalite farkı, tutarlılık ve doğruluk gibi sorunlar bulunabilmektedir. Bu nedenle Mekansal Veri Standartlarının kullanılması gerekmektedir. Mekansal verilerin standartlarının oluşturulmasına yönelik olarak yerel, ulusal, bölgesel ve uluslararası seviyede kullanılan standartlar vardır. Bunlar, TSE, INSPIRE (Infrastructure for Spatial Information in Europe), ISO, ve OGC gibi standartlarıdır.

Hedefimiz; Hatay İli bütününde INSPIRE Mekansal veri modeli ana omurgasına dokunmadan bölgemiz ihtiyaçları doğrultusunda genişletmeler yaparak süreç bazlı MVA’yı kurmak ve bu altyapının gelecekte Kurumsal Kaynak Planlaması bağlantısını sağlamaktır. Böylece il bazında bir mekânsal ve finansal karar verme sistemi oluşturmaktır. Bu projenin ilk adımı olarak Numarataj sisteminin oluşturma çalışması Hatay ili Defne ilçesi bazında uygulama aşmasına gelinmiştir. Bu proje kapsamında 7 adet INSPIRE (İdari Birimler, Adresler, Coğrafik İsimler, Kadastral Parseller, Yapılar, Ulaşım Ağları, Sosyal ve Kamu Hizmetleri) veri teması, ana yapısı bozulmaksızın genişletilmiştir. Bu proje ile birlikte çalışabilir olmak kaydıyla; Hatay iline ait 15 ilçede yaklaşık 90bin hektarlık alanda yapılan İmar Planına Esas Mikrobölgeleme Etütleri sonucunda sondaj, laboratuvar, paleosismoloji ve jeofizik verileri bulunmaktadır. Verilerin çokluğu ve erişiminin zorluğu dolayısıyla, Hatay iline ait ilçelerde Mikrobölgeleme Etüdü

kapsamında yapılan sondaj, jeofizik ölçümler ve diğer verilerin CBS kullanılarak modellenmesi yapılacaktır. Bu modelleme INSPIRE Jeoloji Veri teması (hidrojeoloji, jeomorfoloji ve jeofizik ) ile OGC (Open Geospatial Consortium) GeoSciML (Geoscience Markup Language) ve GroundWaterML (Groundwater Markup Language) Veri temaları eşlenmesi vasıtası ile gerçekleştirilecektir. Bunun nedeni Inspire Jeoloji veri temasının gözlem ve ölçüm şemalarını yeteri kadar desteklememesidir. Bu proje kapsamında ayrıca Ulusal gereklilikler doğrultusunda genişletmeler yapılacaktır.

**Anahtar Kelimeler:** CBS, Inspire, OGC, GeoSciML, GroundWaterML, mikrobölgeleme,

**Abstract:** Regulated and storage of this data using a combination of data with different characteristics in disciplines dealing with science in Turkey, visualization, analysis, and due to the success in reporting issues Geographic Information System (GIS) applications are used. Since the use of GIS allows the adaptation of softwares that are not only limited to map production, but also respond to different needs, the diversity of usage areas in geoscience is also increasing.

GIS is a platform that supports users in the process of storing, updating, sharing and deciding on place / location according to the standards of Local and / or International Spatial Data infrastructures (SDI), effectively obtaining all kinds of geographically referenced data software, personnel and methods to be brought together in an organized manner. The transition from classical GIS applications to standardized GIS applications was realized with SDI. SDI is to create a model that supports information technologies based on geographical reference and to share this model with relevant disciplines to include the relations and interactions of an entity in the world with other entities.

Data collected from GIS data sources currently used in our country are presented to users either by keeping them in a central database or through web services. Users use the data to produce the services they need. They do not have much voice on the actuality of the data. The data needed by other systems are carried by conventional methods. Data may include quality difference, consistency and accuracy. For this reason, Spatial Data Standards should be used. There are standards used at the local, national, regional and international level to establish the standards of spatial data. These are standards such as TSE, INSPIRE (Infrastructure for Spatial Information in Europe), ISO, and OGC.

Our aim is to establish a process based SDI by making extensions in line with the needs of our region without touching the backbone of the INSPIRE Spatial Data Model and to provide the connection of this infrastructure to Corporate Resource Planning in the future in the whole of Hatay province. Thus, to create a spatial and financial decision-making system on a provincial basis. As the first step of this project, the creation of the Numarataj system was completed in the province of Hatay province of Defne. Within the scope of this project, 7 INSPIRE (Administrative Units, Addresses, Geographical Names, Cadastral Parcels, Buildings, Transport Networks, Utility and government Services) data contact has been expanded without disrupting the main structure. Provided that they can work together with this project; As a result of the Microzonation Studies carried out in the area of approximately 90 thousand hectares in 15 districts of Hatay province, borehole, laboratory, paleoseismology and geophysical data are

available. Due to the abundance of data and the difficulty of access, borehole, geophysical measurements and other data will be modeled by using GIS within the scope of Microzonation Study in the districts of Hatay province. This modeling will be carried out by INSPIRE Geology Data contact (hydrogeology, geomorphology and geophysics) with the mapping of OGC GeoSciML and GroundWaterML Data themes. This is because the Inspire Geology data theme does not adequately support the observation and measurement schemes. Within the scope of this project, extensions will be made in line with national requirements.

**Keywords:** GIS, Inspire, OGC, GeoSciML, GroundWaterML, microzonation



## Küçükemmalı-Bilecik Yöresinin Hidrolojik-Hidrojeolojik Özelliklerinin Açık Kaynak Kodlu Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Yazılımları ile Belirlenmesi

*Determination of Hydrological-Hydrogeological Properties of Küçükemmalı-Bilecik Region by Open Source Remote Sensing and Geographic Information Systems Softwares*

**Savaş Uğur Temelli<sup>1</sup>, Can Ayday<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Nişantaşı Üniversitesi, Nişantaşı Meslek Yüksekokulu, İnşaat Bölümü, İstanbul

<sup>2</sup>Yer ve Uzay Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir Teknik Üniversitesi

(cayday@cvm.com.tr)

**Öz:** Hızla artan dünya nüfusuna bağlı olarak suya olan gereksinimlerin artması ve iklim değişikliği, suyun canlılar için önemini bir kat daha arttırmıştır. Bu nedenle su arama çalışmalarıyla, bulunan suyun planlı bir şekilde kullanımına öncelik verilmeye başlanmıştır. Ülkemizde su ile ilgili olan kamu kurumları geliştirdikleri projeler ile suyun planlı kullanımı çalışmalarına katkıda bulunmaktadır.

Gelişen uzay teknolojileri ve bu konuda kullanılan yöntemler ile planlı su kullanımı konusunda yapılan çalışmalar için yapım süresini kısaltmakta ve doğruluğunu arttırmaktadır. Bu konularda çok çeşitli uydu görüntüleri, uydudan elde edilen sayısal yükseklik verileri yazılımlar tarafından kullanılmaktadır.

Ülkemizin içinde bulunduğu ekonomik kriz düşünüldüğünde, bu konudaki çalışmaların ücretli yazılımlar yerine Açık Kaynak Kodlu ücretsiz yazılımlar kullanılarak yapılması yerinde olacaktır. Açık Kaynak Kodlu yazılımların özelliklerine bakıldığında, bu tür yazılımların pahalı ve ücretli yazılımlara göre daha üstün duruma geldiği bilinmektedir.

Bu çalışmada, Küçükemmalı-Bilecik yöresinde bulunan alanın hidrolojik-hidrojeolojik araştırmaları Açık Kaynak Kodlu Uzaktan Algılama yazılımı GRASS ve CBS yazılımı QGIS ile yapılmaya çalışılmıştır. Çalışmada sayısal yükseklik verileri ve uydu görüntüleri kullanılmıştır. Sahanın bölgesel havza analizi yapılmıştır. Küçükemmalı havzasının sınırları bu yöntemler ile belirlenmiştir. Sınırları belirlenen Küçükemmalı Havzasının hidrolojik ve hidrojeolojik özelliklerinin ortaya çıkartılmasına çalışılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Açık kaynak kodlu yazılım, coğrafi bilgi sistemleri, hidroloji, hidrojeoloji, uzaktan algılama

**Abstract:** Depending on the rapidly growing world population, the increasing need for water and world climate change have increased the importance of water for living beings. For this reason, water exploration studies have begun to give priority to planned use of water. In our country, public institutions which are working about water contribute to the projects about the

planned use of water.

Developing space technologies and the methods used in this subject and planned water use shorten the construction time of the work and increase the accuracy of the work. Satellite images, digital elevation data and softwares are used in these studies.

Considering the economic crisis in our country, it would be appropriate to carry out the studies on this subject by using Open Source Free Softwares instead of paying money for these commercial softwares. When looking at the properties of Open Source softwares, it is known that such softwares are highly improved with respect to expensive and commercial softwares.

In this study, the hydrological-hydrogeological survey of the area in the Küçükemalı-Bilecik region was tried to be studied by using Open Source Remote Sensing software GRASS and GIS software QGIS. Digital elevation data and satellite images were used in the study. The regional basin analysis of the site was conducted. The boundaries of the catchment basin were determined by these methods. The hydrological and hydrogeological properties of the Küçükemalı Basin have been tried to be revealed.

**Keywords:** Hydrology, hydrogeology, geographic information systems, open source software, remote sensing



**JEOLOJİ MÜHENDİSLERİ ODASI**  
CHAMBER OF GEOLOGICAL ENGINEERS OF TURKEY

Uluslararası Katılımlı 72. Türkiye Jeoloji Kurultayı  
28 Ocak-01 Şubat 2019, Ankara, Türkiye  
72<sup>nd</sup> Geological Congress of Turkey with international participation  
28 January-01 February 2019, Ankara, Turkey



## **Maden Arama Çalışmalarında Konumsal Bilgi Yönetimi: Esan Coğrafi Bilgi Sistemleri Portalı**

*Managing Spatial Data in Mineral Exploration: Esan Geographical Information Systems Portal*

**Maral Can Emre, Hande Vona**

*Esan Eczacıbaşı, 34956, İstanbul, Türkiye  
(maralcan.emre@esan.com.tr)*

**Öz:** Konumsal bilgi, maden arama işinde faaliyet gösteren şirket ve kurumların elindeki en önemli bilgi varlığıdır. Vektör veya raster formatında olabilen bu veriler, maden araması yapılacak saha ile ilgili teknik bilgileri (jeoloji, topoğrafya, yüzey jeokimyası, jeofizik, sondaj noktaları...) içerebildiği gibi bunların yanında madencilik faaliyetlerini doğrudan veya dolaylı olarak ilgilendirebilecek birçok referans katmanını da (izin sınırları, koruma alanları, yerleşim yerleri, altyapı...) içerebilir. Bu bilgi varlığının hatasız bir şekilde üretilmesi ve ihtiyaç anında en güncel veriye hızlı bir şekilde erişim sağlanması günümüz bilgi toplumunda ve rekabetçi madencilik piyasasında oldukça büyük bir önem teşkil etmektedir.

Bu kapsamda 2011 yılında Esan Eczacıbaşı Arama Direktörlüğü bünyesinde konumsal verilerin standartlaştırılması ile başlayan süreç, bir kurumsal hafıza çalışmasına dönüşerek 2016 yılında Esan CBS Portalı'nın yayına başlamasıyla sonuçlanmıştır. Çalışma kapsamında öncelikle, maden arama süreçlerinde üretilen ve kullanılan konumsal veri tipleri göz önünde bulundurularak bir veri tabanı şablonu oluşturulmuş ve mevcut veriler düzenlenerek kurumun merkezi ilişkisel veri tabanına aktarılmıştır. Son olarak, bu verilerin sahada üretildiği anda mobil cihazlar yardımıyla merkezi sisteme aktarılmasına ve ilgili kişilerin ihtiyaç duydukları verilere masatüstü CBS yazılımları, internet tarayıcıları veya mobil cihazlar üzerinden erişimine olanak tanıyan Esan CBS Portalı hayata geçirilmiştir.

Esan CBS Portalı; arama çalışmalarında kritik öneme sahip olan konumsal verilerin üretilmesi ve bilgiye hızlı erişim alanlarında kurumumuza önemli avantajlar sağlamanın yanı sıra, geniş kapsamlı kurumsal hafıza çalışması bakımından ülkemizde madencilik alanında faaliyet gösteren firma ve kurumlar arasında yapılan öncel çalışmalardan biri olmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Maden arama, CBS, konumsal veri, kurumsal hafıza.

**Abstract:** Spatial data is the most important data asset to all those private and government organizations that are in the business of mineral exploration. Data can be stored either in raster or vector format and may include both technical (geology, topography, surface geochemistry, geophysics, drillhole collars...) and non-technical (permits, restricted zones, settlement areas, infrastructure...) information regarding the exploration area. Precise data production and immediate access the up-to-date data in the time of need is crucial in today's knowledge-based society and highly competitive mineral exploration business.



In this context, the process starting with standardization of spatial data of Esan Exploration Department turns into an organizational memory work and comes to a conclusion as Esan GIS Portal went online in 2016. Work started with spatial database design bearing in mind the data types that are produced and used in mineral exploration stages. Then all the existing spatial data asset of the organization is validated, organized and imported into the central geodatabase. Last but not least, Esan GIS Portal goes live enabling the field crew to produce and synchronize the data into the central geodatabase using mobile devices and the end user to access the data they need using their choice of platform: desktop, web or mobile.

Esan GIS Portal not only provides a great advantage to our organization in production and sharing of the critical spatial data, but also serves as a model of organizational memory for all organizations that are active in mineral exploration business, considering the scale of the work.

**Keywords:** Mineral exploration, GIS, spatial databases, organizational memory.

**UZAKTAN ALGILAMA VE COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ / REMOTE SENSING AND GIS**

**Kaan Şevki KAVAK - Can AYDAY - Tolga ÇAN - Bekir Taner SAN**

**Poster/Posters**

**ÖZ/ABSTRACT**





## Erzurum Uzundere İlçesinin Heyelan Duyarlılık Haritalaması: UA ve CBS tabanlı Ağırlaştırılmış Doğrusal Birleştirme Yöntemi

*Landslide Susceptibility Mapping in The Uzundere District, Erzurum: RS and GIS Based Weighted Linear Combination Method*

Azimollah Aleshzadeh<sup>1</sup>, E. Vural Yavuz<sup>2</sup>

<sup>1</sup>İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Programı, 34469, Ayazağa, İstanbul

<sup>2</sup>İTÜ Maden Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 34469, Ayazağa, İstanbul

(aaleshzadeh@itu.edu.tr)

**Öz:** Heyelanlar Türkiye için önemli doğal tehlikedir. Bu doğal afetin meydana getirdiği can kaybı ve maddi zararlar ülke için büyük ölçülerdedir. Bu zararların en az seviyeye indirilmesi için araştırmacıların çabaları yıllardır sürmektedir. Heyelan duyarlılık haritalaması (HDH) heyelan tehlikesi ve risk değerlendirmesinin en kritik aşamalarından biridir. Bu çalışmada, Erzurum ilinin kuzeyinde yer alan ve yaklaşık 840 km<sup>2</sup> yüzölçümüne sahip olan Uzundere ilçesi seçilmiş ve heyelan duyarlılık değerlendirmesi açısından incelenmiştir. Bu amaç doğrultusunda Ağırlaştırılmış Doğrusal Birleştirme (ADB) yöntemi duyarlılık modellemesi için uygulanmıştır. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA) tarafından hazırlanan heyelan envanter haritası heyelan oluşumunda temel harita olarak kullanılmıştır. Jeoloji haritası, Landsat ETM<sup>+</sup> uydu görüntüleri ve sayısal yükseklik modeli temin edilmiştir. Çalışma alanı için, eğim, bakı, yükseklik, kaya türü, arazi kullanımı, drenaj ağı, yollara olan uzaklık, topografik nemlilik endeksi (TWI), akarsu akış gücü endeksi (SPI), drenaj ağına olan uzaklık, fay yoğunluğu ve akarsuya olan uzaklık heyelanı etkileyen parametreler olarak seçilmiştir. Heyelan parametreleri haritalarının oluşturulması için Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve Uzaktan Algılama (UA) teknikleri kullanılmıştır. Heyelan dağılımı ve bu parametreler arasında olan ilişki analiz edilmiş ve elde edilen sonuçlar tüm çalışma alanının heyelan duyarlılığı için kullanılmıştır. Duyarlılık değerlendirmesinin sonunda, bölge çok düşük (% 10.3), düşük (%38.9), orta (%13.8), yüksek (%34.6) ve çok yüksek (%2.4) olmak üzere beş farklı sınıfa ayrılmıştır. Modelin doğruluğu, gözlemlenen heyelanlarla kıyaslanarak ölçülmüştür. Doğrulama işlemi için eğrilik altındaki alan (AUC) yaklaşımı uygulanmış ve 0.761 olarak belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Ağırlaştırılmış doğrusal birleştirme (ADB) yöntemi, coğrafi bilgi sistemleri (CBS), Erzurum, heyelan duyarlılık haritalama (HDH), uzaktan algılama (UA), Uzundere

**Abstract:** Landslides are important natural hazards for Turkey. The loss of life and property caused by this natural disaster are large for the country. Researchers have been striving for years to minimize of these losses. Landslide susceptibility mapping (LSM) is one of the crucial

stages of landslide hazard and risk assessment. In this study, the Uzundere district, located in the northern part of Erzurum covering approximately 840 km<sup>2</sup>, was selected and investigated in the point of view of landslide susceptibility assessment. For this purpose, Weighted Linear Combination (WLC) model was applied for susceptibility modeling. The landslide inventory map prepared by The General Directorate of Mineral Research and Exploration (MTA) was used as a base map for landslide occurrence. Geological map, Landsat ETM<sup>+</sup> images and digital elevation model are provided. Slope, aspect, elevation, lithology, land use, drainage network, distance to roads, topographic wetness index (TWI), stream power index (SPI), distance to drainage, fault density and distance to streams were employed as landside influencing parameters for the study area. Geographic Information Systems (GIS) and Remote Sensing (RS) techniques were used to create the landslide parameters maps. The relationship between landslide distribution and this parameters were analysed and the results were used to calculate the landslide susceptibility of the entire study area. At the end of the susceptibility assessment, the area was divided into five susceptibility regions, such as very low (10.3%), low (38.9%), moderate (13.8%), high (34.6%) and very high (2.4%). The accuracy of model was measured by fitting it to a validation set of observed landslides. For validation process, the area under curvature (AUC) approach was applied and it was determined as 0.761.

**Keywords:** Erzurum, geographic information systems (GIS), landslide susceptibility mapping (LSM), remote sensing (RS), Uzundere, weighted linear combination (WLC) method



## İstanbul'daki Oturma Hareketlerinin Radar İnterferometri Yöntemiyle İncelenmesi

*Land Subsidence Monitoring in Megacity of Istanbul Using InSAR Time-series (1992-2017)*

**Gökhan Aslan<sup>1,2</sup>, Ziyadin Çakır<sup>2</sup>, Semih Ergintav<sup>3</sup>, Cécile Lasserre<sup>4</sup>, François Renard<sup>1,5</sup>**

<sup>1</sup>Université Grenoble-Alpes, Université Savoie Mont Blanc, CNRS, IRD, IFSTTAR, ISTERre, 38000, Grenoble, France

<sup>2</sup>Department of Geological Engineering, ITU, Maslak, 34469, Istanbul, Turkey

<sup>3</sup>Department of Geodesy, Kandilli Observatory and Earthquake Research Institute, Bogazici University, Istanbul, Turkey

<sup>4</sup>Université de Lyon, UCBL, ENSL, CNRS, LGL-TPE, 69622 Villeurbanne, France

<sup>5</sup>The Njord Centre, PGP, Department of Geosciences, University of Oslo, NO-0316, Oslo, Norway

(gokhan.aslan@univ-grenoble-alpes.fr)

**Öz:** Kentsel bölgelerdeki yüzey hareketlerinin tespiti ve ölçülmesi, kentlerde afetlerden etkilenebilecek yerlerin belirlenmesi, sürdürülebilir şehir planlanması ve afet zararlarının azaltılması açısından son derece önemlidir. Bu tür bölgelerde meydana gelen oturma ve heyelan kaynaklı yüzey hareketlerinin izlenmesi ve haritalandırılmasında Yapay Açıklıklı Radar İnterferometresi (InSAR) zaman seri analizi kullanımı, dünyada giderek yaygınlaşan uydu-tabanlı ölçmeye dayalı bir teknik olup, klasik yersel ölçümlere nazaran ciddi avantajlara sahiptir. Bu çalışmada, farklı uydu algılayıcılarından (ERS, Envisat, Sentinel-1A/B) elde edilen 25 yıllık SAR veri seti kullanılarak, İstanbul ve yakın çevresinde meydana gelen yüzey hareketleri mekansal-zamansal olarak analiz edilmiştir. İstanbul'un karasal ve kıyısız alan boyunca belirlenen belli alanlardaki yüzey hareketleri PS (Persistant Scatterer)-InSAR yöntemi kullanılarak haritalanmış ve her bir veri setinden üretilen ortalama hız alanları sunulmuştur. Bu sonuçlar göstermiştir ki; şehrin belli bölgeleri  $5 \pm 1.2$  mm/yıl ve  $15 \pm 2.1$  mm/yıl gibi değişen hızlarda oturma göstermektedir. Bunlar arasında en belirgin olanı Haramidere Vadisi boyunca gözlenen, antropojenik ve morfolojik etkenler tarafından kontrol edilen  $10 \pm 2$  mm/yıl hızında gerçekleşen oturmadır. Bunun yanında Ayamama deresi boyunca 1992 yılından başlayarak gözlenen  $10 \pm 1.8$  mm/yıl'lık oturma hızı ve yayılımı, dere yatağının restorasyonunu takiben iyileşme göstermiştir. Ayrıca son yıllarda hızla artan dolgu alanlarında dolgu malzemesinin sıklaşması sonucu son derece belirgin bir oturma dikkat çekmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Zaman Serisi Analizi; InSAR; heyelan; oturma; dolgu; risk; İstanbul, PS

**Abstract:** Observation of ground deformations in residential areas is of vital importance for sustainable urban development and hazard mitigation. Interferometric synthetic aperture radar

(InSAR) time series analysis is a remote sensing tool capable of measuring small ground deformation driven by subsidence and landslide phenomena. In this study, we compute InSAR time-series (1992-2017) of multi-sensor data (ERS, Envisat, Sentinel-1A and its twin sensor Sentinel-1B) to investigate the spatiotemporal behaviour and rate of land deformation in the mega-city of Istanbul. We combined the various multi-track InSAR datasets (291 images in total) and analyzing persistent scatterers (PS-InSAR), we present mean velocity maps of ground surface displacement for selected areas of Istanbul. We analyzed the vertical deformation for several sites along the terrestrial and coastal regions of Istanbul that undergoes land subsidence at varying rate from  $5 \pm 1.2$  mm/yr to  $15 \pm 2.1$  mm/yr. The results show that the most distinctive subsidence signals are associated with relatively weak lithologies, along the Haramirede valley in particular where the observed subsidence is up to  $10 \pm 2$  mm/yr, and anthropogenic factors. We show that land subsidence is occurring along the Ayamama river stream at a rate of up to  $10 \pm 1.8$  mm/yr since 1992, slowing down over time following the restoration of the river and stream system. We also identify subsidence at a rate of  $8 \pm 1.2$  mm/yr along the coastal region of Istanbul, associated with land reclamation (Yenikapı and Maltepe reclamation area), and a very localized subsidence at a rate of  $15 \pm 2.3$  mm/yr starting in 2016 around one of the highest skyscraper of Istanbul built in 2010.

**Keywords:** Time series analysis; InSAR; PS; subsidence; land reclamation; risk; Istanbul; Turkey



## Sentinel-1 Insar Zaman Seri Analizi Yardımıyla Bursa Havzası'nda Yüzey Deformasyonlarının Tespiti

*Determining Surface Deformation in The Bursa (NW Turkey) Plain Using  
Sentinel-1 Insar Time Series*

**Gökhan Aslan<sup>1,2</sup>, Ziyadin Çakır<sup>2</sup>, Cécile Lasserre<sup>3</sup>, François Renard<sup>1,4</sup>**

<sup>1</sup>Université Grenoble-Alpes, Université Savoie Mont Blanc, CNRS, IRD, IFSTTAR, ISTerre,  
38000, Grenoble, France

<sup>2</sup>Department of Geological Engineering, ITU, Maslak, 34469, Istanbul, Turkey

<sup>3</sup>Université de Lyon, UCBL, ENSL, CNRS, LGL-TPE, 69622 Villeurbanne, France

<sup>4</sup>The Njord Centre, PGP, Department of Geosciences, University of Oslo, NO-0316, Oslo,  
Norway

(gokhan.aslan@univ-grenoble-alpes.fr)

**Öz:** Bu çalışmada, tektonik kaynaklı olduğu öne sürülen Bursa Havzası'ndaki yüzey deformasyonlarının tespiti ve antropojenik ve kaya türü (litoloji) özelliklerinin bu deformasyon üzerindeki etkisi incelenmiştir. Yüzey deformasyonu gözleminde, 2014-2017 yılları arasında düzenli aralıklar elde edilen ascending (kuzey yönlü) ve descending (güney yönlü) Sentinel 1-A/B SAR görüntüleri, Stanford Method for Persistent Scatterers InSAR (StaMPS) tekniği ile işlenmiş ve yüzey deformasyonun 3 yıllık zaman serisi hesaplanmıştır. Daha sonra bu zaman serileri kullanılarak elde edilen düşey yönlü deformasyon hız alanından, Bursa havzasının 25 mm/yıl hızı ile çökme gösterdiği tespit edilmiştir. Elde edilen bu oturma incelendiğinde, en belirgin oturma sinyalinin (~10 mm/yıl) doğu-batı yönlü elips formuna sahip olduğu ve alüvyal yelpaze birimiyle konumsal bazda örtüştüğü görülmüştür. Bir diğer oturma sinyali ise 25 mm/yıl olup, Bursa şehrinin 5 km kuzeyinde yer almaktadır ve büyük ölçüde yeraltı suyu kullanımına dayanan bölgede gerçekleşmektedir. Yüzey deformasyonu ve yeraltı su seviyelerindeki değişimler karşılaştırıldığında, akiferin sıkışma parametresi  $0.5 \times 10^{-6} < \alpha < 2 \times 10^{-6}$  Pa-1 arasında bulunmuştur. Bu değer aralığı kil ve kumdan oluşan sediment birimi için son derece kabul edilebilir bir aralıktır. Yüzey oturması ve kaya türü arasındaki ilişki (korelasyon), Bursa havzasındaki oturma sürecinin litolojik bir süreç olduğunu ortaya koymaktadır. Sonuç olarak bu gözlem ve analizler, Bursa Havzasındaki yüzey deformasyonlarının tektonik değil antropojenik ve litholojik kaynaklı olduğunu göstermektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Oturma, InSAR, Sentinel, Bursa.

**Abstract:** In this study, we studied the surface deformation (subsidence) of the Bursa Plain (southern Marmara region of Turkey), which has been previously proposed to result from tectonic motions in the region and antropogneic and lithological control of the subsidence. We have detected the subsidence signal based on Sentinel 1 A-B radar images acquired over the period 2014 – 2017 on both ascending and descending tracks using the Stanford Method for Persistent Scatterers InSAR package (StaMPS) is employed to process series of Sentinel 1 A-B



radar images regularly acquired between 2014 and 2017 on both ascending and descending tracks. The vertical velocity field obtained after decomposition of line-of-sight velocity fields on the two tracks reveals that the Bursa plain is subsiding at rates up to 25 mm/yr. The most distinctive subsidence signal in the basin forms an east-west elongated ellipse of deformation in the east and overlapping well with the Quaternary alluvial plain undergoing average vertical subsidence at ~10 mm/yr. Another localized subsidence signal is located 5 km north of the city, follows the Bursa alluvial fan, and is subsiding at velocities up to 25 mm/yr. Temporal comparison of the subsiding surface deformation and variations of pressure head of water in the aquifer allowed estimating that the compressibility of the aquifer,  $\alpha$ , falls in the range  $0.5 \times 10^{-6} < \alpha < 2 \times 10^{-6} \text{ Pa}^{-1}$ , which is a range of values typical for clay and sand sediments. We found strong correlation between subsidence signal and the lithology, suggesting a strong lithological control in subsidence process within the Bursa Basin. In addition, the maximum rate of vertical motion occurs where agricultural activity relies on groundwater exploitation. The InSAR time series within the observation period are in agreement with the ground water decline. These observations show that recent acceleration of subsidence is mainly driven by the anthropogenic activities like water pumping for agricultural purposes rather than tectonic motion.

**Keywords:** Subsidence, InSAR, Sentinel, Bursa.

Uluslararası Katılımlı  
**72.** Türkiye Jeoloji Kurultayı  
*72<sup>nd</sup> Geological Congress of Turkey*  
*with international participations*

Kent Jeolojisi 28 Ocak - 1 Şubat 2019 ODTÜ  
*Urban Geology January 28 - February 1, 2019 METU*

# TAM METİN BİLDİRİLER PROCEEDINGS



**TMMOB**  
**JEOLJİ MÜHENDİSLERİ ODASI**  
CHAMBER OF GEOLOGICAL ENGINEERS OF TURKEY



**ANTROPOSEN VE ANTROPOJENİK KİRLİLİK**  
***ANTHROPOCENE AND ANTHROPOGENIC POLLUTION***

Mustafa ERGİN - Nuray ÇAĞLAR - Deniz ŞANLIYÜKSEL YÜCEL - Ökmen SÜMER

---

***Sözlü Sunumlar/Oral Presentations***

---

***TAM METİN BİLDİRİLER/***  
***PROCEEDINGS***





## Kestanbol Jeotermal Alanının Hidrojeokimyası ve Çevresel Etkileri

### *Hydrogeochemistry and Environmental Effects of Kestanbol Geothermal Field*

**Harika Marmara<sup>1</sup>, Deniz Şanlıyüksel Yücel<sup>2</sup>, Süha Özden<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü

<sup>2</sup>Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü

(harikamarmara1734@gmail.com)

**Öz:** Kestanbol jeotermal alanı, Kuzey Anadolu Fayı'nın batı uzantıları ve Batı Anadolu Graben sisteminin birlikte etkilediği Biga Yarımadası'ndaki en yüksek sıcaklığa sahip dördüncü jeotermal alandır. Jeotermal alanın temelinde düşük dereceli metamorfizmaya uğramış klorit, muskovit, şist ve mermer türü kayalardan oluşan Kambriyen yaşlı Geyikli Metamorfitleri yer almaktadır. Permiyen yaşlı rekrystalize kireçtaşları, düşük dereceli metamorfizmaya uğramış metakumtaşları ve metaçamurtaşlarından oluşan Bozalan Formasyonu bu birimi stratigrafik olarak üzerlemektedir. Oligo-Miyosen yaşlı monzonit, kuvars monzonit ve granodiyoritten oluşan Kestanbol Plütonu, Geyikli Metamorfitleri ve Bozalan Formasyonunu keserek bölgeye yerleşmiştir. Üst Oligosen-Alt Miyosen yaşlı, andezit, dasit, riyodasitik lavlar, tüfler, silisleşmiş tüfler ve piroklastik kayalardan oluşan Hallaçlar Volkanitleri ve Erken-Orta Miyosen yaşlı andezitlerden ve piroklastik kayalardan oluşan Ezine Volkanitleri, kendisinden yaşlı tüm birimleri keserek üzerlemiştir. Kuvaterner yaşlı alüvyon çalışma alanındaki tüm birimleri uyumsuz olarak örtmektedir. Bölgede, DKD-BGB uzanımlı sağ yönlü doğrultu atımlı Kaplıca fayı bulunmaktadır. Jeotermal kaynaklar bu faya bağlı olarak yeryüzüne çıkmaktadır. Bu fay ve güneyindeki Tuzla fayı bölgenin depremselliğinin kaynakları konumundadır. Kestanbol jeotermal alanında yüzey sıcaklığı 63.4-73.3 °C arasında değişen bir sondaj ve iki jeotermal kaynak bulunmaktadır. Jeotermal sondaj ve kaynakların elektriksel iletkenlik, pH ve oksidasyon-redüksiyon potansiyeli sırasıyla 30.9-35.2 mS/cm, 6.41-6.81 ve 19.5-41.1 mV arasındadır. Jeotermal kaynaklar Na-Cl su tipinde olup, ortalama NaCl konsantrasyonu 18530 mg/l'dir. Kestanbol jeotermal kaynakları, Na<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup>, B, Fe ve Mn konsantrasyonu bakımından TS 266'ya göre kabul edilebilir sınırların üzerindedir. Ayrıca Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'ne göre jeotermal kaynaklardaki Na<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup>, B ve Fe IV. sınıf su kalitesinde, Mn III. sınıf su kalitesinde, Ba ise II sınıf su kalitesindedir. Yüksek element konsantrasyonuna sahip olan jeotermal kaynaklar çevreye deşarj edilirse yüzey ve yeraltı sularında ve tarım arazilerinde antropojenik kirlilik yaratabilir.

**Anahtar Kelimeler:** Çevresel etki, hidrojeokimya, jeotermal kaynak, Kestanbol jeotermal alanı.

**Abstract:** The Kestanbol geothermal field is the with fourth-highest temperature geothermal field in the Biga Peninsula affected by western extensions of the North Anatolian Fault and the West Anatolian Graben system together. The basement of the geothermal field is the Cambrian Geyikli Metamorphics comprising chlorite, muscovite, schist and marble rocks with low-grade metamorphism. This unit is stratigraphically overlain by the Permian Bozalan Formation

comprising recrystallized limestone and metasandstone and metamudstone with low-grade metamorphism. The Oligo-Miocene Kestanbol Pluton comprising monzonite, quartz monzonite and granodiorite was emplaced by cutting the Geyikli Metamorphics and Bozalan Formation. The Upper Oligocene-Lower Miocene andesite, dacite, rhyodacitic lavas, tuffs, silicified tuffs and pyroclastic rocks of the Hallaçlar Volcanics and the Early-Middle Miocene andesites and pyroclastic rocks of the Ezine Volcanics cut and overlie all older units. Quaternary alluvium unconformably overlies all units in the study area. The region contains ENE-WSW trending right-lateral strike-slip Kaplıca fault. Geothermal springs come to the surface linked to this fault. Kaplıca fault and the Tuzla fault to the south are sources of seismicity. There is one drilling and two geothermal springs with surface temperatures from 63.4-73.3 °C in the Kestanbol geothermal field. The electrical conductivity, pH and oxidation-reduction potential of the drilling and springs are from 30.9-35.2 mS/cm, 6.41-6.81 and 19.5-41.1 mV. The geothermal springs have Na-Cl water type, with mean NaCl concentration of 18530 mg/l. The Kestanbol geothermal springs are above acceptable limits in terms of Na<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup>, B, Fe and Mn concentrations according to TS 266. Additionally, the geothermal springs are IV class water in terms of Na<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup>, B and Fe, III class for Mn and II class for Ba according to the Turkish inland water quality regulations. Geothermal springs with high element concentration may cause anthropogenic pollution on the surface and groundwater and agricultural land where they mix.

**Keywords:** Environmental effect, hydrogeochemistry, geothermal spring, Kestanbol geothermal field.

## GİRİŞ

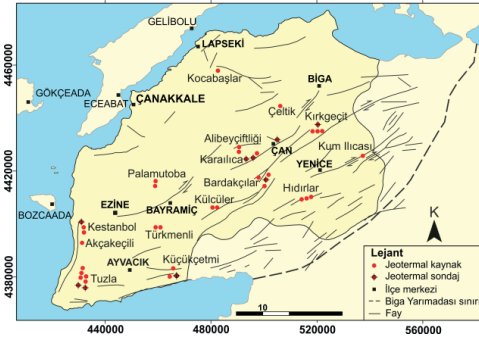
Magmatik, tortul ve metamorfik kayaların hemen hemen her türünün gözlemlendiği Biga Yarımadası, Kuzey Anadolu Fay Zonu'nundaki aktif tektonik hatlar ile yakından ilişkilidir (Şanlıyüksel ve Baba, 2008). Biga Yarımadası'ndaki en önemli yapısal öğeler Kuzey Anadolu Fayı'nın batı uzantıları olan KD-GB yönlü doğrultu atımlı sağ yönlü faylar, KB-GD yönlü doğrultu atımlı sol yönlü faylar, D-B yönlü normal faylar, açılma çatlakları ve diğer kırıklardır (Sarp vd., 1998). Jeotermal kaynakların hepsinin çıkış noktası fay denetimlidir. Çanakkale ilinin güneydoğusunda yer alan ve Marmara Bölgesi'ndeki ikinci en önemli yükselti olan Kazdağı (1771 m) yüksek miktarda yağış alması nedeniyle jeotermal sistemler için önemli bir beslenme alanı oluşturmaktadır (Yalçın, 2007).

Biga Yarımadası'nın büyük bir kısmını oluşturan Çanakkale ili sınırları içerisinde yüzey sıcaklıkları 23-96.2 °C arasında değişen 14

jeotermal alan bulunmaktadır (Şanlıyüksel Yücel vd., 2013). Çanakkale ilindeki jeotermal alanların büyük bölümü Koçak (2002) sınıflamasına göre yüzey sıcaklıkları 20-70 °C arasında olması nedeniyle düşük sıcaklıklı jeotermal alanlar (Alibeyçiftliği, Bardakçılar, Çan, Çeltik, Karalıda, Kırkeçit, Kocabaşlar, Küçükçetmi, Külcüler, Palamutoba, Türkmenli) sınıfındadır. Bu sınıflamaya göre Kestanbol ve Hıdırlar orta sıcaklıklı jeotermal alanlar (70-150 °C) sınıfında olup, Tuzla ise yüksek sıcaklıklı (> 150 °C) jeotermal alanlar sınıfında yer almaktadır (Şekil 1).

Tarihte Alexandria Troas olarak bilinen Kestanbol jeotermal alanı M.Ö. 310 yılında Büyük İskender'in komutanlarından Antigonos Monophthalmos tarafından Helenistik çağda kurulmuştur (Karagülle ve Doğan, 2002). Günümüzde jeotermal alanda bir termal tesis bulunmakta ve jeotermal kaynaklar tesisin ısıtılması ve balneolojik amaç için kullanılmaktadır (Şekil 2). Literatürde birçok araştırmacı tarafından Kestanbol jeotermal alanının

jeolojik, jeofizik ve tektonik özellikleri, sahada yüzlek veren kayaların radyoaktivite özellikleri ve jeotermal kaynaklarının hidro-kimyasal özellikleri belirlenmiştir. Bu çalışmada Kestanbol jeotermal alanında yer alan jeotermal kaynakların hidrojeokimyasal özelliklerinin araştırılarak olası çevresel etkileri ve antropojenik kirlilik yaratma potansiyeli değerlendirilmiştir.



Şekil 1. Çanakkale ilindeki aktif faylar (Şaroğlu vd., 1992) ve jeotermal alanlar.



Şekil 2. Kestanbol kaplıcasının görünümü (Temmuz 2018)

## MATERYAL VE METOT

### Saha Çalışmaları

Saha çalışmaları Temmuz 2018 tarihinde gerçekleştirilmiştir. Jeotermal kaynakların sıcaklık (T, °C), pH, elektriksel iletkenlik (EI,  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), oksidasyon-redüksiyon potansiyeli (ORP, mV) arazide WTW Multi 3510

IDS cihazı ile ölçülmüştür. Örneklemeye için ilk kez kullanılacak sert plastik su kapları kullanılmıştır. İndüktif eşleşmiş plazma-optik emisyon spektrometresi (ICP-OES) analizi için alınan su örnekleri, 0.45  $\mu\text{m}$  gözenekli filtrelerle 50 ml'lik kaplara filtrelenmiştir. Elementlerin dibe çökmelerini ve yüzeye tutunmalarını önlemek amacıyla, su örneklerinin pH'nın 2'nin altına düşmesi için nitrik asit ilave edilmiştir. Filtreleme işlemi, iyon kromatografisi (IC) analizleri için alınan örneklerde de tekrarlanmıştır ancak, nitrik asit ilavesi yapılmamıştır. Tüm örnekler su kabında hava kalmayacak şekilde doldurularak arazi tipi buzdolabında saklanıp (+4°C), laboratuvara ulaştırılmıştır.

### Laboratuvar Çalışmaları

Jeotermal kaynaklarda sodyum ( $\text{Na}^+$ ), potasyum ( $\text{K}^+$ ), kalsiyum ( $\text{Ca}^{2+}$ ), magnezyum ( $\text{Mg}^{2+}$ ), bor (B), mangan (Mn), demir (Fe) ve baryum (Ba) ve klorür ( $\text{Cl}^-$ ) analizleri Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi'nde yapılmıştır. Katyon analizleri ICP-OES cihazı ile klorür analizi IC cihazı ile ölçülmüştür.  $\text{HCO}_3^-$  tayini Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü Maden İşletme laboratuvarında titrasyon yöntemi kullanılarak yapılmıştır. Sülfat ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) analizi Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü İleri Oksidasyon laboratuvarında spektrofotometre ile ölçülmüştür.

## BULGULAR

Kestanbol jeotermal alanın temelinde düşük dereceli metamorfizmaya uğramış klorit, muskovit, fillit, şist ve mermer türü kayalardan oluşan Kambriyen yaşlı Geyikli Metamorfitleri yer almaktadır. Permiyen yaşlı rekristalize kireçtaşları, düşük dereceli metamorfizmaya uğramış metakumtaşları ve metaçamurtaşlarından oluşan Bozalan



Formasyonu bu birimi stratigrafik olarak üzerlemektedir. Oligo-Miyosen yaşlı monzonit, kuvars monzonit ve granodiyoritten oluşan Kestanbol Plütunu, Geyikli Metamorfitleri ve Bozalan Formasyonunu keserek bölgeye yerleşmiştir. Andezit, dasit, riyodasitik lavlar, tüfler, silisleşmiş tüfler ve piroklastik kayalardan oluşan Üst Oligosen-Alt Miyosen yaşlı Hallaçlar volkanitleri ve Erken-Orta Miyosen yaşlı andezitlerden ve piroklastik kayalardan oluşan Ezine volkanitleri kendisinden yaşlı tüm birimleri keserek üzerlemiştir. Kuvaterner yaşlı alüvyon çalışma alanındaki tüm birimleri uyumsuz olarak örtmektedir. Kestanbol jeotermal alanı çevresinde Miyosen'den günümüze kadar kırılma tektoniği hâkim olup, başlıcaları D-B ve DKD-BGB olmak üzere çeşitli doğrultularda faylanmalar vardır. Jeotermal alanda MTA tarafından 1975 yılında 290.7 m. derinliğinde bir sondaj açılmış olup, debisi 25 l/s'dir. Sondajın 100-139 m ve 237-290 m arasında iki basınçlı akifer vardır ve sıcak su artezyen ile yüzeye ulaşmaktadır. Buna göre sondajın 0-100 m arasında alüvyon, bol kırıklı siyenit, altere ve kırıklı granit, siyenit, gnays birimleri, 100-200 m arasında yer yer çörtlü ve az kırıklı beyazımsı renkli masif gnays birimleri, 200-290.7 m arasında yeşil beyaz renkli bol kırıklı serpantin ve siyenit birimleri gözlenmektedir (Ölmez, 1976).

Kestanbol jeotermal alanındaki sondaj ve kaynakların yüzey sıcaklık değerleri 63.4 ile 73.3 °C arasında değişmektedir. Jeotermal kaynakların Eİ değerleri oldukça yüksek olup, 30.9-35.2 mS/cm arasındadır. pH ve ORP ise sırası ile 6.41-6.81 ve 19.5-41.1 mV arasında değişmektedir. Kestanbol jeotermal kaynakları Na-Cl su tipinde olup, ortalama NaCl konsantrasyonu 18530 mg/l'dir. (Çizelge 1). Jeotermal kaynakların katyon dizilimi Na<sup>+</sup>> Ca<sup>2+</sup>> K<sup>+</sup>> Mg<sup>2+</sup>, anyon dizilimi Cl<sup>-</sup>> HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>> SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> şeklindedir. Yüksek Eİ değeri

ve yüksek Cl<sup>-</sup> konsantrasyonu Kestanbol jeotermal kaynaklarının derin dolaşım sular olduğunun göstergesidir. Kestanbol jeotermal kaynakları, Na<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup>, B, Fe ve Mn konsantrasyonu bakımından TS 266'ya göre kabul edilebilir sınırların üzerindedir (Çizelge 1). Ayrıca Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'ne göre jeotermal kaynaklardaki Na<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup>, B ve Fe IV. sınıf su kalitesinde, Mn III. sınıf su kalitesinde, Ba ise II sınıf su kalitesindedir. Yüksek element konsantrasyonuna sahip olan jeotermal kaynaklar çevreye deşarj edilirse yüze ve yeraltı sularında ve tarım arazilerinde antropojenik kirlilik yaratabilir.

Çizelge 1. Kestanbol jeotermal sondaj ve kaynaklarının kimyasal özellikleri (mg/l)

	Jeotermal kaynak	Jeotermal sondaj	Jeotermal kaynak	TS266 (üst limit)	SKKY, Su kalite sınıfı
Na <sup>+</sup>	6893	5921	6130	200	IV
K <sup>+</sup>	810	670	720	-	-
Ca <sup>2+</sup>	961	785	845	-	-
Mg <sup>2+</sup>	67	64	69	-	-
Cl <sup>-</sup>	13339	11389	11921	250	IV
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	100	90	90	250	I
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	133	133	166	-	-
B	11.76	10.66	10.43	1	IV
Ba	1.55	1.24	1.41	0.3	II
Fe	8.8	6.8	3.06	0.2	IV
Mn	1.45	1.1	1.34	0.05	III

## SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada yüksek lisans tezi kapsamında elde edilen ilk bulgular sunulmuştur. Gelecek çalışmalarda sismik açıdan aktif olan Kestanbol jeotermal alanındaki deprensellik ve tektonik aktivitenin jeotermal kaynaklarının hidrojeokimyasal özellikleri üzerindeki etkisinin araştırılması planlanmıştır. Bu amaç ile jeotermal alandaki sıcak ve ayrıca soğuk su

kaynakların fizikokimyasal ve izotopik ( $\delta^{18}\text{O}$ ,  $\delta^2\text{H}$  ve T) karakterizasyonundaki değişim periyodik olarak takip edilecektir.

### **KATKI BELİRTME**

Bu çalışma Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından FYD-2018-2709 no'lu proje ile desteklenmiştir.

### **KAYNAKLAR**

Karagülle, M.Z. ve Doğan, M.B., 2002. Kaplıca Tıbbi ve Türkiye Kaplıca Rehberi. Nobel Tıp Kitapevi, İstanbul.

Koçak, A., 2002. Jeotermal Uygulamalar ve MTA. Dokuz Eylül Üniversitesi, Jeotermal Enerji ve Araştırma Merkezi, Jeotermalde Yerbilimsel Uygulamalar Yaz Okulu Ders Notları, İzmir, s. 119–131.

Ölmez, E., 1976. Çanakkale-Ezine Kestanel-1 Sıcak su Sondajı Kuyu Bitiş Raporu. MTA, Rapor No: 5595, Ankara.

Sarp, S., Burçak, M., Yıldırım, T. ve Yıldırım, N., 1998. Biga Yarımadası'nın Jeolojisi ve Jeotermal Enerji Olanakları ile Balıkesir-Havran-Derman Kaplıca Sahasının Detay Jeotermal Etüdü ve Gradyan Sondajları. MTA Raporu, 127 s, Ankara.

Şanlıyüksel, D. ve Baba, A., 2008. Palamutova Jeotermal Alanı (Bayramiç-Çanakkale) ve Çevresinin Hidrojeokimyasal İncelenmesi. 61. Türkiye Jeoloji Kurultayı, 24-28 Mart, MTA, Ankara, s. 125-128.

Şanlıyüksel Yücel, D., Karaca Z. ve Yücel M.A., 2013. Determining Hydrogeochemical Characteristics of Geothermal Resources in Biga Peninsula (city of Canakkale), NW Turkey. 40th International Association of Hydrogeologists Congress, 15-20 Eylül, Perth, Australia, s. 261.

Şaroğlu, F., Emre, Ö. ve Kuşçu, İ., 1992. Türkiye Diri Fay Haritası. MTA Genel Müdürlüğü, Ankara.

Yalçın, T., 2007. Geochemical Characterization of the Biga Peninsula Thermal Waters (NW Turkey). Aquatic Geochemistry, 13(1): 75-93.



JEOLOJİ MÜHENDİSLERİ ODASI  
CHAMBER OF GEOLOGICAL ENGINEERS OF TURKEY

Uluslararası Katılımlı 72. Türkiye Jeoloji Kurultayı  
28 Ocak-01 Şubat 2019, Ankara, Türkiye  
72<sup>nd</sup> Geological Congress of Turkey with international participation  
28 January-01 February 2019, Ankara, Turkey

Uluslararası Katılımlı  
72. Türkiye  
Jeoloji  
Kurultayı

## Doğu Karadeniz Bölgesinde Antroposen ve Antropojenik Kirliliğin Araştırılması

*Investigation of the Anthropocene and Anthropogenic Pollution on the  
Eastern Black Sea Region, Turkey*

Ökmen Sümer<sup>1</sup>, Mustafa Softa<sup>1</sup>, Akın Alak<sup>1</sup>, Joel Q.G. Spencer<sup>2</sup>, Büşra Yerli<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 35390, Buca,  
İzmir

<sup>2</sup>Kansas State University Department of Geology, 66502, Manhattan, Kansas, USA  
(okmen.sumer@deu.edu.tr)

**Öz:** Son yıllarda Antroposen'in varlığı ve zamansal olarak ayrılabilirliği özellikle yerbilimleri alanında çokça tartışılan bir konu haline gelmiştir. Fakat, Antroposen'in varlığı ya da zamansal olarak ayırımının mümkün olup olmadığını araştıran çalışmalar ülkemizde oldukça sınırlı kalmıştır. Bu kapsamda, Doğu Karadeniz'de antropojenik veriler yardımıyla Antroposen'in varlığını araştırmak için yeni bir çalışma başlatılmıştır. Yürütülen arazi çalışmalarında, Rize (Merkez) ve Ardeşen kıyılarından "gravite core" yöntemi ile elde edilen 2 karot incelenmiş ve bu karotların bulunduğu noktalara tortul girdisi sağlayan drenaj havzası sınırlarındaki jeolojik birimler ve güncel dere sedimanlarından çoklu element analizi için toplamda 55 adet örnek alınmıştır. Şu ana kadar yapılan çalışmaların ilksel sonuçlarına göre; (i) ana derelerin mezoskopik ölçekteki evsel ve sanayi atığı/artığı kirleticilerle olan göreceli ilişkileri, Değirmen ve Taşlık derelerinin aşırı, Ortaköy ve Fırtına derelerinin orta, Yamaç, Büyük ve Çağlayan derelerinin ise az kirli olduğunu, (ii) makroskobik antropojenik katkı içeriği açısından Rize karotunun Ardeşen karotuna oranla çok daha yüksek kirlilik içerdiğini, (iii) antropojenik kirliliğin nüfus yoğunluğuyla doğru orantılı olarak arttığı saptanmıştır. Bu tebliğde, Antroposen'in varlığının stratigrafik, sedimentolojik, çoklu element analizi ve <sup>14</sup>C (radyokarbon)/OSL (Optik Uyarımlı Lüminesans) metodları gibi mutlak yaş yöntemleriyle araştırılması amacıyla yürütülen projemizde gelinen son aşamalar ve ön sonuçlar aktararak konu bilimsel tartışmaya açılacaktır.

**Anahtar Kelimeler:** Antroposen, çoklu element analizi, mutlak yaş tayini, sediment, Doğu Karadeniz.

**Abstract:** In recent years, the existence and time boundary separation of Anthropocene has become a widely debated subject in the field of geosciences. However, the investigations in related to the definition in terms of temporal and spatial of the Anthropocene have been restricted in our country. In this context, a new study was initiated to investigate the presence of Anthropocene in the Eastern Black Sea in the light of the anthropogenic data. Using the existing drill cores in the coast of Rize and Ardeşen have been examined and actual sediments in the rivers, geological units within the drainage area and alluvial deposits derived from these units have sampled for heavy metal pollution and multi-element analysis. Until now, our first

finding (i) the relative relationships of the main rivers with the domestic and industrial waste/residue pollutants in the mesoscopic scale indicates that Değirmen and Taşlık rivers are extreme, the Ortaköy and Fırtına rivers are medium, whereas Yamaç, Büyük, and Çağlayan rivers are less polluted, (ii) the macroscopic anthropogenic effects show that the Rize core contains much higher pollution than the Ardeşen core, (iii) anthropogenic pollution increased in direct proportion to the density of the population. In this paper here is to give provide a discussion in the light of first findings of investigating the presence of Anthropocene supported by absolute age ( $^{14}\text{C}$ , OSL), stratigraphic, sedimentological, multiple element analysis data.

**Keywords:** Anthropocene, multiple element analysis, absolute age determination, sediment, Eastern Black Sea

## GİRİŞ

Her geçen gün artan nüfus yoğunluğu beraberinde insan faaliyetlerini de arttırmaktadır. Bu faaliyetler temel olarak insanların yaşam olanaklarını kolaylaştırma amacı güdüyor olsa bile, çoğu zaman doğa koşulları olumsuz yönde etkilenebilmektedir. Bu etkiler, insanı doğada yaşayan sıradan bir türün ötesine taşıyarak, küresel çapta, doğanın kendi işleyişi dışında belirleyici gücü olan, katalizör görevinde biyolojik, kimyasal ve jeolojik bir aktör haline getirmiştir (Crutzen ve Stoermer, 2000; Anderson vd. 2005; Crossland vd. 2005). İnsanın doğa üzerindeki bu etkisinden yola çıkarak; Crutzen ve Stoermer (2000) içinde bulunduğumuz jeolojik seri olan Holosen'in zamansal olarak ayrılması ve Antroposen şeklinde yeni bir jeolojik seriye girilmesi gerektiğini savunmuştur. Son yıllarda özellikle bu alanda yapılan bilimsel çalışmalarla, Antroposen'in varlığı ile ilgili bir fikir birliğine gidilse de, başlangıcı ile ilgili farklı görüşler olduğu görülmektedir. Özellikle, Holosen-Antroposen sınırının araştırılması konusu dünyada çok yeni bir konu olmakla beraber, Türkiye'de bu konu özelinde çok az çalışma bulunmaktadır. Bu doğrultuda tarafımızdan, Antroposen'in varlığı ve zamansal ayrımı hakkında daha fazla bilimsel veri elde edebilmek için, Doğu Karadeniz'de Rize ve Ardeşen kıyılarından alınan karot numuneleri ile birlikte bir çalışma başlatılmıştır (Şekil 1a).

Karadeniz özelinde antropojenik kirlilik ça-

lışmaları yoğunudur (örn.; Çağatay vd. 1987; Yücesoy & Ergin 1992; Ergin vd. 2003). Fakat gerek Karadeniz gerekse tüm Türkiye'de yapılan benzer çalışmalar daha çok antropojenik etkinin miktarını saptama amaçlı iken, bu etkilerin zamansal olarak tarihlenmesine ilişkin çalışmalar Alak & Sümer (2017) dışında gerçekleştirilmemiştir.

Bu bağlamda Doğu Karadeniz havzasında yürütülmekte olan proje kapsamında (i) kaya türü, tane boyu ve mevsimsel değişimlerden kaynaklanan ikincil etkiler hesaplanacak, (ii) insan etkisinin mevcut olduğu ve olmadığı alanlardaki yeni uygulanacak örnekleme metodu ile etki faktörü ortaya konulacak ve (iii) karot örnekleri üzerinde antropojenik değişimlerin gerçekleştiği stratigrafik seviyeler  $^{14}\text{C}$  (radyokarbon) ve OSL (Optik Uyarımlı Lüminesans) metodları ile tarihlendirilecektir. Bu tebliğde, gerçekleştirilecek projenin yöntemsel olarak tanıtımı yapılacak ve projeden elde edilen ön sonuçları aktarılacaktır.

## ANTROPOJENİK ETKİNİN BELİRLENMESİ

Bilindiği üzere güncel sedimanlardaki ağır metal kirliliği araştırılırken dünyada yapılan çalışmalarda genelde, Kirlilik Yükü İndeksi (PLI: Pollution Load Index), Jeo – Birikim indeksi (Igeo; geo-accumulation index) ve Zenginleşme Faktörü (EF; Enrichment Factor), gibi kirlilik indeksleri hesaplanarak bir yaklaşım gösterilir. Dünyada yapılan bilimsel

çalışmaların çoğunda bu faktörler hesaplanırken, belirli bir alandan elde edilen örneklerinin çoklu element analizlerinin sonuçlarının, Goldschmidt (1937) veya Taylor & McLennan (1995) gibi kabul görmüş bazı çalışmalarda ki ortalama kabuk değerlerine oranlanarak sonuca gidildiği görülmektedir. Burada kirliliğin sınıflanmasında ve antropojenik katkı oranının belirlenmesinde 3 önemli aşama gözetilmelidir. (i) Seçilen alanın jeolojik yapısı, yani beslenme alanının kaya türü ve incelenen sedimana (dere ya da denizel) yapacağı litojenik kökeninden kaynaklı etkinin ortaya konulması, (ii) Çoklu element analizlerindeki sonuçların, incelenen örneğin tane boyu dağılımına göre değerlendirilmesi (tane boyu etkisi), (iii) Örneklemeden sadece tek bir lokasyona bağlı yapılmayıp, sedimanın antropojenik etkinin gerçekleştiği alandan önceki durumunun da kontrol edilerek denetirilebileceği bir ölçüm tekniği ve örnekleme stratejisinin geliştirilmesidir. Bu durum esasında, antropojenik etkinin varlığının ve miktarının tespitinde hayati bir rol oynar.

Bu aşamaların ışığında yapılan çalışmalarda, öncelikle Rize (Merkez) ve Ardeşen kıyılarındaki ve hali hazırda elde edilmiş karotların bulunduğu noktalara tortul girdisi sağlayan ve güncel morfolojiyi belirleyen akaçlama havza sınırları çizilerek, bu havzalar içindeki jeolojik birimler belirlenmiştir. Belirlenen bu birimlerin taze ve altere yüzeylerinden alınan örneklerden çoklu element analizleri yapılarak, ağır metal konsantrasyonlarında litojenik katkının oranları belirlenmesi hedeflenmektedir. Diğer yandan dere sedimanları (antropojenik etkinin olduğu alan ve öncesi) analiz sonuçları, denizdeki karotlardan alınacak örneklerin değerleri ile karşılaştırılarak, denizde bir zenginleşmenin varlığı araştırılacaktır.

Böylelikle, kirlilik bazında antropojenik etkinin varlığı ve etkisi çok daha doğru bir şekilde ortaya konulabilecektir.

## **BÖLGENİN JEOLJİSİ: LİTOJENİK ETKİ DURUMU**

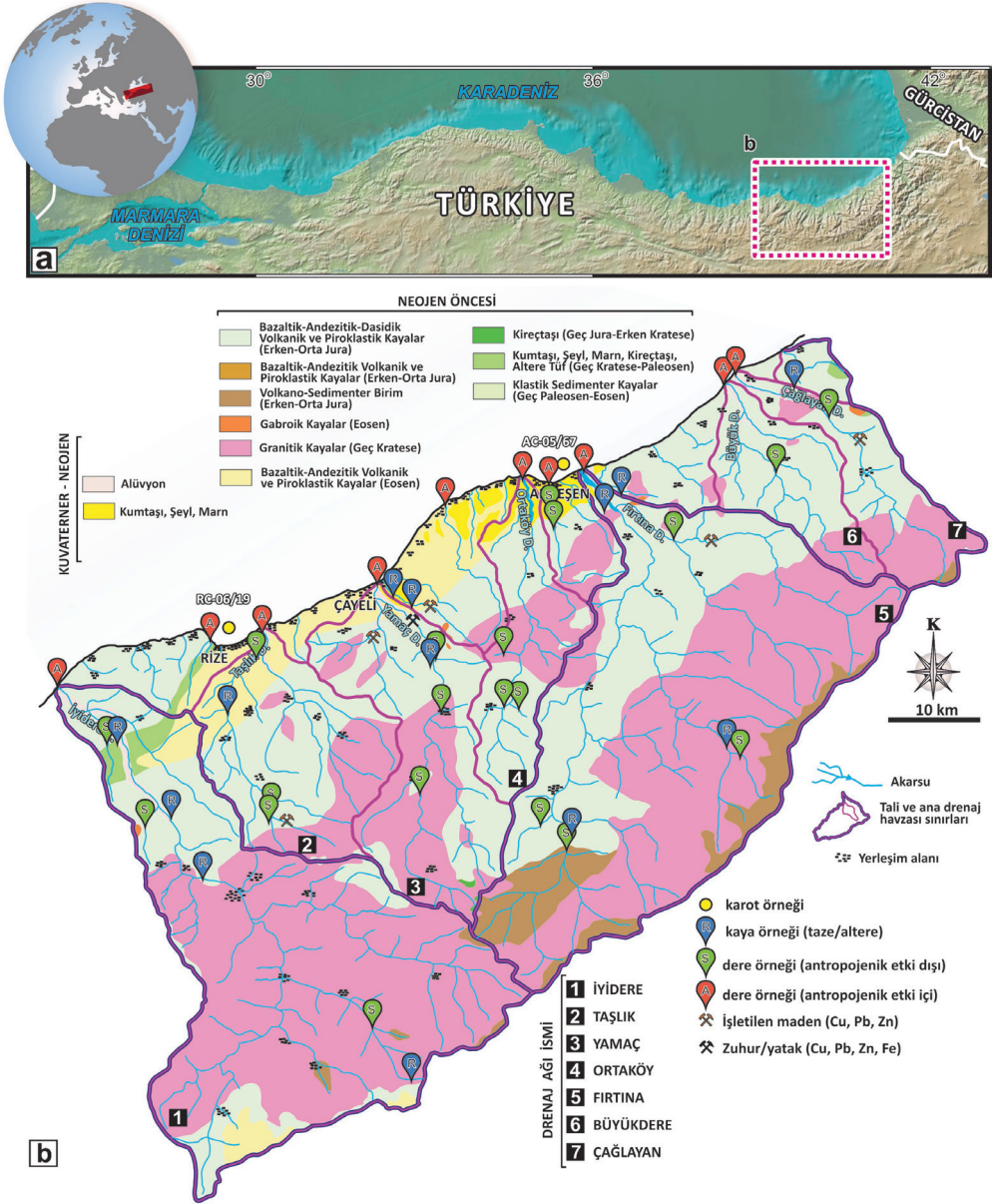
Çalışma alanı amaca yönelik olarak Güven (1993) ve Eyüboğlu vd. (2016) tarafından hazırlanan jeoloji haritaları birleştirilerek yeniden oluşturulmuştur. Alan içerisinde birbirlerinden litolojik ve stratigrafik olarak ayrılabilen 11 farklı jeolojik birim ayrırtlanmıştır. Bu jeolojik birimler magmatik ve sedimenter kayalardan yapıldır. Magmatik kayalar asidik ve bazik yer yer ortaç bileşimli, derinlik, yarı derinlik ve yüzey eşlenikleri bulunan kayalardan oluşurken, sedimenter kayalar ise baskın olarak kırıntılı ve karbonat kayalardan yapıldır (Şekil 1b).

Bu bağlamda, çalışma alanında yüzlek vermiş jeolojik birimlerin gerek litolojileri ve gerekse buna bağlı kökenlerinin aşırı derecede farklılık gösterdiği görülmektedir. Çalışma kapsamında litojenik katkının belirlenmesi adına, jeolojik formasyonların kaya türleri ve akaçlama havzalarında kalan bölümleri gözetilerek farklı lokasyonlardan, taze ve altere olmak üzere toplamda 23 adet kaya örneği, diğer yandan antropojenik etki alanları gözetilerek 10 adet etki içi, 22 adette etki dışı olmak üzere toplamda 32 adet dere sedmanı örneği alınmıştır (Şekil 1b).

## **OLASI ANTROPOSEN SINIRININ BELİRLENMESİ**

Literatürde temel olarak Antroposen'in başlangıcına yönelik üç farklı zaman sınırı önerilmektedir. Fakat hali hazırda bu sınırın varlığı yada hangi zamana denk geldiği ile ilgili bilimsel tartışmalar devam etmektedir. Bu konuda bilimsel veri elde etmek amacı ile Rize (RC-06/19) ve Ardeşen (AC-05/67) kıyılarından alınmış 2 adet karottan (*gravity core*) Optik Uyarmalı Lüminesans (OSL) ve <sup>14</sup>C yöntemleriyle tarihlendirme yapılması için toplamda 6 adet numune alınmıştır. OSL örneklemleri için öncelikle karotlar Kara-





Şekil 1. Doğu Karadeniz bölgesinde yapılan çalışma alanına ait harita (a) ve çalışma alanı içerisinde örnekleme yapıldığı akaçlama havzası sınırları ile bu sınırlar içerisinde kalan jeolojik birimlere ait harita (b)

deniz’de yapılan çalışmalarda verilmiş sedimantasyon hızlarına bağlı olarak değerlendirilmiş ve anomali vermesi beklenen uygun derinliklerinden sedimanlar gün ışığından etkilenmeyecek şekilde alınma sağlanmıştır. Son aşamada ise, kortlar derine doğru önceden belirlenmiş ve alınabilecek maksimum örnekleme aralığı stratejisine bağlı olarak farklı seviyeler halinde bölümlendirilmiştir. Karotlar ilk 50 cm’leri 2,5, sonraki 50 cm’lik bölümleri 5’er cm ve sonraki kalan kısımları 10’ar cm olacak şekilde parçalara ayrılmıştır. Bu kapsamda ağır metal oranlarının karotların içinde stratigrafik olarak nasıl bir değişim gösterdiği belirlenecektir. Bu değişimlerin gerçekleştiği seviyelerin mutlak yaşları <sup>14</sup>C yöntemleriyle belirlenip, elde edilecek OSL yaşlarıyla denestirilecek ve Antroposen’in başlangıcına yönelik bir sınırın varlığı, dolayısıyla Holosen-Antroposen sınırının çizilip çizilemeyeceği saptanacaktır.

## ÖN SONUÇLAR

Yürütülen çalışma kapsamında sınırları belirlenen ana akaçlama havzalarının tortul girdisini sağlayan 10 ana derenin antropojenik etki içi bölümlerinde örnekleme çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Bu dereler batıdan doğuya doğru sırasıyla; İkizdere, Rize Merkez Değirmen Dere, Taşlık Dere, Yamaç Deresi, Melyat Deresi, Ortaköy Deresi, Modaçar Deresi (Beyaztaş), Fırtına Deresi, Büyük Dere (Tahiroğlu Irmağı) ve Çağlayan Deresidir (Şekil 1b). Yapılan arazi çalışmalarında öncelikle örneklenen derelerin evsel ve sanayi atığı/artığı kirleticilerle olan ilişkileri mezoskopik ölçekte değerlendirilmiştir. Bu bağlamda, Değirmen ve Taşlık dereleri aşırı derecede kirli iken, Ortaköy ve Fırtına dereleri orta, Yamaç, Büyük ve Çağlayan dereleri ise az kirlilik göstermektedir.

Açılan 2 karot litolojik, sedimantolojik, stra-

tigrafik ve paleontolojik olarak değerlendirilmiştir. 112 cm boyundaki Ardeşen karotu baskın olarak çok ince kum litolojisine sahiptir. Karotun 14,5-16 cm ve 34-37 cm arasındaki bölümlerinde laminasyon izlenir. Genelde litoloji sınırları ani olmakla beraber, 16-19 cm arasında üste doğru kabalaşan bir bölümü de bulunur. 32-20,5 cm arasında gözlenen kaba kumlu seviye çok dikkat çekicidir ve diğer bölümlerden kolaylıkla ayrılır. Karotun en üst 20 cm’lik seviyesinde ise çamur ve kum litolojileri ardalanır. Karotun bütününde bivalvia olmakla beraber gastropod kavkuları kaba kum litolojisinden itibaren derine doğru gözlemlenir. Bu dikkat çekici 11,5 cm’lik kaba kum seviyesinde boyları 1,5 cm’ye varan bivalviya kavkuları bulunmaktadır. 175 cm boyundaki Rize karotunda baskın litoloji çamur ve çok ince kumdan oluşur. Bu litolojiler karot boyunca ardalanmalı olarak gözlenir. Karot tabanda, yaklaşık 3,5 cm’lik yukarı doğru ince çok ince kum ile başlar. Karotun 123-138 cm ve 148-171,5 cm arası bölümlerinde çamur laminasyonu izlenir. Karotun en üst kısmındaki 11.5 cm’lik kum seviyesi göreceli olarak karotun en kaba bölümünü oluşturur. Karotun genelinde bivalvia ve gastropod kavkuları bir arada bulunurken kavki boyları 1-5 cm arasında değişim gösterir. Çamur litolojilerinde stratigrafik olarak üst seviyelere doğru bivalvia kavki boyutları 5 cm’ye ulaşmaktadır. Karotun son 10 cm’lik bölümünde bol miktarda doğrudan antropojenik kirlilik olarak değerlendirilebilecek jilet, plastik, sünger lifi gibi evsel atıklar gözlemlenmiştir. Ön bulgular Rize karotundaki antropojenik etkinin Ardeşen karotuna oranla çok daha yüksek olduğunu göstermektedir. Gerek ana derelerdeki mezoskopik, gerekse karotlardaki makroskopik ölçekteki ilk bulgular, antropojenik kirliliğin nüfus yoğunluğuyla doğru orantılı olarak arttığına işaret eder.

Aynı zamanda söz konusu karotlardan tarihlendirme için alınan örneklerde yapılan jeokimyasal çalışmalarda, Rize örneklerinin Ardeşen örneklerine göre toplam organik madde açısından daha yoğun olduğu saptanmıştır.

## KATKI BELİRTME

Bu çalışma, TÜBİTAK 117Y302'nolu proje tarafından desteklenmektedir. Yazarlar, arazi çalışmalarını sırasındaki yardımları dolayısıyla köy muhtarlarına ve bölge halkına teşekkür eder.

## KAYNAKLAR

Alak, A. ve Sümer, Ö., 2017. New Findings of Existence Anthropocene in Recent Sediments at Marmara and Black Sea Coasts. *Geological Bulletin of Turkey*, 60 (2017) 145-168.

Anderson, A. J., Mckenzie, F. T., Lerman, A., 2005. Coastal ocean and carbonate systems in the high CO<sub>2</sub> world of the Anthropocene. *American Journal of Science*, 305(9), 875-918.

Çağatay, M.N., Saltoğlu, T. ve Gedik, A., 1987. Karadeniz'in güncel çökellerinin jeokimyası. *Geological Engineering*, 30/31, 47-64.

Crossland, C. J., Kremer, H. H., Lindeboom, H., Crossland, J. I. M. ve Le Tissier, M. D. 2005. Coastal fluxes in the Anthropocene: the land-ocean interactions in the coastal zone project of the International Geosphere-Biosphere Programme. Springer Science & Business Media, Berlin. (232 pp)

Crutzen P. J. ve Stoermer, E. F. 2000. The Anthropocene. *Global Change Newsl.*, 41, 17-18.

Ergin, M., Keskin, Ş., Algan, O., Alpar, B., Ongan, D., Kırıcı, E., Bayhan, E., Temel, A., 2003. Güneybatı Karadeniz kıta sahanlığının

Geç Kuvaterner Jeolojisi: Sedimentolojik, sığ-sismik, stratigrafik, minerolojik ve jeokimyasal araştırmalar. TÜBİTAK Proje no: 198Y083, 175 s.

Eyüboğlu, Y., Dudas, F. O., Santosh, M., Zhu, D. C., Yi, K., Chatterjee, N., Youn-Joong, J., Akaryalı, E., Liu, Z. 2016. Cenozoic forearc gabbros from the northern zone of the Eastern Pontides Orogenic Belt, NE Turkey: implications for slab window magmatism and convergent margin tectonics. *Gondwana Research*, 33, 160-189.

Goldschmidt, V. M., 1937. The principles of distribution of chemical elements in minerals and rocks. The seventh Hugo Müller Lecture, delivered before the Chemical Society on March 17th, 1937, *Journal of the Chemical Society (Resumed)*, 655-673.

Güven, İ.H., 1993. Geological and Metallogenic Map of the Eastern Black Sea Region; 1: 250,000 Map. MTA, Trabzon.

Taylor, S. R., McLennan, S. M. 1995. The geochemical evolution of the continental crust. *Reviews of Geophysics*, 33(2), 241-265.

Yücesoy, F., Ergin, M. 1992. Heavy-metal geochemistry of surface sediments from the southern Black Sea shelf and upper slope. *Chemical Geology*, 99(4), 265-287





## Mardin Merkez ve İlçeleri için Anropojenik Yayılı Kirletici Kaynaklarından Hayvansal Kirlilik Yükünün Belirlenmesi

*Determination of Animal Pollution Load from Anropogenic Diffuse Pollutant Sources for Mardin Central and Districts*

Perihan Derin<sup>1\*</sup>, Ayşegül Demir Yetiş<sup>2</sup>, M. İrfan Yeşilnacar<sup>1</sup>, Recep Yetiş<sup>3</sup>,

<sup>1\*</sup>Harran Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü ŞANLIURFA

<sup>2</sup>Bitlis Eren Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, BİTLİS

<sup>3</sup>Bitlis Eren Üniversitesi, Sağlık Hizmetleri MYO, Çevre Sağlığı Bölümü, BİTLİS

(perihanderin47@gmail.com)

**Öz:** Hızla gelişmekte olan hayvancılık işletmelerindeki modernleşme ve yoğun işletmecilik, bir takım sorunları da beraberinde getirmiştir. Aynı zamanda önemli bir ekonomik potansiyel olan atıklar hayvan sayısı ile birlikte çevre için büyük sorun olmaktadır. Gerekli önlemler alınmadığı takdirde, antropojenik yayılı kirlilik kaynaklarından hayvancılık işletmelerinde ortaya çıkan atıklar, potansiyel bir kirletici olarak yeraltı ve yerüstü su kaynaklarını kirletebilir. Bu çalışmada antropojenik faaliyetler neticesinde meydana gelen ve yayılı kirlilik baskısı olarak değerlendirilen hayvansal kaynaklı kirlilik yükü hesabı Mardin merkez ve ilçeleri için yapılmıştır. Hayvansal kaynaklı kirlilik yükü hesabında 2018 yılı için üç kategoride (büyükbaş, küçükbaş, kümes hayvanı) ilçelere göre hayvan sayıları kullanılarak hayvan atıklarından kaynaklanan yıllık yayılı TN (toplam azot) ve TP (toplam fosfor) yükleri hesaplanmıştır. Sonuç olarak antropojenik yayılı kirlilik yükünün en yoğun olduğu ilçe tespit edilmiş ve diğer ilçeler arasında kıyaslamalar yapılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Hayvansal kirlilik yükü, antropojenik yayılı kirleticiler, kirletici parametreler, Mardin

**Abstract:** Modernization and intensive management in the rapidly developing livestock farms have brought with them some problems. At the same time, wastes, which are an important economic potential, are a major problem for the environment as well as the number of animals. Unless the necessary precautions are taken, the wastes generated in livestock farms from anropogenic diffuse pollutant sources may contaminate groundwater and surface water resources as a potential pollutant. In this study, animal pollution load calculate, which is occurred from anthropogenic activities and considered as diffuse pollution pressures, was made for the Mardin center and districts. Animal counts were used for three categories (bovine, small ruminants, poultry) for 2018 according districts in the calculation of animal origin pollution load and the annual spread N and P loads due to animal waste were calculated. As a result, the district where the anropogenic diffuse pollution load is most concentrated was determined and comparisons were made between the other districts.

**Keywords:** Animal pollution load, anropogenic diffuse pollution, pollutant parameters, Mardin.

## GİRİŞ

Orman Su İşleri Bakanlığı, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü ile TÜBİTAK-MAM Çevre ve Temiz Üretim Enstitüsü arasında 07.12.2011 tarihinde imzalanarak başlatılan “Havza Koruma Eylem Planı Projesi” kapsamında yer alan havzalardan biri de “Fırat Dicle Havzası Koruma Eylem Planı”dır. Havza Koruma Eylem Planlarında havzalarda öne çıkan antropojenik (insan faaliyeti) ve jeojenik (doğal) kökenli baskı ve etkiler değerlendirildiğinde bu baskıların kontrolü ve bertarafı konusunda kurum / kuruluşlara, belediyelere, sanayicilere, çiftçilere, üniversiteler ve STK'lara önemli roller düşmektedir (OSİB, 2013).

Beşeri-ekonomik coğrafya alanında yapılan havza çalışmalarında, ortamın fiziki unsurlarına çok genel yer verilmekte, beşeri doku öne çıkartılmaktadır (Garipağaoğlu, 2012).

Antropojenik faaliyetler neticesinde meydana gelen kirletici kaynaklarınoktasal ve yayılı kirleticiler olmak üzere iki ana başlık altında toplanmaktadır. Su havzasında belirli bir noktadaki atıklardan kaynaklanan kirleticiler noktasal kirleticiler (kentsel ve endüstriyel atık su arıtma tesisleri ve düzenli depolama katı atık sahaları gibi) olup, belirli ve tek bir kaynağı olmayan, yayılmış durumdaki atıklardan kaynaklananlar ise yayılı kirleticiler (tarımsal faaliyetler, hayvancılık, atmosferik taşınım, fosseptikler, arazi kullanımı ve vahşi döküm katı atık alanları gibi) olarak değerlendirilmektedir (OSİB, 2013).

Hayvancılık işletmeleri, kentsel ve endüstriyel kirleticiler gibi noktasal kirlilik kaynağı olarak değil, yayılı kirlilik kaynağı olarak nitelendirilmektedir. Dolayısıyla meydana gelen kirliliğin daha geniş alanlara yayılmış olması, su kütlelerinde sebep olduğu kirliliğin boyutlarının bilinmesini daha da zorlaştırmaktadır. Yayılı kirlilik kaynakları olarak tarım ve hayvancılık faaliyetlerinden açığa

çıkan (gübre, pestisit ve hayvansal) atıklar (Özek,1994; Karaman, 2006); yağmur suyu, eriyen kar suları veya sulama suyu yolu ile taşınarak yerüstü ve yeraltı sularında ve kıyı sularında birikebilmektedir. Böylelikle su kaynaklarının kalitesi bozulmakta ve kullanılamaz duruma gelmektedir. Ayrıca antropojenik yayılı kirlilik kaynakları; sedimantasyon, bulanıklık, çözünmüş oksijenin tükenmesi, alg patlamaları ve balık ölümleri yoluyla su kaynaklarındaki yaşamı tehdit etmektedir (Yontar, 2009; Biçer, 2011; Yetiş vd, 2018).

Hayvancılık işletmelerinde meydana gelen her türlü atık (yem atıkları, ahır yıkama suları vb.) ve gübre ile idrardan kaynaklanan kirliliğin geçişim topraklardan sızarak taban suyuna ulaşması önemlidir. Bu karışma, eğimli arazilerde ve yağışlı havalarda yerüstü suları için de söz konusu olur ve akarsu başka yöreye taşıdığı kirliliği o yöredeki taban suyuna da geçirebilir (Karaman,2006).

Bu çalışmada; Mardin ili ve ilçeleri için antropojenik yayılı kirlilik kaynağı olarak nitelendirilen hayvancılık faaliyetlerinden meydana gelebilecek toplam azot ve toplam fosfor yükleri belirlenmiştir.

## MATERYAL VE YÖNTEM

Güneydoğu Anadolu Bölgesi, Fırat ve Dicle Havzası içerisinde bir sınır İli olan Mardin 8891 km<sup>2</sup> yüzölçümü ile Türkiye topraklarının %1,1'lik bir kısmını oluşturur. Batıda Şanlıurfa, kuzeyde Diyarbakır, doğuda Batman, Şırnak ve Siirt, güneyde ise Suriye Devleti ile komşu olan Mardin 36 55-38-51 kuzey enlemleri ve 39 56-42-54 doğu boylamları arasında yer alır. İl merkezinin denizden yüksekliği yaklaşık 1.083 metredir (İÇDR, 2012).

Tablo 1. Mardin İli ve İlçelerinin 2018 yılı hayvan sayıları (TOB, 2018)

Yerleşim Yeri	Cins (Adet)		
	Büyükbaş	Küçükbaş	Kümes Hayvanı
Artuklu	9.908	108.037	394.357
Dargeçit	6.934	38.035	2.880
Derik	57.226	324.692	16.356
Kızıltepe	7.864	74.825	421.520
Mazıdağı	7.180	124.736	24.007
Midyat	13.217	54.550	146.735
Nusaybin	6.958	0	30.630
Ömerli	2.766	0	9.942
Savur	8.600	0	4.450
Yeşilli	1.253	0	276.847
Toplam	<b>121.906</b>	<b>987.308</b>	<b>1.327.724</b>

Mardin ili Artuklu, Dargeçit, Derik, Kızıltepe, Mazıdağı, Midyat, Nusaybin, Ömerli, Savur ve Yeşilli olmak üzere toplam 10 ilçeden oluşmaktadır. Mardin merkez ve ilçelerine ait Tarım ve Orman Bakanlığı'nın 2018 yılı ilk dönem (6 aylık) üç kategoride (büyükbaş, küçükbaş, kümes hayvanı) hayvan sayıları Tablo 1'de yer almaktadır (TOB, 2018). Hayvancılık faaliyetlerinden kaynaklanan antropojenik yayılı kirlilik yükleri, birim hayvan yüklerine ait katsayıların çarpılması sonucunda hesaplanmıştır. (Agricultural Statistics, 2001; Andreadakis vd., 2007; Öztürk, 2008; Demir Yetiş vd., 2018). Hayvansal faaliyetlerden kaynaklanan kirliliğin alıcı ortama ulaşma katsayısı azot için %15, fosfor için %5 olarak kabul edilmiştir. Hayvancılık faaliyetlerinden kaynaklanan antropojenik yayılı yüklerin hesabında hayvan ağırlıkları, büyükbaş hayvan için 500 kg, küçükbaş hayvan için 45 kg ve kümes hayvanı için 2 kg olarak kabul edilmiş ve hayvan sayıları havzada kalan ilçelere eşit olarak dağıtılmıştır (Biçer, 2011; Yontar, 2009). Kirlilik yükü ayrıca hayvanın yaşına, fizyolojik durumuna

ve tüketilen yemin fiziksel özelliklerine (dışarı atılan gübre+idrar miktarı) bağlı olarak değişkenlik gösterebilir (Ergül, 1989; Karaman, 2006).

## SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Yüzeysel sularda birincil üretimi sınırlayıcı besin maddeleri azot ve fosfordur. Bu besin maddeleri atık sularda yoğun miktarda buldukları takdirde birincil üretimin artmasına ve ötrofikasyona neden olurlar. Her ne kadar sınırlayıcı faktör daha çok fosfor olsa da azotun da göz önüne alınması gerekmektedir (Göncü, 2001).

Mardin il merkezi ve ilçelerinde hayvancılık faaliyetlerinden kaynaklanan TN yükünün en fazla olduğu ilçe % 44'lük pay ile Derik ilçesi (119,239 ton/yıl), en az olduğu ilçe ise % 1'lik pay ile Ömerli (3,492 ton/yıl); TP yükünün en fazla olduğu ilçe yine % 44'lük pay ile Derik (3,422 ton/yıl), en az olduğu ilçe ise % 2'lik pay ile Ömerli ilçesidir (0,130 ton/yıl). İlçe bazlı hayvancılık faaliyetlerinden kaynaklanan TN ve TP kirlilik yük miktarları Tablo 2'de görülmektedir. İl genelinde TN yükü 270,626 ton/yıl ve TP 7,89 ton/yıl olarak hesaplanmıştır.

Fırat-Dicle Havzası'nın baskı etki analizinde antropojenik yayılı kirliletiçi kaynak olarak hayvancılık faaliyetlerinden kaynaklanan azot, fosfor, pestisit kirliliği ve sediment kayıpları gibi baskı unsurları; yüzeysel akış, erozyon ve yapay akışlar yoluyla su kaynaklarına ulaşmaktadır. Havzanın Mardin ve İlçelerinin de bulunduğu kısmında en fazla büyükbaş ve küçükbaş hayvancılık yapılmaktadır. Genel olarak hayvancılıktan kaynaklanan kirlilik yükleri yeraltı su kaynaklarını etkilemelerinin yanında en çok bilinen ve önemli olan yerüstü su kütlelerini de etkilemektedir. Mardin ve ilçeleri için toplamda 11 yerüstü su kütlesi bu antropojenik kaynak-

lı hayvansal kirleticilerden ve bunlara ait N ve P yüklerinden etkilenmektedir. Dargeçit ilçesi için hesaplanan kirlilik yükleri Dicle Nehri'ni; Derik için hesaplanan Berdak Deresi, Derik-Dumluca barajı ve baraja bağlanan kolu; Kızıltepe için hesaplanan Çırtık ve Altınsuyu Derelerini; Mazıdağı için hesaplanan Beyaz Deresini; Midyat için hesaplanan Cehennem Deresini; Nusaybin ve Ömerli ilçeleri için hesaplanan kirlilik yükü Çayalıpınar Deresini ve son olarak Savur ilçesi için hesaplanan kirlilik yükü ise Savur Çayını etkilemektedir (SYGM, 2015).

Tablo 2. Mardin İl Merkezi ve İlçelerine ait Hayvancılık Faaliyetlerinden Kaynaklanan Kirlilik Yükleri

Yerleşim Yeri	Cins (Adet)	
	TN Yüğü (ton/yıl)	TP Yüğü (ton/yıl)
Artuklu	31,942	0,879
Dargeçit	14,260	0,412
Derik	119,239	3,422
Kızıltepe	24,690	0,713
Mazıdağı	27,758	0,648
Midyat	25,760	0,796
Nusaybin	8,834	0,329
Ömerli	3,492	0,130
Savur	10,618	0,393
Yeşilli	4,033	0,168
Toplam	<b>270,626</b>	<b>7,89</b>

Yönetim ve planlama stratejilerinin geliştirilmesi adına kirlilik yüklerinin hesabında ileriiki dönemler açısından başta hayvancılık faaliyetlerinin neden olduğu antropojenik yayılı kirlilik kaynaklarının ve kirlilik yüklerinin azaltılması önem arz etmektedir. Su Havzası büyüklüğü bakımından ilk sırada yer alan Fırat ve Dicle Havzası içindeki su kütlelerinde antropojenik faaliyetler sonucunda meydana gelen noktasal yayılı kirlilik kaynaklarının

etkisi araştırmalı ve detaylı periyodik izleme çalışmaları yapılmalıdır. Bu çalışma ileride yapılacak olan Fırat ve Dicle Havzası Yönetim Planına ve yapılacak diğer çalışmalara altlık olması açısından önemlidir.

## KAYNAKLAR

Agricultural Statistics, 2001. Animal Waste, Wyoming Agricultural Statistics Service, 2001 Wyoming Agricultural Statistics. www.wyomingbusiness.org/pdf/energy/biomass3.pdf, alındığı tarih 12.01.09.

Akdoğan, Z., Küçükdoğan, A., Güven, B. 2015. Yayılı Kirleticilerin Havzalardaki Taşınım Süreçleri: Antibiyotikler, Ağır Metaller ve Besi Maddeleri Üzerine Modelleme Yaklaşımları. Marmara Fen Bilimleri Dergisi, 1: 21-31.

Andreadakis, A., Gavalakis, E., Kaliakatsos, L., Noutsopoulos, C. and Tzimas, A., 2007. The Implementation of the Water Framework Directive (WFD) at the River Basin of Anthemountas with Emphasis on the Pressures and Impacts Analysis, Desalination, 210, 1-15.

Biçer, C.A., 2011. Göl Alt Havzaları Bazında Yayılı Kaynaklardan Oluşan N Ve P Yükünün Tahmini: Burdur Havzası Örneği, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 103 s.

Demir Yetiş, A., Yetiş, R., Gazizil L., 2018. Bitlis Merkez ve İlçelerinin Hayvansal Kaynaklı Kirlilik Yükü Hesabı International Symposium on Urban Water and Wastewater Management October 25-27, 2018, Denizli.

Ergül, M. 1989. Hayvansal Üretim ve Çevre Kirliliği. Yem Sanayi Dergisi., Sayı, 64, Ankara, 20-25

Garipağaoğlu, N. (2012). Havza planlamala-

rında coğrafyanın rolü ve Türkiye’de havza planlamacılığı. *Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 16 (2).

Göncü, S. (2001). SeydiSuyu’nda Azot ve Fosfor Döngüsünün Modellenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.

Karaman, S., 2006. Hayvansal Üretimden Kaynaklanan Çevre Sorunları ve Çözüm Olanakları, KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi, 9(2), s.133-139 Kirlenmesi ve Simülasyon Çalışmaları. Ankara

Mardin İli Çevre Durum Raporu, 2012. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Mardin Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü.

Mardin İli Çevre Durum Raporu, 2017. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Mardin Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü.

OSİB, 2013. Havza Koruma Eylem Planlarının Hazırlanması Fırat-Dicle Havzası. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, TÜBİTAK-MAM Çevre ve Temiz Üretim Enstitüsü, Elazığ.

OSİB, 2015. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Türkiye’de Havza Bazında Hassas Alanların ve Su Kalitesi Hedeflerinin Belirlenmesi Projesi Nihai Raporu, Cilt 1.

Özek, E. 1994. Tarımdan Kaynaklanan Çevre

Öztürk, İ. 2008. Büyük İstanbul İçmesuyu Projesi II. Merhale Melen Sistemi Büyük Melen Havzası Entegre Koruma ve Su Yönetimi Master Planı, Nihai Rapor, İTÜ, İstanbul.

SYGM, 2015, Türkiye’de Havza Bazında Hassas Alanların ve Su Kalitesi Hedeflerinin Belirlenmesi Projesi Nihai Raporu.

TOB, 2018. Tarım ve Orman Bakanlığı 2018

yılı 1. Dönem (ilk 6 aylık) verileri

TÜİK, 2018. İlçelere Göre Büyükbaş, Küçükbaş ve Kanatlı (Tavuk) Hayvan Sayıları (Erişim tarihi: 22.11.2018).

Yontar, B., 2009. Aras Havzası’nda Yayılı Kirlenme Kaynaklarının Belirlenmesi ve Yönetim Önerileri. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 117 s.

Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 79 s.

**ÇEVRE JEOLJİSİ / ENVIRONMENTAL GEOLOGY**  
Alper BABA - İrfan YOLCUBAL - Fatma GÜLTEKİN  
Prosun BHATTACHARYA - Dilek TURER

---

**Sözlü Sunumlar/*Oral Presentations***  

---

***TAM METİN BİLDİRİLER/***  
***PROCEEDINGS***





## Kentleşmenin Yeraltısuyu Kaynakları Üzerine Etkisi: Örnek Çalışma, Bayraklı (İzmir)

*The Impact of Urbanization on Groundwater Resources: Case Study, Bayraklı (İzmir)*

**Alper Baba<sup>1</sup>, Hamidreza Yazdani<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Izmir Institute of Technology, Engineering Faculty, Izmir, Turkey*

<sup>2</sup>*Izmir Metropolitan Municipality, Directorate of Historic Environment and Cultural Properties, Izmir, Turkey*

(\*e-mail : alperbaba@iyte.edu.tr )

**Öz:** Bayraklı Bölgesi, önemli yeraltısuyu kaynaklarına sahip olan Bornova Ovası'nda yer almaktadır. Bu ova İzmir'in içme suyu kaynaklarının % 16'sını sağlamaktadır. Ovanın güneydoğusunda yer alan Halkapınar kuyularından tüketim amaçlı yılda yaklaşık 30 milyon m<sup>3</sup> su çekilmektedir. Bornova ovası 1950'lere kadar tarım arazisi olarak kullanılmış, bugün ise yerleşime açılmıştır. Ovada aşırı kentleşme nedeniyle tarım alanları yok olmuştur. Ova yüzeyi, binalar, yollar ve yüzey kaplamaları nedeni ile geçirimsiz hale getirilmiştir. Bu yüzden ovada doğal yeraltısuyu beslenmesi azaldığı gibi taşkınlar artmaya başlamıştır. Elde edilen veriler, ovadaki yeraltısuyu kaynaklarının hidrodinamik yapısının aşırı kentleşmeden etkilendiğini göstermektedir. Ovada yeraltı su seviyesi hala yüksektir, yeni kent alanının bulunduğu ve yeraltısuyu boşalımının olduğu ovanın batı kesimlerde yüksek yapıların inşası yeraltı suyunun denize boşalımını engellemektedir. Yeni kent merkezinin bulunduğu kesimlerde yeraltısuyu seviyesi 1 ile 10 m arasında değişmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Yeraltısuyu, Kentleşme, Beslenme, Bayraklı

**Abstract:** Bayraklı Region is located in the Bornova Plain having one of the important groundwater resources areas. This plain provides 16 % of İzmir drinking water resources. The annual water consumption from the Halkapınar wells, which is located in the southeastern plain, is about 30 million m<sup>3</sup>. This plain had been used as agricultural lands until the 1950s, while today they have been opened for settlement. Agricultural areas began to disappear due to excessive urbanization in this plain. Much of the surface area of the plain was rendered impermeable by buildings, roads, and surface coverings. Because of this covering, groundwater recharge was reduced and runoff from the plain increased. The results showed that the hydrodynamic systems of plain have been affected by excessive urbanization. Groundwater level is still high in the plain because tall building makes a barrier for groundwater recharge points (western site of plain) in the new city center. Groundwater level of the new city center area ranges from 1 to 10 m.

**Keywords:** Groundwater, Urbanization, Recharge, Bayraklı



## INTRODUCTION

During the twentieth century, the world's rural population doubled but the urban population increased more than tenfold. Half of the world's population now lives in cities and there are now almost 400 cities with more than one million inhabitants (WWAP, 2006). The increasing size and populations of cities is a major driver of environmental change (Asquith and Roussel, 2007; Drouin-Brisebois, 2002; Scheuler, 1994). The development of cities inevitably affects water resources. Especially, groundwater resources are affected by both quality and quantity. The groundwater recharge is reduced with urbanization because of the increase in impervious cover (Baba and Yazdani, 2017; Sharp et al., 2009; Sharp, 2010). These problems have been seen in many cities such as İzmir.

## URBANIZATION IN STUDY AREA

İzmir new town center is planned to be emerge in the western of Bornova Plain that is located at 11 km to the east of the provincial center of İzmir and the Gulf of İzmir (Figure 1).

The plain had been used as agricultural lands until the 1950s, while today they have been opened for the university, industry, commerce, and settlement. Therefore, natural groundwater recharge decreases extremely. The groundwater recharge from precipitation was about 27 % in 1925, but this amount dropped to 13% in 2012. Groundwater recharge from precipitation will be 1% in 2030 (Yazdani et al., 2017; Yazdani and Baba, 2017). The settlement expansion in the new city center is illustrated in Figure 1. The rate of urbanization between 1973 and 2012 increased rapidly and almost whole area was covered by settlements. This change will be more dramatic in 2030 when new city center plan is applied.

The floor limitation for buildings in new town center (Bayraklı) was removed. This has brought vertical growth in the city. Figure 2a shows the buildings floor number in 2016.

The evaluation of 2001 settlement map of İzmir and 2016 aerial photo and site observation of study area showed that while in 2011 maximum height that observed in the study area was around 40m, it reached to 200 m in 2016. This extreme increase radically raises the building stress as well. As shown in Figure 2b, with a proximate calculation based on the building footprint and floor numbers the building stress could be evaluated as maximum 20.000 ton in 2001 to 400.000 ton in 2016 (Baba and Yazdani, 2017).

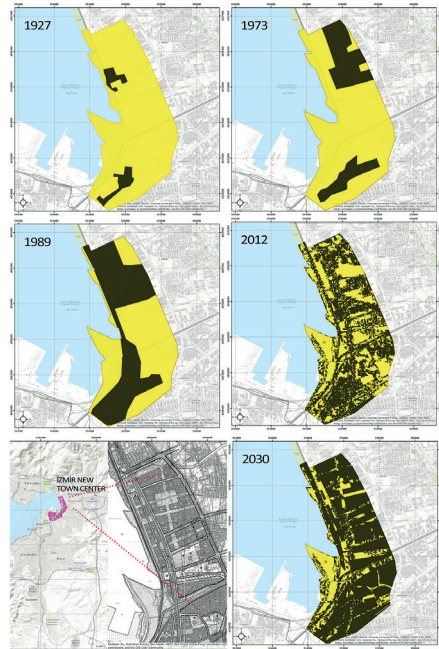


Figure 1. New Town Center of İzmir and Spatial changes from 1927 to 2030 in study area

For the better understanding of this change, by applying Kriging Geostatistical analysis in ArcMap the proximate surface stress on ground layers could be shown in Figure 2c. Studying urbanization background of study area reveals the main outcome. Considering the importance of groundwater resources in case of study area, these changes critically

impact on water cycle and the future of the plain.

## HYDROGEOLOGICAL PROPERTIES OF STUDY AREA

The study area was covered by quaternary alluvial units which consist of gravel, sand and clay. This unit is one of the important aquifers for groundwater resources of the region. Many groundwater wells were drilled for irrigation and domestic purpose in the study area. The thicknesses of the quaternary units range from 50 m to 150 m around the study area (Figure 3a). The groundwater level in the plain ranges from 2 to 65 m and groundwater flows generally from east to west direction in the Bornova plain (Figure 3b). However, the groundwater level ranges from 1 to 10 meter in the new city center (Figure 3c).

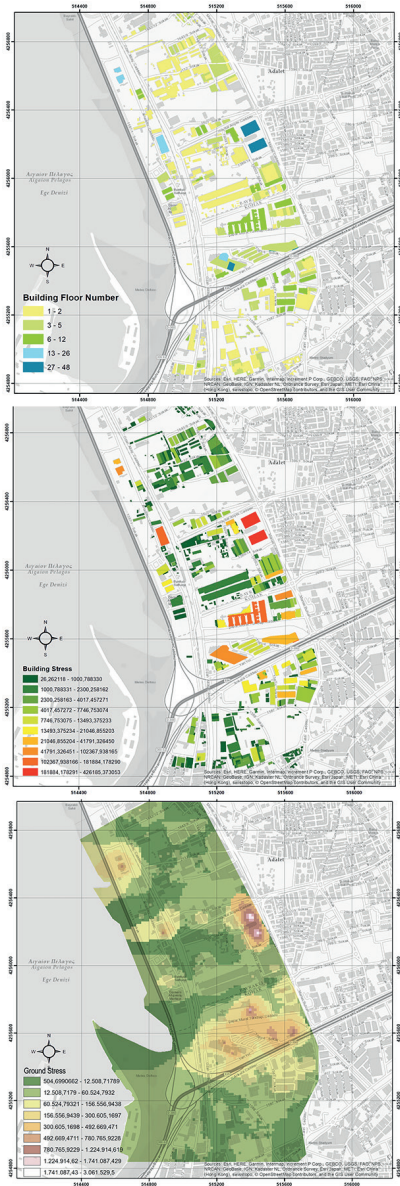


Figure 2a. Building floor number in 2001, 2b. Building Stress number in 2016 and 3c. Ground Stress map in 2016

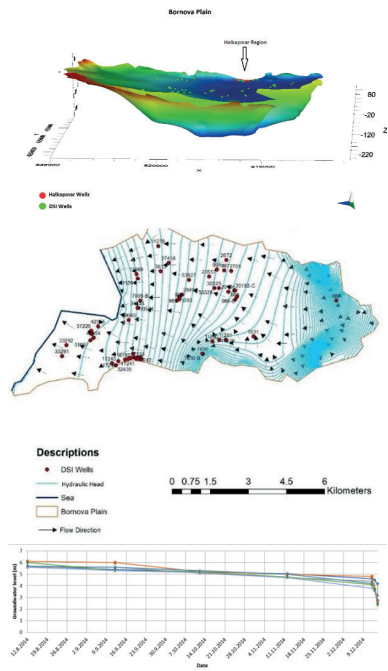


Figure 3a. Thickness of alluvium around study area (Baba and Yazdani, 2017) 3b. Groundwater flow map of Bornova Plain (Baba and Yazdani, 2017), 3c. Variation of groundwater level in study area.

## CONCLUSIONS

Rapid population growth coupled with uncontrolled environmental degradation stemming from increased urbanization puts a considerable stress on the sustainability of natural resources such as groundwaters.

Especially, urbanization significantly influences the quality and quantities of groundwater flows. In addition, urbanization affect water level due to the withdrawal of groundwater during or after construction. Also, subsidence may occur in this soil because of withdrawal of water resources in this region. All these effects change the hydrodynamics of water resources. Bayraklı is one of the good examples of this kind of problem. Therefore, it is important to monitor the quality and the quantity of groundwater resources in urbanization region.

## REFERENCES

Asquith, W.H., and Roussel, M.C., 2007. An initial-abstraction constant-loss model for unit hydrograph modeling for applicable watersheds in Texas: U.S Geological Survey Scientific Investigations Report 2007-5243, 82p.

Baba, A., Yazdani, H., 2017. Effect of Urbanization on Groundwater Resources of Izmir City, 4th International Water Congress, 2-4 November 2017, Izmir-Turkey, p.107-117.

Drouin-Brisebois, I.A., 2002. Predicting Local and Regional Effects of Urbanization on the Subsurface Water Balance of North Pickering Agricultural Lands: unpublished M.S. thesis, Univ. Toronto, Toronto, Ontario, Canada, 90p

Schueler, T.J., 1994. Importance techniques, v.1, p. 100-111.

Sharp, J.M., 2010. The impacts of urbanization on groundwater systems and recharge, AQUAmundi (2010) - Am01008: 051 – 056

Sharp, J.M., Jr., Llado, L.E., and Budge, T.J.,

2009. Urbanization-induced trends in spring discharge from a karstic aquifer – Barton Springs, Austin, Texas, USA: in Proceedings, 15th International Congress of Speleology (White, W.B., ed.), Kerrville, TX, v. 2, p. 1211-1216

WWAP,2006. Water, UN-WATER, UNESCO, p.48.

Yazdani, H., Baba, A., 2017. The impacts of planning criteria's on groundwater sources: case of İzmir new city center, IWA 2nd Regional Symposium on water, wastewater and environment, 22-24 March 2017, Çeşme, İzmir, pp.25.

Yazdani, H., Kılıç,Ç., Baba, A., 2017. Evaluating impacts of urbanization on recharge of groundwater resources: case study: Bornova Plain (İzmir/Turkey), IWA 2nd Regional Symposium on water, wastewater and environment, 22-24 March 2017, Cesme, İzmir, pp.24.



## Effect of Gas Stations on Groundwater Resources: Case Study, Izmir

### *Benzin İstasyonlarının Yeraltısu Kaynaklarına Etkisi: Pilot Çalışma İzmir*

Yiğithan Kazancı<sup>1</sup>, Ayşegül Yağmur Gören<sup>1</sup>, Begüm Terzi<sup>1</sup>, Alper Baba<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Izmir Institute of Technology, Department of Environmental Engineering, Izmir, Turkey*

<sup>2</sup>*Izmir Institute of Technology, Department of Civil Engineering, Izmir, Turkey*

(alperbaba@iyte.edu.tr)

**Abstract:** The use of vehicles, thus the consumption of gasoline, has been increased significantly as a result of rapid economic development in recent years. Apart from leakages that may occur in gas stations, the pollutants in the battery acid, motor oil, detergent etc. wastes can contaminate the groundwater resources in the urban areas. Trace metals, hydrocarbons, fluorocarbons, and volatile organic compounds are the main contaminants derived from gas stations. Izmir is a rapidly-developing province of Turkey due to recent intense immigration. Growth of the population creates problems in terms of drinking water since surface water resources of Izmir remain insufficient for supplying water demand. Therefore, majority of drinking water need of Izmir is obtained from groundwater resources. Given the current situation, the protection of groundwater from pollution becomes even more important. Although there are studies on the quality of groundwater in Izmir, there is no study on the threat posed by gas stations (about 500 gas stations) to the groundwater resources. The aim of this study is to examine the possible effects of gas stations on groundwater resources in province of Izmir. The result shows that all these gas stations are located on the unconfined aquifer which has been used for irrigation, drinking and domestic use.

**Keywords:** Gas stations, Groundwater resources, Leakage, Urbanization

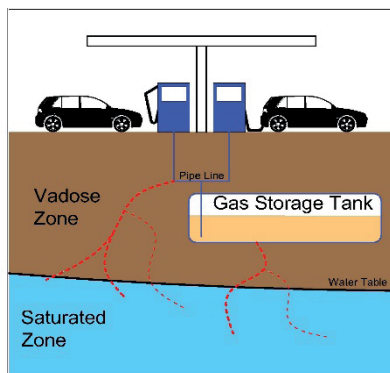
**Öz:** Son yıllarda gelişen ekonomi ve teknolojiyle birlikte taşıt sayısı ve kullanımı artmış, buna bağlı olarak akaryakıt tüketiminde de artışlar gözlenmiştir. Akaryakıt istasyonlarında oluşabilecek sızıntılar haricinde, akü asidi, motor yağı, deterjan vb. atıkların içindeki kirleticiler yağmur suyuyla birlikte yeraltına karışarak suları kontamine edebilmektedir. Bu kirleticiler arasından başlıcaları iz metaller, hidrokarbonlar, florokarbonlar ve uçucu organik bileşiklerdir. İzmir, son dönemlerde sıklıkla göç almakta olup, Türkiye'nin nüfus bakımından 4. büyük şehridir. Yüzeysel su kaynakları yetersiz kaldığından, İzmir içme suyunun çoğunluğunu yeraltı sularından elde etmektedir. Mevcut durum göz önüne alındığında, yeraltı sularının kirlilikten korunması daha da önem kazanmaktadır. İzmir'de yaklaşık 500 akaryakıt istasyonu bulunmakla beraber, bu istasyonların yeraltı suları üzerinde yarattığı etkiler hakkında yapılmış kapsamlı bir çalışma hali hazırda bulunmamaktadır. Bu çalışmanın amacı İzmir'deki benzin istasyonlarının yeraltı sularında yaratacağı muhtemel etkileri değerlendirmektir. Elde edilen veriler sonucunda, benzin istasyonlarının sulama, içme ve evsel kullanım için suyun sağlandığı serbest akiferler üzerinde yer aldığı görülmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Benzin istasyonu, Yeraltı suyu kaynakları, Sızıntı, Kentleşme



## INTRODUCTION

The use of automobiles, and consequently the consumption of gasoline, has been increasing significantly as a result of rapid economic development in recent years. Also, the number of gas stations increased with the increment in gasoline consumption. This increase seems to be positive in terms of the development of countries; however, it may cause serious environmental problems. Pollution sources at gasoline stations include leakages from gasoline tanks, leaky pipes and fittings, leakage during the refueling process, and accidental spills (Gorawski et al., 2017; Adria and Hilpert, 2017). For instance, from 1982 to 1994 the estimated number of leaking petroleum storage tanks in the USA increased from 6% to 25% (Sementelli and Simons, 1997). Leaks can be caused by machine-driven damages, environmental conditions such as reactive media (soil, water, and air), and human actions like sabotage and negligence (Hudak et al., 1999; Chang and Lin, 2006). Gasoline leak can be considered both economical cost and ecological terms (Jenkins et al., 2014). Gasoline infiltration into the soil and the aquifers poses a significant risk to humans and wildlife when they leak through the container or pipeline (Rasekh and Brumbelow, 2015; Zusman et al., 2012). The schematic diagram of gasoline infiltration at gasoline station shown in Figure 1. The impact of gasoline stations on groundwater resources have critical importance since groundwater has emerged as the most important source of drinking water and agricultural irrigation water supply for humanity. About, 2.5 billion people use solely groundwater sources to supply their domestic needs. Approximately, 100 million farmers use groundwater to agricultural irrigation and sustain their livelihoods (UNESCO, 2002).



**Figure 1.** Schematic diagram of leakages at the gasoline station

However, groundwater resources are significantly diminished and polluted by human beings. Therefore, management of land-use, pollution control during agricultural and industrial activities, and regular groundwater quality monitoring are essential for the groundwater management (Foster, 2018).

Unfortunately, the necessary importance has not been given to the groundwater management in Turkey. Izmir is a rapidly-developing province of Turkey due to recent intense immigration. The growth of the population creates problems in terms of drinking water since surface water resources of Izmir remain insufficient for the supplying water demands. Therefore, the majority of drinking water need of Izmir is obtained from groundwater resources. Lack of groundwater management to prevent urban pollution sources and overburden on groundwater resources threaten public health. Although there are studies on the quality of groundwater in Izmir, there is no study on the threat posed by gas stations to aquifers and groundwater. The present work aims to examine the possible effects of gas stations on groundwater resources in the province of Izmir, by considering the hydrogeological data.

## WATER RESOURCES OF THE STUDY AREA

Izmir is located in the western part of Turkey at the coast of the Aegean Sea, within the coordinates of 38° 24' 45" N and 27° 8' 18" E. It has a surface area of 12.012 km<sup>2</sup> with three river basins and important groundwater resources.

Water consumption of Izmir Province has increased in recent years. The annual usable water potential of Izmir is 263 Bm<sup>3</sup> (including 2,070 Bm<sup>3</sup> surface water resources and 560 Mm<sup>3</sup> groundwater resources) (Baba, 2013; Baba, 2014; Murathan and Baba, 2015). The total surface water potential of the city is 2070 hm<sup>3</sup>/year which partially or completely includes three river basins. The surface water potential is found as 58% (1.19 hm<sup>3</sup>/year), 36% (0.75 hm<sup>3</sup>/year), and 6% (0.13 hm<sup>3</sup>/year) for Küçük Menderes basin, Bakırçay basin, and Gediz basin, respectively (Atış, 2009).

This groundwater resources potential is located in the Küçük Menderes basin (231 hm<sup>3</sup>/year), Gediz basin (106 hm<sup>3</sup>/year) and Bakırçay basin (65 hm<sup>3</sup>/year), and Izmir coastal plains (158 hm<sup>3</sup>/year). Most of these groundwater resources supply from alluvium aquifer.

Generally, 35% of drinking water comes from dams and 65% of them are supplied from groundwater resources. The amount of groundwater consumption is 161 hm<sup>3</sup>/year for supplying drinking and municipal water and 391 hm<sup>3</sup>/year for agricultural irrigation and industrial purposes. The average use of drinking water in Izmir is estimated as 200 Mm<sup>3</sup>/year (Velibeyoğlu et al., 2018). However, fast urbanization in Izmir is a serious pressure on groundwater resources. Up to the present, several studies were conducted to investigate the quality of groundwater resources that are contaminated anthropogenically or naturally.

Nevertheless, there is no specific study about the effect of gas stations on groundwater resources in the Izmir region. Figure 2 shows the gas stations in the province of Izmir. All these stations are located on alluvium aquifer where groundwater resources have been provided for use.

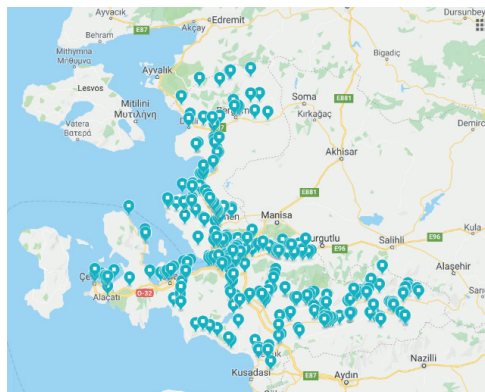


Figure 2. Gas Stations in Izmir Province

## ENVIRONMENTAL IMPACTS OF GAS STATIONS

Although there are necessary regulations in our country, leaks that may arise as a result of the insufficient inspection in gas stations and malfunctions in the operation can pose a great danger for groundwater. Approximately 600,000 tons of crude petroleum seepage per year pollutes terrestrial and aquatic ecosystems around the world (Kvenvolden and Cooper, 2003). The petroleum and its derivatives leaking underground contaminate groundwater and constitute a risk for human health in cities such as Izmir, where a large part of drinking water is obtained from groundwater resources. Contamination of groundwater is not only caused by leakage of petroleum, but also by other pollutants in gas stations infiltrating into the underground by the effect of factors such as rainwater. Battery acid, degreasers, engine and radiator flushes, hydra-

ulic fluids, motor oil, grease, lube, gasoline, fuel, rust proofers, and car wash detergent are some of the wastes that are derived from gas stations. These leachates contain human and environmental health-threatening pollutants such as hydrocarbons, phenols, heavy metals, fluorocarbons, chlorinated hydrocarbons, petroleum solvents, alcohols, glycol ether, volatile organic compounds, and methyl tert-butyl ether.

Petroleum hydrocarbons are organic pollutants which affect developmental, hematological, hepatic, immunological, and renal systems in human beings. Because of their lower solubilities and specific gravity than water, petroleum hydrocarbons form a non-aqueous phase (NAPL) pool after a spill which resulting in the slow dissolution of these hydrocarbons in flowing groundwater. Compounds with higher molecular weights are trapped in pores thus remain as permanent pollution sources for the groundwater whereas the compounds with lower molecular weights and higher solubilities move with groundwater flow (Nadim et al., 2000). Benzene, toluene, ethylbenzene, and xylenes are the common petroleum hydrocarbons which are often referred to as BTEX. When gasoline interacts with water, benzene, toluene, ethylbenzene and xylene isomers (BTEX) form 90% of the gasoline components in the water-soluble fraction (Saeed and Al-Mutairi, 1999). As a result, these chemicals are some of the most common contaminants in drinking water. There are studies in the literature that demonstrate heavy metal and hydrocarbon concentrations in groundwater near the gas stations are higher than the local baseline values (Nganje et al., 2007). However, there are no comprehensive studies conducted in Turkey. The lack of studies on this subject jeopardizes the health of Turkish people. Therefore, it will be in the interest of the popula-

tion to increase the number of studies on the issue and to take precautions according to the deficiencies identified in the field.

## CONCLUSION

Izmir city has approximately 500 gasoline station which is located on alluvium aquifer. Leaking from gasoline tank or pipeline is one of the most important problems caused by gasoline stations. The results revealed that there is no study about this problem in the province of Izmir. It has not seen any groundwater monitoring system near a gas station. The first evidences have clearly shown that some of the gas stations affect the groundwater resources in Izmir. Therefore, characterization studies should be conducted to determine the level and type of contamination caused by gas in groundwater sources. It is important to monitor the effect of a gas station on groundwater resources in Izmir Province.

## REFERENCES

- Adria-Mora, B., Hilpert, M., 2017. Differences in infiltration and evaporation of diesel and gasoline droplets spilled onto concrete pavement. *Sustainability*, 9 (7).
- Atış, İ., 2009. Future Water Resources of Izmir TMMOB Izmir Urban Symposium, Izmir.
- Baba, A., 2013. Risks and threats affecting groundwater resources: case study: Izmir. In: TMMOB 2<sup>nd</sup> Izmir Urban Symposium, 28-30 November 2013, Izmir.
- Baba, A., 2014. Impact of radioactive waste on groundwater resources: case study: Izmir. In: 67th Geological Congress of Turkey, 14-18 April 2014, pp. 66-67
- Chang, J.I., and Lin, C.C. 2006. A study of storage tank accidents. *Journal of Loss Pre-*

- vention in the Process Industries, 19 (1), 51-59.
- Gorawski, M., Gorawska, A., Pasterak, K., 2017. The TUBE algorithm: Discovering trends in time series for the early detection of fuel leaks from underground storage tanks, *Expert Systems with Applications*, 90, 356-373.
- Foster, S., 2018. Is UN Sustainable Development Goal 15 relevant to governing the intimate land-use/groundwater linkage? *Hydrogeology Journal*. 26 (4), 979-982.
- Hudak, P.F., Wachal, D.J., and Hunter, B.A., 1999. Managing subsurface property hazards: Reactive soils and underground storage tanks. *Urban Water*, 1 (3), 237-241.
- Jenkins, R.R., Guignet, D., and Walsh, P.J., 2014. Prevention, cleanup, and reuse benefits from the federal UST program. National Center for Environmental Economics, U.S. Environmental Protection Agency.
- Kvenvolden, K., Cooper, C., 2003. Natural seepage of crude oil into the marine environment. *Geo-Marine Letters*, 23, 140-146.
- Murathan, A., Baba, A., 2015. Groundwater potential of Turkey and its affect. In: 68th Geological Congress of Turkey, 06-10 April 2015, Ankara, pp. 206-207.
- Nadim, F., Hoag, G.E., Liu, S., Carley, R.J., Zack, P., 2000. Detection and remediation of soil and aquifer systems contaminated with petroleum products: an overview. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 26, 169-178.
- Nganje, T.N., Edet, A.E., Ekwere, S.J., 2007. Concentrations of heavy metals and hydrocarbons in groundwater near petrol stations and mechanic workshops in Calabar metro-polis, southeastern Nigeria. *Environmental Geosciences*, 14 (1), 15-29.
- Rasekh, A., and Brumbelow, K., 2015. A dynamic simulation-optimization model for adaptive management of urban water distribution system contamination threats. *Applied Soft Computing*, 32, 59-71.
- Saeed, T., Al-Mutairi, M., 1999. Chemical composition of the water-soluble fraction of the leaded gasolines in seawater. *Environment International*, 25, 117-129.
- Sementelli, A. and Simons, R.A., 1997. Regulation of leaking underground storage tanks: policy enforcement and unintended consequences. *Economic Development Quarterly*, 11 (3), 236-248.
- UNESCO, 2002. Groundwater contamination inventory: a methodological guide. In: International Hydrological Programme, Project 3.1. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO), Paris, France, p. 161.
- Velibeyoğlu, K., Yazdani, H., Baba, A., 2018. Groundwater in local development strategies: Case of Izmir, *Water Science & Technology Water Supply*, 18(4).
- Zusman, M., Dubnov, J., Barchana, M., and Portnov, B.A., 2012. Residential proximity to petroleum storage tanks and associated cancer risks: Double kernel density approach vs. zonal estimates. *Science of the Total Environment*, 441, 265-276.





**DEĞERLİ-YARI DEĞERLİ TAŞLAR / *PRECIOUS-SEMI PRECIOUS STONES***

Sabah YILMAZ ŞAHİN - Haluk SELİM - Meltem GÜRBÜZ

Murat HATİPOĞLU - Ayten ÇALIK

---

***Sözlü Sunumlar/Oral Presentations***

***TAM METİN BİLDİRİLER/***

***PROCEEDINGS***





## Süstaşlarının Aranmasında Uzaktan Algılama Yöntemi Kullanılması; Örnek Çalışma Yenice Opalleri, Çanakkale – KB Türkiye

*Gemstone Exploration Using Remote Sensing Method ; A Case Study of  
Yenice Opal, Çanakkale, NW Turkey*

Ayten Çalık<sup>1,2</sup>, Niyazi Arslan<sup>3</sup> R. Cüneyt Erenoğlu<sup>4</sup>, Oya Erenoğlu<sup>5</sup>

Emin U. Uluggerli<sup>6</sup>

<sup>1</sup>Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Müh.Fak., Jeoloji Müh. Böl. Çanakkale,  
Türkiye

<sup>2</sup>Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Yerbilimleri ve Doğa Tarihi Müzesi, Türkiye

<sup>3</sup>Çukurova Üniversitesi, Ceyhan Mühendislik Fak. Geomatik Müh. Adana, Turkey

<sup>4</sup>Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Müh.Fak., Harita Müh. Böl. Çanakkale, Türkiye

<sup>5</sup>Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Eğitim Fak. Coğrafya Öğret. Böl. Çanakkale,  
Türkiye

<sup>6</sup>Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Müh.Fak., Jeofizik Müh. Böl. Çanakkale,  
Türkiye

(aytençalik)@comu.edu.tr)

Öz: Bu çalışmada, Yenice (Çanakkale) köyünün güney doğusunda yüzeyleyen Yenice opallerinin konumlarının ve dağılımlarının uzaktan algılama verileri ile haritalanması ele alınmıştır. Kırmızı, sarı ve bej renklerde bulunan opaller, XRD sonuçlarına göre başlıca Opal CT olmak üzere opal C ve kuvars bileşimindedir ve SEM sonuçlarına göre küresel doku özelliği gösterirler. Bu çalışmada, dasit bileşimli volkanik kayalarda damarlar şeklinde bulunan opallerin haritalanması için ASTER SWIR bantlarına en küçük gürültü parçası (minimum noise fraction, MNF) yönteminin uygulanarak Yenice Opallerin bulunduğu bölge spektral olarak analiz edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Süstaşları, uzaktan algılama, Yenice opal

**Abstract:** In this study, the location and distribution of the Yenice opals that found in the southeast of the village of Yenice (Çanakkale) were investigated by remote sensing data. Red, yellow and beige colored opals are composed mainly opal CT with opal C and quartz on the basis of the XRD analyses. SEM images show that the internal structure of the Yenice opals consists mainly of spherulitic texture. For the mapping of the opal veins in dacitic volcanic rocks, the smallest noise fraction (MNF) method was applied to ASTER SWIR bands and the region of Yenice Opals are analyzed spectrally.

**Keywords:** Gemstones, remote sensing, Yenice opal

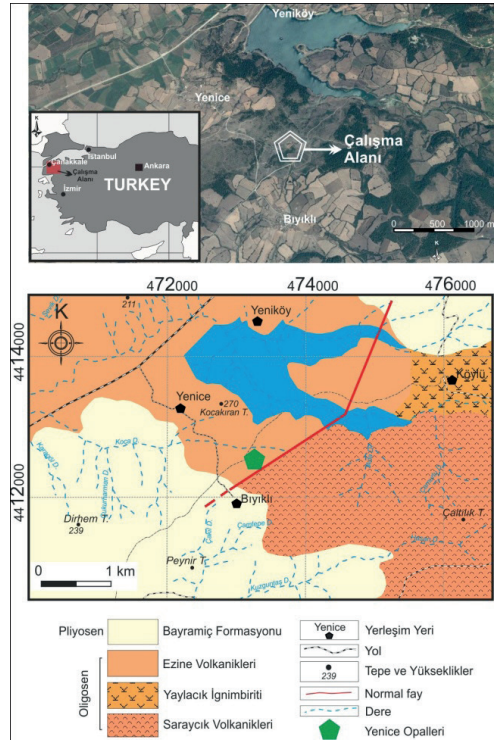
## GİRİŞ

Günümüzde uzaktan algılama tekniği (remote sensing), özellikle son 20-25 yıl içindeki hızlı gelişimi ile pek çok alanda (havacılık, şehircilik, meteoroloji, oşinografi, çevre, askeri amaçlı çalışmalar v.b.) yaygın olarak kullanıldığı gibi yerbilimlerinin pek çok alanında (jeolojik haritalama, maden aramaları, petrol aramaları, mühendislik jeolojisi uygulamaları v.b) da kullanılmaktadır.

Uzaktan algılama, genel olarak yeryüzünden belli uzaklıkta, atmosferde veya uzaydaki platformlara yerleştirilmiş ölçüm aletleri aracılığıyla, yeryüzü ve nesnelere hakkında bilgi alma ve bunları analiz etme tekniği olarak tanımlanmaktadır. Her obje belli oranda enerji yayar ve başka objelerden gelen enerjileri yansıtırlar. Uzaktan algılamanın temeli de objelerin emdiği ve yansıttığı bu enerjilerin ölçümüne dayanmaktadır. Bu temelden yararlanarak bu çalışmada, süstaşlarının (mineral, kayaç, element, mineraloid) her obje gibi belli oranda enerji yaymaları ve gelen enerjileri yansıtımları özelliği ile aramalarda uzaktan algılama tekniklerinin kullanılabilirliği araştırılmıştır. Bu şekilde uzaktan algılama verisi kullanılarak süstaşları içinde yer alan opal mineralinin (mineraloid) spektral görüntü özellikleri belirlenmeye çalışılmıştır. Bu çalışmada Biga Yarımada'sının orta kesiminde Çan – Bayramiç karayolu üzerinde Yenice köyü güneydoğusunda yüzeylenen Yenice opallerinin (Şekil 1) jeolojisi, mineralojisi ve spektral görüntüleme özellikleri belirlenmiştir. Opallerin yer tespitinde uzaktan algılama verilerinin yüzey çalışması (jeolojik haritalama) ve laboratuvar çalışma sonuçları ile karşılaştırılması ve uyumluluğu araştırılmıştır.

Bu çalışma çerçevesinde yapılan laboratuvar çalışmaları izleyen biçimde verilebilir. Yenice opallerinin mineralojik bileşimlerini belirlemek amacıyla X ışını kırınım analizi (XRD) Kale Seramik Arge merkezi laboratuvarlarında

gerçekleştirilmiştir. Opallerin dokusu ve element dağılımlarını belirlemek için ise Taramalı Elektron Mikroskop (SEM) analizleri Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezinde gerçekleştirilmiştir. Uzaktan algılama çalışmalarında ise ASTER uydu verisi kullanılarak **en az gürültü parçası** (minimum noise fraction) yöntemi kullanılarak opalin spektral özelliklerinin görüntülenmesi ve sınıflandırması yapılmıştır. En az gürültü parçası ASTER SWIR bantlarına uygulanmıştır.



Şekil 1.Çalışma alanı yer bulduru haritası ve jeoloji haritası

## JEOLOJİ

Çalışma alanı, Kuzeybatı Anadolu'da Biga Yarımadası'nın orta kesiminde, Çan-Bayramiç karayolu üzerinde Yenice Köyü güneydoğusunda yer almaktadır (Şekil 1).

Opallerin yer aldığı bölge jeolojik olarak magmatik ve sedimanter kayalardan oluşan farklı kaya birimlerini içermektedir. Bölgede Oligosen dönemi, volkanik topluluğu Saraycık volkaniti, Yaylacık ignimbiriti ve Ezine volkaniti olmak üzere üç farklı harita birimi olarak ayırt edilmiştir. Oligosen-Miyosen aralığındaki yaygın magmatizma sonrasında Pliyosen döneminde bölgede Bayramiç Formasyonuna ait sedimentler çökelmiştir (Şekil 1).

Yaylacık ignimbritleri sarımsı beyaz riyolitlerden oluşmaktadır. Temiz yüzeyleri açık gri, altere yüzeyleri bej renkli olup, akma dokusu izlenmektedir. Çalışma alanında Yaylacık ignimbritlerin üzerine Saraycık volkanikleri gelmektedir. Saraycık volkanikleri başlıca bazalt ve bazaltik andezit bileşiminde, altere yüzeyleri kahvemsı sarı, temiz yüzeyleri gri, koyu gri renkli çatlaklı kırılmalı yüzeylere sahiptir. Başlıca mineral bileşimi plajiyoklas ve piroksenlerden oluşmaktadır. Saraycık volkaniklerinin üstüne başlıca andezit ve dasitik lav akıntılarında oluşan Ezine volkanikleri gelmektedir. Ezine volkanikleri aynı zamanda Yenice opallerine evsahipliği yapmaktadır. Ezine volkanikleri temiz yüzeyleri genellikle gri ve pembe renklerde, bol çatlak ve kırıklı yapıya sahiptir.

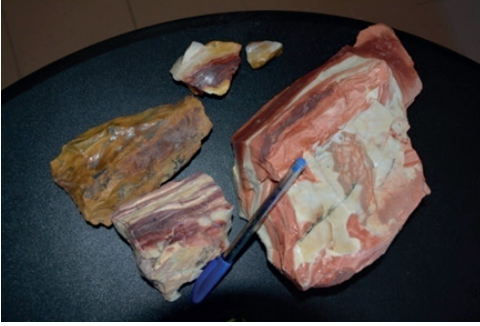
Andezitik kayalarda başlıca plajiyoklas, amfibol, biyotit fenokristalleri ile daha az miktarda piroksen fenokristalleri ince dokulu hamur içinde bulunmaktadır. Dasitik bileşimli kayaların mineralojik bileşimi ise başlıca plajiyoklas, amfibol, biyotit ve kuvars kristallerinden oluşmaktadır. Bayramiç formasyonu kırmızı-kahverengi konglomera, açık sarımsı karbonatlı kumtaşı ve çamurtaşlarından oluşmaktadır (Şekil 1) Konglomeralar ve kumtaşları masif veya kabaca katmanlıdır. Çamurtaşları genellikle masiftir.

## **MİNERALOJİSİ, OPTİK ÖZELLİKLERİ VE JEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ**

Oligosen yaşlı Ezine volkanitlerine ait dasitlerle birlikte damar şeklinde bulunan opaller, el örneklerinde krem, sarı, turuncu, kırmızı - bordo gibi değişik renk tonlarındadır. (Şekil 2). Bol kırıklı ve çatlaklı, kırılmalı bir dokuya sahiptirler. Yenice Opali damar şeklinde fay zonuna paralel dasit bileşimli volkanitlere bağlı olarak hidrotermal alterasyon sonucu gelişmiştir. Bölgedeki bu fay zonu muhtemelen hidrotermal silis akışkanlar için geçiş yolu oluşturarak opal damarlarının oluşumunu sağlamıştır (Çalık ve diğ. 2017). Opal damarları bol kırıklı çatlaklı ve üst yüzeylerde killeşme izlenir.

Yenice Opallerinin mineralojik bileşimlerini belirlemek için yapılan XRD analiz sonuçlarında başlıca opal – CT olmak üzere opal C ve kuvars bileşiminde olduğu belirlenmiştir (Çalık ve diğ. 2017).

Yenice Opallerinin dokusal özelliklerini belirlemek amacıyla yapılan SEM analizleri sonucu X50000 büyütme SEM görüntüleri alınmıştır. SEM görüntülerinden Yenice opalleri sferülitik dokusal özelliği göstermektedir (Çalık ve diğ. 2017). SEM element dağılımı (EDX) analizleri sonucu Yenice opallerin başlıca silikat bileşiminde olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca Al, Fe ve Ca elementleri Si ve O elementlerine küçük oranlarda eşlik etmektedir. Özellikle Kırmızı renkli opallerde Fe, Cu ve Ti elementi Si ve O ile birlikte yer almaktadır. Kırmızı opalde demir miktarı % 5.1 değeri ile sarı renkli (% 0.7) ve bej renkli (% 0) opallere nazaran oldukça yüksek değer göstermektedir. Muhtemelen kırmızı renk Fe elementinin varlığı ile oluşmaktadır (Çalık ve diğ. 2017) .

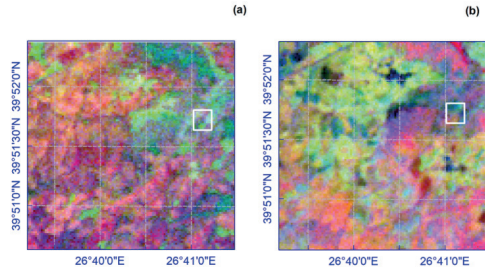


Şekil 2 Yenice Opali (kırmızı, bej ve sarı renkli) el örnekleri

## SPEKTRAL GÖRÜNTÜ ÖZELLİKLERİ

Bu çalışmada, opal mineralinin spektral görüntü özelliklerinin belirlenmesi için WGS84 datum ve UTM Bölgesi 35N'de bulunan ASTER AST\_L1T verileri, sol üst  $39^{\circ} 52' 22''$  K enlemi ve  $26^{\circ} 38' 54''$  D boylamı ile sağ alt  $39^{\circ} 50' 32''$  K enlemi ve  $26^{\circ} 42' 19''$  D boylamı arasındaki alan için analiz edilmiştir. Analiz için 11.09.2003 tarihli saat 09:14:58'deki ve 30.03.2004 tarihli saat 09:30:30'daki veriler kullanılmıştır. Opal mineral bölgesi  $39^{\circ} 51' 44''$  K enlemi ve  $26^{\circ} 41' 06''$  D boylamında yer almakta ve ilgili şekillerde beyaz dikdörtgenler ile genişletilmiş alan ile temsil edilmektedir. Çalışmada 30 metre yersel çözünürlüklü ASTER SWIR bantlar kullanılmıştır. Farklı minerallerin spektral ayrışmasını vurgulamak için altı SWIR bandına en küçük gürültü parçası (minimum noise fraction, MNF) yöntemi uygulanmıştır. Uygulama sonucu 6 yeni dönüştürülmüş görüntü kümesi oluşturulmuştur. Burada amaç jeolojik farklılıkların ortaya konmasıdır. MNF yönteminin prensibi temel bileşen analizi (principal component Analysis-PCA) yöntemine benzerlik göstermektedir. Temel bileşen analizinde amaç bir görüntü kümesinin yeni bir görüntü kümesine özdeğer ve öz vektörlerin kullanılmasıyla dönüştürülmesidir. Yapılan dönüşüm sayesinde maximum varyansa sahip ilk görüntü en fazla bilgiyi içermekte, kalan

yönlerde elde edilen görüntüler daha az bilgi içermekte, en son görüntüde sadece gürültü bulunmaktadır. Sonuç olarak elde edilen yeni görüntüler korelasyonsuzdur. En az gürültü parçası yönteminde kalite artırımı için yeni görüntüye ihtiyaç duyulmadan PCA dan elde edilen özdeğer ve özvektörler yardımıyla gürültü parçası minimize edilir (Green ve diğ. 1988; Berman ve diğ. 2011).



Şekil 4 a- 11.09.2003 tarihli ve saat 09:14:58 b- 30.03.2004 tarihli ve saat 09:30:30'den elde edilen ASTER SWIR bandlarına uygulanan en küçük gürültü parçası sonuçlarından ilk üçünün Kırmızı (MNF 3), Yeşil (MNF 2) ve Mavi (MNF 1) renk kataloğuna uygulanması

Şekil 4 iki farklı gün için MNF yönteminin sonuçlarını göstermektedir. Şekil 4a seçilen ilk güne ilişkin ve ilk üç MNF sonucunun RGB renk kataloğuna entegre edildiği sonuçları göstermektedir. Şekilden görüldüğü üzere farklı renk grupları bulunmaktadır. Bu renk grupları hem bitki örtüsü, hem çıplak toprak alanı hemde mineral yapılarına ilişkin farklılıkları göstermektedir. Beyaz kutunun merkezine bakıldığında opal alanının bulunduğu bölge mavi mor karışımı bir renk ile etraftan ayrışmaktadır. Yine, Şekil 4b seçilen diğer güne ilişkin MNF sonuçlarını göstermektedir. Burada opal bölgesine karşılık gelen alan sarı ve mor karışımı olarak kendini etraftan ayırmaktadır.

## SONUÇLAR

Uzaktan algılama verileri, gerek bilimsel

gerekse ticari amaçlı alan araştırmalarının jeolojik haritalama evresinde, sahanın bir ön çalışma ile incelenmesine ve özellikle de erişim zorluğu olan kesimlerin tanımlanması, sınıflanması ve analiz edilmesine nicel bir katkı koymaktadır. Bu bilgiler ışığında sahaya erişimin planlanmasında öncelikli alanlar etkin bir biçimde belirlenebilir. Örnek çalışma yeri olarak seçilen Yenice’de yüzlek veren ve damar yapısı sunan opaller ele alınmıştır. Opallerin ve çevresinin jeolojik ve mineralojik inceleme sonuçları ASTER verilerinin en küçük gürültü parçası yöntemiyle analizi sonuçlarıyla karşılaştırılmıştır. Opal sahasının yerinin iki farklı zaman aralığından elde edilen verilerin analiz sonuçları ile uyumlu olması, bu tarz çalışmalarda ASTER verilerinin kullanılabilirliği ve MNF yönteminin uygulanabilirliğini göstermektedir.

## KAYNAKLAR

Berman, M., Phatak, A., & Traylen, A. (2012). Some invariance properties of the minimum noise fraction transform. *Chemo-metrics and Intelligent Laboratory Systems*, 117, 189-199.

Çalık, A., Erenoglu, R., C., Erenoglu, O., Ulugergerli, E., U., Arslan, N., 2017. Imaging of Spectral Properties of Opal Mineral using Sensor Data, Yenice District, North-Western Turkey, International Symposium on GIS Applications in Geography and Geosciences (ISGGG-2017), October 2017, Çanakkale, p.85-96.

Green, A., Berman, M., Switzer, P., & Craig, M. (1988). A transformation for ordering multispectral data in terms of image quality with implications for noise removal. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 26, 65-74.





## Sarıcakaya (Eskişehir) Kalsedon Yatağındaki Karbonatlı ve Silikatlı Minerallerin Jeokimyası

### *Geochemistry of Carbonate and Silicate Minerals in Chalcedony Bed in Sarıcakaya (Eskişehir)*

Ünal Özbaş, İbrahim Gündoğan

*Dokuz Eylül Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Tınaztepe Yerleşkesi, Buca, İzmir  
(unal.ozbas@deu.edu.tr)*

Öz: Sarıcakaya kalsedon oluşumları Paleosen yaşlı çakıltaşı birimi içindeki dolomitik kireçtaşı, kireçtaşı ve magnezitik bileşimli karbonat çakılların çoğunlukla içten dışa, daha az olarak dıştan içe doğru kalsedonik silis tarafından ornatılarak oluşmuştur. Çakıltaşları içindeki peridotitik çakıllarda tamamıyla ornatılarak kahverengi silisli kalsedonlara dönüşmüşlerdir. Kriptokristlen kuvars mineralleri karbonat dokusunu ilk aşamada ornatarak gözenekli hale getirmekte ve bu aşmadan sonra silis ornatımı çok daha kolay ve hızlı olmaktadır. Bu aşamada silis solüsyonları kalsit ve dolomit gibi karbonat minerallerin dilinimleri boyunca kristal merkezine ulaşarak ilksel karbonat minerallerini ornatmaktadır.

Kalsedon nodüllerinin ve jeotlarının farklı zonlarından jeokimyasal analizler ve <sup>18</sup>O izotop analizleri gerçekleştirilmiştir. Kalsedon jeotlarının merkezinde son aşamada kristalleşen dolomit ve magnezit minerallerinden yapılan <sup>13</sup>C ve <sup>18</sup>O izotop analizleri ve kalsedonlardaki <sup>18</sup>O izotop analiz sonuçları oluşum koşulları hakkında önemli bilgiler vermektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Kalsedon, karbon izotop, oksijen izotop, ornatma.

**Abstract:** Sarıcakaya chalcedony occurrences in the Paleocene conglomerate were formed by replacement of carbonate pebbles of dolomitic limestone, limestone and magnesite mostly from inside to outside and less from outside to inside by chalcedonic silica. The peridotitic pebbles in conglomerates have been completely replaced by brown siliceous chalcedony. Cryptocrystalline quartz minerals make the carbonate texture porous by replacing at the first stage, then silica replacement is much easier and faster. At this stage, silica solutions replace the primary carbonate minerals by reaching the crystal center along the cleavages of carbonate minerals such as calcite and dolomite.

Geochemical analyses and <sup>18</sup>O isotope analyses were performed from different zones of nodules and geodes of chalcedony. The <sup>13</sup>C and <sup>18</sup>O isotope analyses of the dolomite and magnesite minerals crystallized at the center of chalcedony geodes and <sup>18</sup>O isotope results of chalcedony provide important information about the formation conditions.

**Keywords:** Chalcedony, carbon isotope, oxygen isotope, replacement.

## GİRİŞ

Adını Türkiye'den Kadıköy'ün eski adı olan "Khalkedon" dan almış olan ve Türk kalsedonu olarak bilinen mavi renkli nodüler kalsedon oluşumları Sarıcakaya (Eskişehir) bölgesinde Paleosen yaşlı çakıltası içinde yer almaktadır. Mavi rengi nedeniyle süstaşı olarak yurtdışına özellikle uzakdoğu ülkelerine çeşitli süs eşyası, heykel, biblo yapımı gibi farklı gemolojik kullanım talepleri için ham olarak ihraç edilmektedir. Farklı renklerde olabildiği gibi genellikle açık maviden koyu maviye değişen rengi ve masiv yapısı bu oluşumları gemolojik açıdan değerli ve özel kılmaktadır. Sarıcakaya kalsedon oluşumları Hatipoğlu ve Dora, (2005), Hatipoğlu ve diğ., (2013) tarafından daha önce jeolojik ve gemolojik olarak incelenmiştir. Gündoğan ve Özbaş (2017) kalsedon yumrularının nasıl oluştukları ve kökenlerinin belirlenmesi için detaylı mineralojik ve petrografik incelemeler yapmışlardır. Bu çalışma kapsamında mineralojik-petrografik çalışmalara ilaveten jeokimyasal özelliklerini belirleyerek oluşum ortamı ve kökeninin aydınlatılmasına katkı sağlanmıştır.

## MİNERALOJİ

Çalışma alanı Eskişehir'in 60 km kuzeyinde Sarıcakaya - Mayıslar - Kapıkaya bölgelerini kapsayan alanda yer alır.

Sarıcakaya kalsedon oluşumları Paleosen yaşlı çakıltası birimi içinde yer almaktadır. Çoğunlukla kalın katmanlı, kötü boylanmalı tabandaki ofiyolitik kayalardan türemiş serpantinleşmiş dünit, serpantinit, magnezit ve kireçtaşı çakılları içerir. Yer yer kumtaşı ve çamurtaşı ile ardalanmalar sunar.

Bölgede farklı jeolojik devirler boyunca meydana gelen volkanizma hareketlerini takip eden tektonik hareketler ve buna bağlı olarak gelişen faylanmalar hidrotermal alterasyonlara neden olmuştur. Çakıltalarını da bazı

yerlerde Eosen volkaniklerine bağlı olarak şiddetli alterasyona uğramışlardır. Bazı çakıl taneleri zonlu alterasyon izleri göstermekte, hematitleşme ve limonitleşme yaygın olarak gözlenmektedir. Kalsedon yumruları genel olarak, çakıltası içerisindeki ilksel magnezit ve karbonat çakıllarının silisçe zengin hidrotermal sıvıların alterasyonu ile oluşmuştur (Gündoğan ve Özbaş, 2017 a ve b). Bazı ultrabazik çakıllar da lisvenitleşme benzeri karbonat-silis mineralleri tarafından ornatılma izleri görülmektedir.

Bölgede ekonomik boyutlardaki kalsedon yataklanması D-B yönünde, birbirine yaklaşık paralel olarak uzanan iki doğrultu atımlı fay zonunda yer alan çakıltası-kumtaşı içerisinde bulunmaktadır. Bu alanda mavi kalsedona rastlanmamakta ve kalsedon yumrularına kahverengi, sarımsı, siyahımsı tonlarda çapları 15 cm ye kadar ulaşan opal oluşumları eşlik etmektedir. Ender olarak morumsu-leylak, yeşilimsi, koyu mavi, sarımsı tonlarına sahip kalsedon yumruları da gözlenmiştir. Bazı yumruların orta kısımları boşluklu ve drusy tipi kuvarsla kaplı iken bazı jeot merkezlerinde 1-5 mm boyutlarına ulaşan beyaz saydam kuvars, dolomit, magnezit ve aragonit mineral oluşumları tespit edilmiştir (Şekil 1).

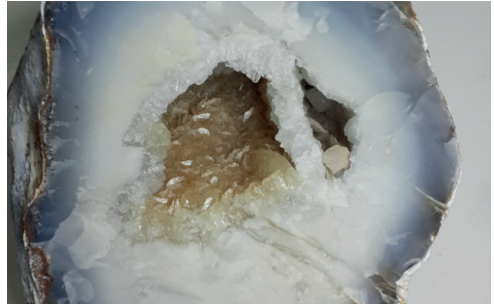
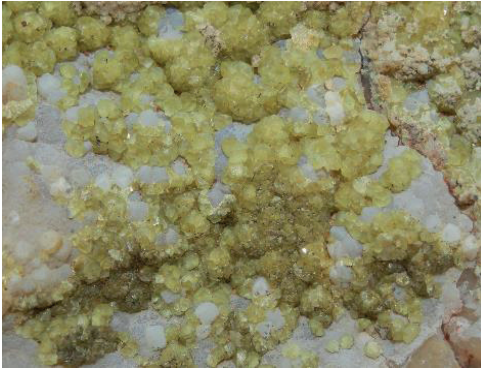
## JEOKİMYA

Kalsedon nodüllerinin ve jeotlarının farklı zonlarından majör, minör ve eser element analizleri Acme laboratuvarında yaptırılmıştır (Tablo 1). Yine farklı zonlardan ve renklerden seçilen 12 adet kalsedon örneğinin <sup>18</sup>O izotop analizi ve jeotların merkezinde, son aşamada kristalleşen dolomit ve magnezit minerallerinden <sup>13</sup>C ve <sup>18</sup>O izotop analizleri New Mexico Üniversitesi Duraylı izotop laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir.

Kalsedon örneklerine ait  $\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}}$  (‰) değerleri +19.02 ve +29.86 arasında değişmektedir. Oksijen izotop değerlerinin meteorik

sulara göre yüksek olması çevre kayaların alterasyonundan daha çok başka akışkanlarla etkileşimde olabileceğini, silisçe doymun hidrotermal çözeltilerin kalsedon oluşumlarını etkilediğini göstermektedir.

Zonlu bir yapı sunan kalsedon jeotlarının merkezlerinde oluşan iri taneli, saydam-yarı saydam kuvars mineralleri kalsedonlara göre daha düşük  $\delta^{18}\text{O}$  değerlerine sahiptir.



Şekil 1. Kalsedon jeotlarının merkezinde oluşan magnezit (a,b); dolomit (c); dolomit ve kuvars (d) mineralleri.

Tablo 1. Kalsedon örneklerinin ana element analiz sonuçları.

	SR-1	SR-2	SR-3	SR-4
<b><i>Major Elementler (% ağırlık)</i></b>				
<b>SiO<sub>2</sub></b>	96.44	97.69	89.02	60.66
<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	0.05	<0.01	0.76	1.65
<b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	0.07	<0.04	4.31	25.54
<b>MgO</b>	0.28	<0.01	0.27	0.98
<b>CaO</b>	0.63	<0.01	0.11	0.71
<b>Na<sub>2</sub>O</b>	0.02	<0.01	0.03	0.05
<b>K<sub>2</sub>O</b>	0.01	<0.01	0.05	0.07
<b>TiO<sub>2</sub></b>	<0.01	<0.01	0.01	0.02
<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	<0.01	0.01	0.02	0.03
<b>MnO</b>	0.01	<0.01	0.06	0.13
<b>Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	<0.02	<0.02	0.351	0.925
<b>KK.</b>	1.8	1.7	4.7	8.6
<b>Toplam</b>	99.36	99.47	99.88	99.86

Jeotların boşluklarında en son mineral fazı olarak kristalleşen iri dolomit kristalleri (Şekil 1.c-d) pozitif  $\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}$  (‰) değerleri sunmakta (1.05 - 7.55 arası) ve  $\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}}$  (‰) değerleri 17.29 ve 24.46 arasında değişmektedir.

Magnezit minerallerinin  $\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}$  (‰) değerleri 1.39 ve -5.71 arasında ve  $\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}}$  (‰) değerleri 24.77 ve 28.68 arası değişmektedir.

## SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Mavi renkli Sarıcakaya kalsedon yumruları Paleosen yaşlı çakıltaşı birimi içinde yer almaktadır. Kalsedon yatağının olduğu bölgede volkanik aktiviteye bağlı hidrotermal silisleşme etkin olmuştur ve birim içindeki ofiyolitik kırıntılar, dolomitik kireçtaşı, kireçtaşı ve magnezit bileşimli çakıllar tamamen altere olarak kalsedonik silis tarafından ornatılmışlardır.

Karbonat çakılların kalsedonik silis tarafından ornatılması sırasında dıştan merkeze doğru koyu maviden açık maviye doğru geçiş göstermektedir. Bu mavi jeotların bazıları kahverengi ve sarı gibi çeşitli zonlu renklenmeler sunmaktadır. Jeot örnekleri üzerinde yapılan XRD ve Elektron Mikroskop incelemelerinde sarı açık kahve renkli özşekilli kristallerin dolomit bileşiminde oldukları tespit edilmiştir. Kırmızımsı-kahverengi ve siyah zonlar içinde hematit-götit ve pirolusit mineral oluşumları saptanmıştır (Gündoğan ve Özbaş, 2017 a ve b). Jeotların merkezlerinde son mineral fazı olarak oluşan dolomit, magnezit ve kuvars kristallerin iri kristalli ve özşekillidir.

İncelenen ince kesitlerde, parçalanmış ultrabazikler içerisinde breşleşmiş, yönlendirilmiş, göz şeklinde yapılar rastlanmıştır. Bu da kalsedon oluşumlarının bulunduğu bölgede tektonizmanın etkin olduğunu göstermektedir. Merkezdeki masiv kalsedonik oluşumlar, kristal sınırları süturlu bir şekilde birbirine kenetlenmiş olup, mikroskop altında düzensiz sönme açıları veren kristallerden oluşmaktadır.

İlksel magnezit, mikritik ve dolomitik karbonat çakılları hidrotermal silis çözeltisi tarafından ornatılarak gözenekli karbonat dokusundan mikrokristalen/kriptokristalen kalsedona geçiş göstermektedir. Silis ornatımı ilksel tabaka, laminasyon veya çatlak yardımıyla çakıl merkezine kadar ulaştıktan sonra çakıl merkezinde karbonatı ornatarak ilksel kalsedon/opal oluşumu meydana gelmektedir (Gündoğan ve Özbaş, 2017 a ve b). Alterasyonun zayıf olduğu bölgelerde bu ilksel ornatma yapıları korunarak karbonat çakılları içinde dışı karbonatlı iç kesimi silisli yumrular şeklinde karşımıza çıkmaktadır. İlerleyen silis alterasyonu ile karbonat çakılının tamamen silis tarafından ornatılması sonucu nodüler kalsedonlar oluşmuştur.

Kalsedon örneklerine ait  $\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}}$  (‰) değerleri +19.02 ve +29.86 arasında değişmektedir. Oksijen izotop değerlerinin meteorik sulara göre yüksek olması hidrotermal çözeltilerin kalsedon oluşumlarında etkili olduğunu göstermektedir.

## KATKI BELİRTME

Bu çalışma, Dokuz Eylül Üniversitesi,

Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi 2015.KB.FEN.005 ve 2017.KB.FEN.011 nolu projeleri ile desteklenmiştir.

## **KAYNAKLAR**

Gündoğan, İ., Özbaş, Ü., 2017a. Sarıcakaya (Eskişehir) kalsedon oluşumların mineralojisi-petrografisi ve kökeni. Uluslararası Katılımlı 70. Türkiye Jeoloji Kurultayı, 23-27 Nisan 2017, ODTÜ Kültür ve Kongre Merkezi, Ankara, Bildiri Özleri Kitabı, s. 122,123.

Gündoğan, İ., Özbaş, Ü., 2017b. Sarıcakaya (Eskişehir) Kalsedon Oluşumlarının Mineralojik-Petrografik İncelemesi ve Kökeni. Dokuz Eylül Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi, 2015.KB.FEN.005 nolu proje raporu, İzmir, (yayınlanmamış).

Hatipoğlu, M., Dora, O.Ö., 2005. Türkiye’de antik bir süstaşı malzemesi olan Sarıcakaya (Eskişehir) kalsedonunun jeolojik yerleşimi, mineralojik-gemolojik özellikleri ve madenciligi. I. Uluslararası Değerli Taşlar ve Metaller Sempozyumu, Bildiriler Kitabı, İstanbul, s.193-215.

Hatipoğlu, M, Chamberlain, S.C., Kibici, Y., 2013. Characterization of the Sündikendağı deposit of moganite-rich, blue chalcedony nodules, Mayıslar-Sarıcakaya (Eskişehir), Turkey. Ore Geology Reviews, 54, 127-137.

**DEĞERLİ-YARI DEĞERLİ TAŞLAR / *PRECIOUS-SEMI PRECIOUS STONES***

Sabah YILMAZ ŞAHİN - Haluk SELİM - Meltem GÜRBÜZ

Murat HATİPOĞLU - Ayten ÇALIK

---

**Poster/*Posters***

---

***TAM METİN BİLDİRİLER/***

***PROCEEDINGS***







## CVD Yöntemi İle Sentetik Süstaşları Üretimi

### *Production Of Synthetic Gemstones By Cvd Method*

Ayşin Uzunoğlu<sup>1</sup>, Ayten Çalık<sup>1,2</sup>, Emin Uluggerler<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup>Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Jeoloji Müh. Bölümü, 17020 Çanakkale

<sup>2</sup>Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Yer bilimleri ve Doğa Tarihi Müzesi, 17020 Çanakkale

<sup>3</sup>Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Jeofizik Müh. Bölümü, 17020 Çanakkale

(aysinuzunoglu@gmail.com)

**Öz:** Uzun jeolojik süreçlerde oluşan değerli ve yarı değerli süstaşlarının üretimi işlenmesi ve satışa sunulması da kendi içinde uzun bir aşamalar dizisini kapsar. Hem doğal kaynakların tükenmesi hem de üretim- işleme maliyetlerinin ivme ile artması sorunu güncel araştırmaların ana konularının arasında yer almaktadır. Pazar dinamikleri içinde arz talep ilişkisinin talep yönünde artarken arz tarafında kısıtlı kalması, sektörün farklı arz yöntemlerini araştırmasına yol açmıştır. Bilimsel çözüm olarak, laboratuvar koşullarında süstaşlarının sentetik olarak üretimi gündemdedir. Günümüzde laboratuvarda üretilen sentetik süstaşları ile doğal taşların arasındaki fark gözle görülemez derecede en aza indirgenmiştir. Bu başarı kendi içinde sorunları da beraberinde getirmiştir.

Sentetik süstaşları üretiminde ve düşük kaliteli doğal ürünlerin iyileştirilmesinde farklı yöntemler kullanılmaktadır. Örnek olarak; Verneuil, Kristal çekme (Czochralski işlemi), Akı büyümesi, Hidrotermal büyüme, Kimyasal Buhar Birikimi (Chemical Vapor Deposition- CVD), Bridgman-Stockbarger, Epitaksi, Kyropoulos Süreci, HTPT sayılabilir. Sentetik süstaşlarına ilk örneklerinden biri 1902’de Verneuil yöntemi ile üretilmiştir. Geliştirilen yöntemler; eriyikten büyüme, çözeltiden büyüme, buhardan büyüme olarak üç ana bölüme ayrılır. Bu çalışmada buhardan büyüme yönteminin bir türevi olan, 800°C gibi düşük sıcaklıklarda hidrokarbon gazlarının yoğunlaştırılarak süstaşı oluşumu için seçilen “tohum kristal” üzerinde büyütülmesi şeklindeki CVD yöntemi ele alınmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** CVD, sentetik süstaşları, üretim yöntemleri

**Abstract:** The production, processing and sale of the precious and semi-precious gemstones, that is formed through the long geological processes, also includes consecutive long stages. The problem of the depletion of natural resources together with the accelerated increase in production-processing costs is among the main topics of current researches. The fact that the supply-demand relationship in the market dynamics has been increasing in the demand side, but remaining limited in the supply side has led the sector to investigate different supply methods. As a scientific solution, the synthetic production of the gemstones in the laboratory conditions has been on the agenda. Nowadays, the difference between the synthetic gemstones produced in the laboratory condition and the natural stones are minimized to an unobservable extent. This success has brought problems of its own.

Different methods are used in the production of synthetic gemstones and in the improvement of low quality natural counterparts. As an example Verneuil, Crystal extraction (Czochralski process), Flux growth, Hydrothermal growth, Chemical Vapor Deposition (CVD), Bridgman-Stockbarger, Epitaxia, Kyropoulos Process, HTPT can be given. In 1902, one of the first examples



of synthetic gemstone was produced by Verneuil method. Developed methods can be divided into three main parts; growth from melt, growth from solution, growth from vapour. The CVD method, which is a derivative of the method of growth from vapour is subjected to this study. The method may be defined as growing crystals over a crystal seed with the condensation of hydrocarbon gas at a relatively low temperature, such as 800 ° C. The CVD method also contributes to production with its types working condition.

**Keywords:** CVD, synthetic gemstones, production methods

## GİRİŞ

İnsanoğlunun 20. Yüzyıl başından bu yana elmas gibi değerli süstaşlarına düşkünlüğü, doğal kaynakların tükenme riski ile birlikte elmas işletim maliyetinin yüksek olması nedeniyle çeşitli yöntemler geliştirilerek elmas ve diğer değerli süstaşlarının laboratuvarında üretmeye yönelmiştir. Karbon bazlı cihazlara odaklanan uygulamalı araştırmalarda başlıca kullanılan yöntemlerden bazıları; Verneuil, Kristal çekme (Czochralski işlemi), Akı büyümesi, Hidrotermal büyüme, CVD (Kimyasal Buhar birikimi), Bridgman-Stockbarger, Epitaksi, Kyropoulos Süreci, HTPT gibi gösterilebilir.

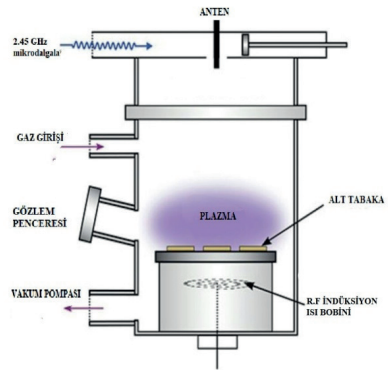
Bu çalışmada CVD yöntemi, CVD yöntemiyle üretilen sentetik süstaşları ve üretilmiş süstaşlarının doğal eşlenikleriyle farklılıkları ele alınmıştır. CVD yöntemi, yüksek basınca ihtiyaç olmaksızın, yüksek ısı ile bir plazma bulutundan karbonların ayrıştırılarak, tohum kristal üzerinde biriktirilmesi olarak özetlenebilir (Metin, 2017)

Derleme makalemizde bilimsel yayınlarda yer alan bilgilerden yararlanılmış ve sentetik elmas üretimi üzerinde yoğunlaşmıştır. Gemolojik açıdan güncel olan bu üretim yöntemin pazardaki önemi göz önüne alındığında

ülkemizde geç kalındığını düşünülerek bu alana ilginin artırılması ve tanıtılmasına gereksinim duyulmuştur. Bu makalede süstaşlarının CVD yöntemi ile üretilme yolu özetlenerek, bu yöntem ile üretilmiş sentetik süstaşlarının doğal oluşumlu eşleniklerinden nasıl ayırt edilebileceği konularına değinilmiştir.

## CVD SÜRECİ ve AŞAMALARI

CVD büyümesi, alt tabakanın (tohum kristalin) hazırlanmasını, değişen miktarda gazın bir odayı beslemesini ve enerjiyle doldurmasını kapsar. İlk adım yüzey hazırlığı uygun bir kristal tohumun seçilmesi ve kristalografik yönlendirmesidir. Gazlar, mikrodalga gücü, sıcak bir filaman, bir ark boşalması, bir kaynak torcu, bir lazer, bir elektron ışını veya başka araçlar kullanılarak büyüme odasında kimyasal olarak aktif radikallere iyonize edilir (Şekil 1) (Eaton-Magaña and Shigley, 2016).



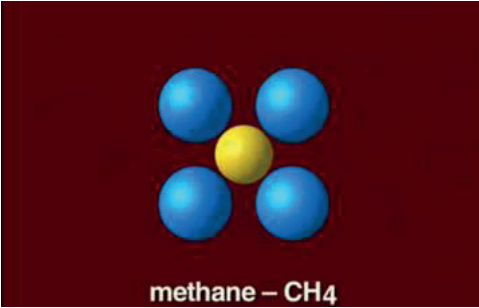
Şekil 1. Diyagram, bir mikrodalga-plazma CVD reaktörünün önemli bileşenlerini göstermektedir. Reaktör büyüklüğüne, büyüme parametrelerine ve arzu edilen kristal kalitesine bağlı olarak, plazmanın altındaki büyüme alanı çapı 2 ila 20 cm arasında değişebilir. Bu geniş büyüme alanı, tek bir çalışma sırasında birkaç CVD kristali üretilebileceği anlamına gelir (Eaton-Magaña and Shigley, 2016).

Bu yöntemin ilk işlemi, tohum kristalleri elmas oluşturabilmesi için alt tabakaya yerleştirilmesidir (Şekil 1). Bir kerde yaklaşık 12 – 20 tohum yerleştirmek mümkündür.



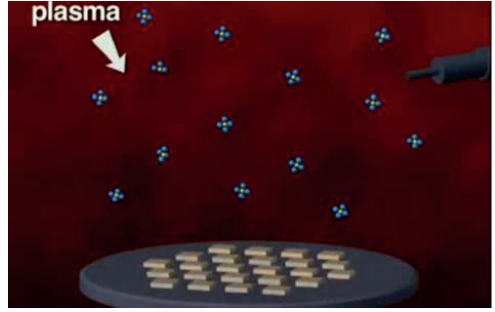
Şekil 2. Elmas oluşturacak tohum kristallerinin tabana yerleştirilmiş görüntüsü (Metin, 2017).

İkinci adım olarak vakumun içine gazlar gaz girişinden enjekte edilir. Tercih edilen gazlar genellikle metan ( $\text{CH}_4$ ) ve hidrojen ( $\text{H}_2$ )'dir (Şekil 3).



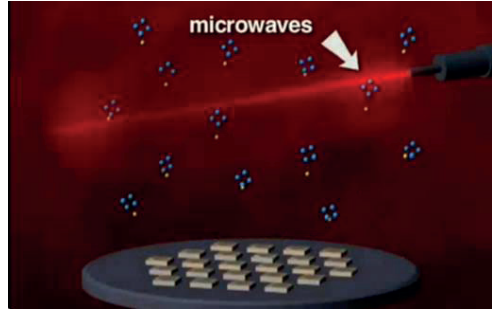
Şekil 3. Gazların enjekte edilmesinde kullanılan metan gazı (Metin, 2017).

Elektronları serbest hale geçirebilmek için, gazları mikrodalga ışınlama ile ısıtılır. Elde edilen madde plazma haline (maddenin 4. Hali) geçer (Şekil 4).



Şekil 4. Gazların mikrodalga ışınlama ile ısıtılması, elektronların özgürleştirilmesi hali – Plazma (Metin, 2017)

Tohum kristallerinin büyümeye başladığı aşamada; metan ile serbest hidrojenler tepkimeye girer, karbonlar plazma bulutundan çöker ve plaka şeklindeki tohumların üzerinde birikir. (Şekil 5).



Şekil 5: Karbonlar plazma bulutundan çökerek, plaka şeklindeki tohumların üzerinde birikir (Metin, 2017).

Bu şekilde vakum odasında gazlar bir enerji kaynağı (tipik olarak bir mikrodalga plazma) tarafından harekete geçirilerek gaz molekülleri parçalanır ve karbon atomları serbest kalır. Bu atomlar, doğal veya daha çok tercih edilen sentetik elmasan oluşan alt tabakaya (tipik olarak düz, kare şeklinde tohum kristal plakaları) doğru çekilir. CVD sentetik elmas kristalleri genellikle, (100) yönlü elmas alt tabaka üzerinde oluşturulduğu için kübik şekildedir. Farklı bir alt tabaka yönlendirmesi

farklı kristal formu verecektir (Metin, 2017)

Çok yüksek saflıkta ve düşük kusurlu içeriği olan renksiz kristaller için daha yavaş bir büyüme süreci söz konusudur. Bununla birlikte, üretilen CVD sentetiklerinin birçoğunda kristal kalitesini arttırmak için kullanılan ve büyüme kimyasını etkileyen gaz karışımına azot veya oksijen eklenmektedir (Liang vd., 2009).

## SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Çok farklı oluşum ortamlarına rağmen, doğal ve CVD sentetik elmaslar, boyut, sayı, yer, yabancı madde (İnklüzyon) ve berraklık bakımından karşılaştırılabilir. Doğal elmasların % 4'ünde görülen iğnecik inklüzyonları CVD ile üretilen elmas sentetiklerinde gözlenmemektedir (Butler ve Oleynik, 2008). Buna rağmen elmas olmayan karbon inklüzyonları, CVD sentetiklerinde gözlenen en yaygın tiptir; Kalsiyum sülfat sentetiklerinde, doğal malzemelerdeki karbon kapanımları ile karşılaştırılabilir. Doğal elmaslar ile bazı CVD yöntemi ile geliştirilmiş elmaslarda gözlenen elmas olmayan karbon maddesine benzeyen siyah kapanımlar görülmüştür. Bir başka ayırt edici özellik olarak flüoresan özelliğidir. Kızılötesi, ultraviyole veya X-ışını dalga boylarında spektroskopisi ile ayırt edilebilir. CVD ile büyütülen 'neredece renksiz' elmaslar doğal oluşumlu elmaslardan daha fazla flüoresan niteliği gösterir. Kristalleşme farklılığı olarak; CVD yöntemiyle büyüyen elmaslarda büyüme sırasında gerçekleşen kristalleşmeler daha kübik şekildedir, doğal oluşumlarda ise bu daha alelade geliştiği görülür. Doğal ve CVD yöntemiyle geliştirilen sentetik taşlarda görülen bulutlanma etkisi de kristalleşmeler gibi geometrik açıdan farklılık gösterir.

## KAYNAKLAR

Butler J., Oleynik, 2008, A Mechanism For

Crystal Twinning in The Growth Of Diamond By Chemical Vapour Deposition, Nicholas R. J., Mainwood A., Eaves L. (Ed.), Carbon-Based Electronics: Fundamentals And Device Applications, 366 (1863), 28 January 2008, London, UK, (295 pp)

Byrappa K, Ohachi T .2002 .Crystal Growth Technology, William Andrew Inc., Norwich, New York, USA(607 pp)

Eaton-Magaña S. and Shigley J. E.,2016. Observations on CVD-Grown Synthetic Diamonds: A Review, Gems & Gemology, 52 (3), 224 Gemological Institute of America, CA,USA

Liang Q., Yan C., Meng Y., Lai j, Krasnicki S., Mao H., Hemley R.J, 2009, Recent Advances in High-Growth Rate Single-Crystal CVD Diamond, Diamond & Related Materials, (18) (698-703 pp) , Elsevier, BV

Metin M.,2017. IDL ( International Diamond Laboratory), <http://www.idlpiranta.com>. Erişim Tarihi; Kasım, 2017

**DOĞA KAYNAKLI AFETLER VE AFET YÖNETİMİ**  
***NATURAL DISASTERS AND DISASTER MANAGEMENT***  
Orhan TATAR - Şükrü ERSOY - Bülent ÖZMEN

---

***Sözlü Sunumlar/Oral Presentations***

---

***TAM METİN BİLDİRİLER/***  
***PROCEEDINGS***





## Deprem Sonrası Halkın Toplanma Alanlarının Sismik Kaynağa Yakınlık Açısından Değerlendirilmesi, İzmir Kenti Örneği

*Evaluation of the Gathering Area with respect to Closeness to Seismic Source, The City of Izmir as an example*

**Hilmi Evren Erdin<sup>1</sup>, Hasan Sözbilir<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Mimarlık Fakültesi, Şehir ve Bölge Planlama Bölümü, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir, Türkiye

<sup>2</sup>Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir, Türkiye

(evren.erdin@deu.edu.tr)

**Öz:** Kentsel mekanda yeralan boşluklar (açık ve yeşil alanlar, meydanlar, spor alanları, kamu kurum alanlarının bahçeleri vb. sosyal altyapı alanları), acil kurtarma, müdahale, yardım gibi desteklerin kentliye afet durumunda verilebilmesi için gerekli olan alanları oluşturmaktadır. Ancak her sosyal altyapı alanı kullanılabilirlik, güvenlik ve erişilebilirlik temelinde uygun ve yeterli bir toplanma alanı olma niteliği taşıyamayabilir. Toplanma alanları, ilk deprem şoku atlatıldıktan hemen sonra artçı depremlerin olası etkilerinden korunmak üzere insanların ulaşabilecekleri ilk güvenli yerler olarak karşımıza çıkmaktadır. Söz konusu alanlar ilk yardım ve deprem sonrasında gerekiyorsa geçici barınma alanlarına yönlendirilinceye kadar halkın gıda, su vb. gereksinimlerinin de karşılandığı kısa süreli konaklama alanları olarak da önem kazanmaktadır. Ana depremden sonra artçı sarsıntılar meydana gelebilmekte ve hatta bazı durumlarda söz konusu sarsıntılar aylarca devam edebilmektedir. Toplanma alanlarının varlığı bir yandan deprem durumunda kenti daha güvenli hale getirirken, diğer yandan bir alanın kendisinin güvenli olma durumu da o alanın toplanma alanı olarak belirlenebilmesi için başlıca bir güvenlik kriteri haline gelmektedir. Bu çalışmada potansiyel sosyal altyapı alanları güvenlik parametreleri temelinde, depremsellik ve diri fay açısından değerlendirilmiştir. Depremin sismik kaynağının kent içinden geçip geçmediği toplanma alanlarının belirlenmesinde en önemli kriterlerden biridir. Yapılan çalışmalar deprem afeti sonrasında halkın toplanma alanlarının diri fay zonları dışında olması gerektiğini göstermektedir. Çalışma İzmir kentinin mevcut yerleşik dokusu içinde yer alan 11 ilçe (Konak, Karabağlar, Karşıyaka, Bayraklı, Bornova, Buca, Narlıdere, Balçova, Güzelbahçe, Gazıemir ve Çiğli ilçeleri) ile sınırlandırılmıştır. Diri fay sınıfında değerlendirilen sismik kaynaklardan 13 tanesinin İzmir ili ve buna bağlı ilçe ve köy yerleşimlerinin içinden geçtiği bilinmektedir. Bu faylar 6 dan büyük deprem üretme potansiyeline sahip olduklarından, söz konusu fay zonları boyunca yüzey faylanması tehlike kuşağı ve sakinim bandı oluşturulmalı ve halkın toplanma alanları diri fay zonları ve bu fay zonlarının etrafında oluşturulan sakinim bantları dışında seçilmelidir.

**Anahtar Kelimeler:** Deprem, İzmir, Kent Planlama, Sismik Kaynak, Toplanma Alanı

**Abstract:** Gaps in the urban areas (open and green areas, squares, gardens of public institutions', social infrastructure areas, etc.) are required as potential gathering points to give any

assistance (emergency rescue, intervention and supports) to citizens in the event of a disaster. However, every social infrastructure area may not be an appropriate and adequate gathering area on the basis of availability, security and accessibility. The gathering areas are the first safe places that people can reach in order to protect themselves against the possible effects of the first and aftershock earthquakes immediately after the first earthquake shock. These areas are also important as first aid and short-term accommodation areas where the public needs such as food and water. Aftershocks may occur after the main earthquake, and in some cases the vibrations may persist for months. The existence of the gathering areas on the one hand makes the city safer in case of an earthquake, while on the other hand the security of an area itself becomes a major safety criterion for the area to be identified as the gathering area. In this study, potential social infrastructure areas have been evaluated in terms of seismicity and active fault. The location of the seismic source of the earthquake is one of the most important criteria for determining the gathering areas. The studies show that the people's gathering areas should be outside the active fault zones after the earthquake disaster. The study is limited to 11 districts (Konak, Karabağlar, Karşıyaka, Bayraklı, Bornova, Buca, Narlıdere, Balçova, Güzelbahçe, Gaziemir and Çiğli districts) of İzmir city. It is known that 13 of the seismic sources evaluated in the active fault class pass through the province of İzmir. These faults have the potential to generate earthquakes with magnitudes more than 6. Surface faulting hazard zones and avoidance zones should be formed along these fault zones, and the gathering areas should be selected outside of the active fault zones and its avoidance zones.

**Keywords:** Earthquake, İzmir, Urban Planning, Seismic Source, Gathering Area

## GİRİŞ

Türkiye'deki afet müdahale planlarında tahliye sonucu ortaya çıkacak toplanma gereksinimi için açık ve yeşil alanlar, spor alanları, meydan, yollar, pazaryeri, açık alana sahip eğitim, sağlık, resmi kurum alanları, sosyo-kültürel tesisler ve dini tesisler gibi kamusal niteliğe sahip kentsel boşluklara yönelik belirlemelerin yapıldığı görülmektedir. Bu durum ülkemiz koşullarında pek çok hayati işlevi üstlenme kapasitesine sahip olan söz konusu arazi kullanımların yer seçimi ve planlanma biçimini daha da önemli hale getirmektedir. Bununla birlikte bu alanların varlığı kadar büyüklükleri ve kullanılabilirlikleri açısından da değerlendirilmeleri büyük önem taşımaktadır.

Bugün Afet Müdahale Planları üzerinde izlenen ve kentsel alanlarda tabelalar aracılığıyla görünür hale getirilmiş olan belirlemelerin hem nicelik, hem de nitelikleri açısından büyük yetersizlikler içerdiği görülebilmektedir.

Bu noktada var olan belirlemelerin toplanma alanlarının güvenliği açısından sorgulanır özelliklerinin bulunması da dikkate alınması gereken bir kapsam yaratmaktadır.

Afet ve acil durumlarla ilgili mekan organizasyonları temel olarak kişilerin can güvenliğinin sağlanmasını amaçlar. Bu temel amaca yönelik olarak olağanüstü şartlarda güvenli alanlara erişme, ilk yardım ve diğer yardım ve hizmetlerden yararlanabilme ve geçici barınma gibi gereksinimlerin nasıl sağlanabileceğini belirlemeye çalışır. Bu kapsamda "toplanma alanları" temel bir mekansal birim olarak önem kazanır.

Erdin ve diğ. (2017), toplanma alanlarının (ilk toplanma alanı) afet ve acil durum anında vatandaşların güvenli bir şekilde toplanacağı park, bahçe gibi alanları ifade ettiğini belirterek bu alanların kamuya ait ve konumu itibarıyla bölgede yaşayanlar tarafından kolay fark edilebilen, hızlı ve düzenli şekilde erişilebilen, yeterli büyüklüğe sahip, ağırlıkla açık alanlar

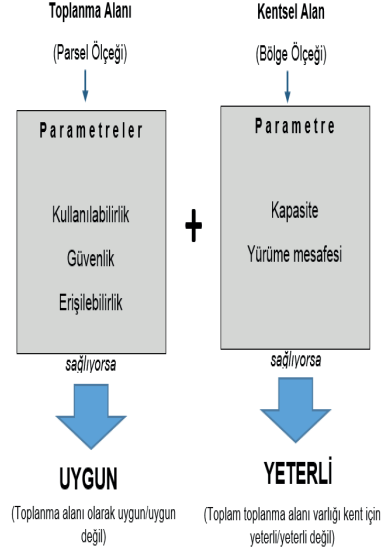
ve parklardan oluştuğunu söylemektedirler.

Afet yönetimi çerçevesinde halkın toplanması amacıyla aktif olarak kullanılabilir kent- sel alanların Mekansal Planlar Yapım Yönet- meliği’nde yer aldığı şekliyle “Sosyal Altyapı Alanları”<sup>1</sup> arasından yapılacak değerlendirmelerle elde edilebileceği görülmektedir.

## TOPLANMA ALANLARININ NİTELİKLERİNE İLİŞKİN GÜVENLİK PARAMETRESİ VE KRİTERLER

Afet durumunda kişilerin kentlerde yıkılma tehlikesi olan yapılardan/yapısal unsurlardan ya da risk taşıyan patlayıcı, yanıcı kent- sel kullanımlardan mümkün olduğunca uzak alanlara yönlendirilmesi gerekmektedir (Ergünay 2008). Afet risk derecesi afetin büyü- lüğüne bağlı olduğu kadar, afetten etkilenen unsurların hasar görülebilirliklerine de bağlıdır (Türkoğlu ve Kundak, 2007). Bu çerçevede yerleşmelere zarar verecek kullanımların ve teknik altyapının yaratabileceği risklerin de planlanması gerekir. Ayrıca yapılaşmanın je- olojik yapı ve fay hatları gibi doğal oluşum- larla olan etkileşimi mutlaka dikkate alınmak durumundadır. Diğer yandan yapılı çevrenin ve arazi kullanım kararlarının risk yaratma düzeyinin de belirlenmesi gereklidir. Bu hu- sus, kentlerde afet zararlarının azaltılması bağlamında oluşturulmaya çalışılan toplanma alanları açısından da son derece önemlidir. Zira kentlerde güvenli alan yaratma ihtiya- cına yönelik olarak yapılan belirlemelerin, herhangi bir afet durumunda ne ölçüde güven sağlayacağı da kritik bir konudur ve toplanma

alanının uygunluğunu belirleyen önemli pa- rametrelere biridir (Şekil 1).



Şekil 1. Toplanma alanı çalışma yöntemi

Toplanma alanlarının varlığı deprem duru- munda kenti daha güvenli hale getirirken di- ğer yandan bir alanın kendisinin güvenli olma durumu da o alanın toplanma alanı olarak be- lirlenebilmesi için başlıca bir güvenlik kriteri haline gelmektedir. Toplanma alanının **gü- venlik parametresi** temelinde değerlendirilebilmesi için yapılan araştırmalar sonucunda bazı kriterler saptanmıştır. Bunlar: fay hattı, jeolojik formasyon, zemin özellikleri, heyel- lan, tsunami ve su baskını, dere taşkın alanı, enerji nakil hattı, doğal gaz hattı, isale hattı, köprü ve viyadükler, jeotermal enerji altya- pısı, kanalizasyon altyapısı, tehlikeli tesis/ kullanımlar, çevreleyen yapı yaşı, çevreleyen yapı kat sayısı, çevreleyen yapı nizamı, çev- releyen yapı zemin kat kullanımınıdır.

## Sismik Kaynağa Yakınlık Açısından

1 Mekansal Planlar Yapım Yönetmeliği'nin “Mekansal Kullanım Tanımları ve Esasları” başlıklı 5. Mad- desinin (i) bendinde Sosyal Altyapı Alanları: “Birey ve toplumun kültürel, sosyal ve rekreatif ihtiyaçları- nın karşılanması ve sağlıklı bir çevre ile yaşam kalite- lerinin artırılmasına yönelik kamu veya özel sektör tarafından yapılan eğitim, sağlık, dini, kültürel ve idari tesisler; açık ve kapalı spor tesisleri ile park, çocuk bahçesi, oyun alanı, meydan, rekreasyon ala- nı gibi açık ve yeşil alanlara verilen genel isimdir” şeklinde tanımlanmıştır.



## Değerlendirme

Türkiye ölçeğinde bugüne kadar yapılan yer-bilimsel çalışmalar, magnitudü  $M=6.0$  veya daha büyük ölçekteki depremlerin yüzey faylanmasıyla sonuçlanan deformasyonlar yarattığını göstermektedir. Gelineen teknolojik gelişim düzeyinde depreme dayanıklı bina yapılabilmekte ve taşıma gücü çok düşük olan zeminler iyileştirilebilmektedir. Fakat depremin sismik kaynağını oluşturan diri fayların deprem sırasında yüzeyde yaratacağı deformasyon zonu üzerindeki yeryüzü “yerleşime uygun olmayan alan” olarak kabul görmekte ve bu nedenle bu tür zonların buldukları alanlarda herhangi bir yapılaşmaya gidilmemektedir (Nurlu, 2017). Bugünkü bilgiye göre Türkiye’de yüzey faylanmasıyla sonuçlanacak deprem üretebilecek fay segmenti sayısı 500 civarındadır. Bu faylardan 13 tanesi İzmir ili ve buna bağlı ilçe ve köy yerleşimlerinin içinden geçmektedir. Bu faylar 6’dan büyük deprem üretme potansiyeline sahip olduklarından, söz konusu fay zonları boyunca yüzey faylanması tehlike kuşağı ve sakinim bandı oluşturma gereği vardır. Bu nedenle halkın toplanma alanlarının fay zonları dışında olması gerektiğinden, söz konusu faylar boyunca yüzey faylanması tehlikesi kuşağı ve fay sakinim bandı aşağıdaki kıstaslara göre değerlendirilebilir.

Bir fayın yüzey izi, genellikle basit tek bir doğrusal çizgiden ziyade genişliği birkaç metreden yüzlerce metreye kadar değişebilen bir deformasyon zonu şeklindedir. Fayın türüne bağlı olarak gelişen deformasyon zonu “**Yüzey Faylanması Tehlike Kuşağı**”nı ifade eder. **Sakinim bandı** ise, yüzey faylanması tehlike kuşağının her iki tarafında, fayın belirlenmesi ve haritalanmasındaki hata payını azaltmak ve güvenli bir mesafe bırakarak, tahmini yüzey faylanması tehlike kuşağının mühendislik yapılarında oluşturacağı deformasyonun etkisini düşürebilmek için oluşturulan bir kuşaktır (Sözbilir ve diğ. 2018).

Kısaca; Afet ve Acil Durumlar Sonrası Halkın Toplanma Alanlarının Yüzey Faylanması Tehlike Kuşağı + Sakinim Bandı’ndan oluşan zonların dışında seçilmesi önerilmektedir.

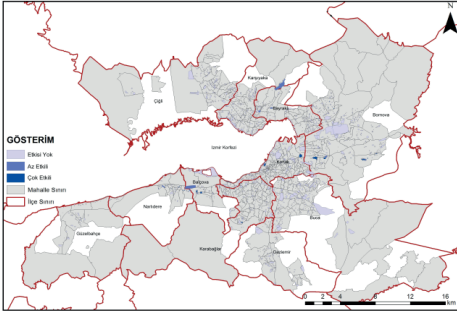
Örneğin İzmir ili özelinde yerleşim yerlerinden geçen diri faylar normal fay ve doğrultu atımlı fay karakterinde yüzey deformasyonu oluşturacak olan faylardır. Bu faylardan kaynaklanacak 6 ve daha büyük magnitudlü bir deprem oluştuğunda yüzeyde fay izi boyunca bir yüzey faylanma tehlikesi kuşağı oluşacağından, afet sonrası halkın toplanma alanının bu tür zonlardan belirli bir mesafede belirlenmesi gerekmektedir. Buna göre, **Doğrultu atımlı faylarda**; yüzey faylanması tehlike kuşağının etrafına çizilecek olan sakinim bandı mesafesi fay iyi tanımlanmış ve GPS ölçümleriyle doğrulanmışsa  $20 + 20$  olmak üzere toplam 40 metre, yüzey faylanması tehlike kuşağı tahmini haritalanmışsa  $30+20+30+20$  olmak üzere toplam 100 metre olarak çizilmelidir.

**Normal faylarda** yüzey faylanması tehlikesi kuşağı, doğrultu atımlı faylardakinin aksine oldukça geniş olabilir. Normal faylarda yatay konum belirsizliği ihmal edilir. Buna göre normal faylar için taban blokta 15 metre sakinim bandı, tavan blokta ise 40 metre sakinim bandı oluşturmak yeterli olacaktır (Langridge vd., 2011).

## İZMİR KENTİNDE POTANSİYEL TOPLANMA ALANLARININ (PTA) SİSMİK KAYNAĞA YAKINLIK AÇISINDAN ANALİZİ

Fiziksel arazi niteliklerinden biri olan ve I. derece deprem kuşağında yer alan İzmir kentinde bir risk unsuru olarak karşımıza çıkan fay hatlarının **potansiyel toplanma alanları (1. Kademe Toplanma Alanları (İlk Toplanma))**: park ve yeşil alan, rekreasyon, açık spor alanları, meydan ve açık pazar yeri, ve **2. Kademe Toplanma Alanları**: kamu kurumları, resmi eğitim kurumları (anaokulları, ilkokul,

ortaokul, lise ve üniversite), sağlık tesisleri, kapalı spor alanları ve kapalı pazar yeri) üzerinde etkisi olup olmadığının ve etkisi varsa düzeyinin tespit edilmesi hedeflenmiştir. Bunun için, MTA'nın hazırlamış olduğu CBS tabanlı haritalardan yararlanılmıştır. Temin edilen veriler ışığında, PTA'lara fay hatlarının etkileri üç kategoride sınıflandırılmıştır. Herhangi bir PTA yüzey faylanması tehlike kuşağında ve sakinim bandı dışında kalıyorsa, o alanda fay hattının bir etkisi yok demektir ve "**Etkisi Yok**" biçiminde ele alınmıştır. Eğer alan kısmen yüzey faylanması tehlike kuşağında ve sakinim bandı içinde kalıyorsa, o alanda fay hattının az etkisi var demektir ve "**Az Etkili**" biçiminde sınıflandırılmıştır. Tamamen yüzey faylanması tehlike kuşağında ve sakinim bandı içinde kalan alanlar ise "**Çok Etkili**" olarak değerlendirilmiştir.



Şekil 2. PTA'lara fay hatlarının etki düzeyleri

Buna göre; fay hatlarının PTA'lar üzerinde çok etkili olduğu ilçeler arasında Konak ve Bornova ilçeleri, az etkili olduğu ilçeler arasında Balçova ve Bayraklı ilçeleri ve etkisinin olmadığı ilçeler arasında Çiğli, Karşıyaka, Güzelbahçe, Narlıdere, Gaziemir, Karabağlar ve Buca ilçeleri yer almaktadır (Şekil 2). Fay hattının çok etkili olduğu alanların genel olarak yüksek yoğunluklu ve sık yapılaşma dokusunun gözlendiği ilçelerde yer alması, olası bir afet esnasında meydana gelebilecek can ve mal kayıpları açısından önemli bir risk

oluşturmaktadır.

## SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Sismik kaynağa yakınlık açısından PTA'ların analiz sonuçlarına göre; 2026 adet 1. Kademe PTA'dan 35 adetinin, 758 adet 2. Kademe PTA'dan ise 11 adetinin "**Çok Etkili**" bölgede konumlandığı saptanmıştır. Diğer bir deyişle, 1991 adet 1. Kademe PTA ve 747 adet 2. Kademe PTA olmak üzere toplam 2738 adet PTA'nın sismik kaynağa yakınlık kriteri bakımından güvenli ve uygun olduğu tespit edilmiştir. Bu tespitler ışığında 1. ve 2. Kademe PTA'ların büyük bölümünün (her iki tür alan için ortalama %98,3 oranında) fay hattından etkilenmeyen veya daha az etkilenen alanlarda konumlandığı bulgulanmıştır. Bu kapsamda İzmir kentindeki potansiyel toplanma alanlarının (PTA) önemli bir bölümünün sismik kaynağa yakınlık açısından güvenli ve az riskli veya risksiz konumda olduğu tespit edilmiştir.

## KATKI BELİRTME

Bu araştırma Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetim Başkanlığı'nın (AFAD) Ulusal Deprem Araştırma Programı tarafından desteklenen UDAP-G-16-08 Proje Numaralı "Afet ve Acil Durumlar Sonrası Halkın Toplanma Alanlarına İlişkin Kriterlerin Belirlenmesi ve Değerlendirme Yönteminin Oluşturulması, İzmir Kenti Örneği" başlıklı proje kapsamında yapılan çalışmalara dayanmaktadır.

## KAYNAKLAR

Erdin, H.E., Çelik, H.Z., Aydın, M.B.S., Özcan, N.S., Erdem, U. (2017). Afet yönetimi içerisinde kentsel mekan ihtiyacı ve kentsel arazi kullanımları. Disiplinlerarası Afet Yönetimi Araştırmaları. (Editörler: Z. Toprak Karaman, O. Sancakdar, S.İ. Kaya), Birleşik Matbaacılık: İzmir, s. 255-272.

Ergünay, O., (2008), Afet Yönetiminde Ku-

rumsal Yapılanma ve Mevzuat Nedir ? Nasıl Olmalıdır İstanbul Depremini Beklerken Sorunlar ve Çözümler Bildiriler Kitabı, 20 Eylül 2008 CHP İstanbul Deprem Sempozyumu, sayfa 97-108, İstanbul.

Langridge, R.,M., Traves, M., ve Ries, W., 2011. Designing and Implementing a Fault Avoidance Zone strategy for the Alpine Fault in the West Coast region. Proceedings of the Ninth Pacific Conference on Earthquake Engineering, Building an Earthquake-Resilient Society, 14-16 April, 2011, Auckland, New Zealand.

Nurlu, M. 2017. Planlama ve yapılaşma açısından yüzey faylanması tehlikesinin değerlendirilmesi kılavuzu. TMMOB, Jeoloji Mühendisleri Odası. Yayın No: 134, Ankara.

Sözbilir, H., Özkaymak, Ç. , Uzel B. ve Sümer, Ö. 2018. Criteria For Surface Rupture Microzonation Of Active Faults For Earthquake Hazards In Urban Areas, Handbook Of Research On Trends And Digital Advances In Engineering Geology(187- 230), ISBN: ISBN9781522527091: Igi Global.

Türkoğlu, H., Kundak, S., (2007). Evaluation of Earthquake Risk Parameters in the Historical Site of Istanbul , Spec. Publ. Arı Journal, 55., Eds. Kubat, A. S., Yasushi, A., Ertekin, O., Istanbul Technical University Publications, İstanbul. 52-66.

**FOSİL YAKITLAR VE TEKNOLOJİSİ / FOSSIL FUELS AND THEIR TECHNOLOGIES**

Ali İhsan KARAYİĞİT - Zühtü BATI - Kimon CHRISTANIS - Selami TOPRAK

---

***Sözlü Sunumlar/Oral Presentations***

***TAM METİN BİLDİRİLER/***

***PROCEEDINGS***





## Mineral Formation During Artificial Ashing of Karapınar-Ayrancı Coal

### *Karapınar-Ayrancı Kömürlerin Yapay Küllendirilmesi Sırasında Mineral Kristalizasyonu*

**Rıza Görkem Oskay, Kimon Christanis**

*Department of Geology, University of Patras, Rio-Patras, Greece*

*(christan@upatras.gr)*

**Abstract:** During coal combustion in the boiler of power plants, several mineral transformations and new formations take place. The knowledge on the newly formed minerals is important as they might cause technical problems and affect the environment. Therefore, it is essential to enlighten these mineral changes before designing the boiler. In this study, the mineral changes after ashing at 750°C of selected coal samples obtained from boreholes in the Karapınar-Ayrancı coal deposit, are studied. The XRD and SEM-EDX analyses show that newly formed minerals are common in the studied ash residues. The silicate minerals (quartz/cristobalite, feldspars and Ca-silicates), sulphates (mainly anhydrite) and oxides (lime/portlandite and Fe-oxides) are the most common minerals in the studied ash residues. Furthermore, in few samples Mg-silicates, spinel and carbonates are detected as minor phases. The presence of Ca- and Mg-silicates shows that clay minerals in the studied raw coal samples were melted during combustion and transformed to newly formed silicates. Even though carbonates are minor phases in the raw coal, the common presence of Ca-silicates, anhydrite and lime/portlandite could imply that organically bound Ca and S in raw coal also reacted with liberated elements during combustion. The presence of high temperature Mg-silicates could be explained by the development of hot spots in the furnace during combustion due to exothermic reaction of pyrite breakdown. Although this study is based on artificial combustion environment, the presence of newly formed silicate minerals and lime/portlandite in the ash residues points to potential technical problems (slagging and fouling). Therefore, further detailed analysis (e.g. element analysis and drop tube furnace test) should be performed before future exploitation of the Karapınar-Ayrancı coal.

**Keywords:** coal ash, combustion, Karapınar, mineral formation

**Öz:** Kömürlerin termik santral kazanlarında yakımı sırasında mineral değişimleri ve yeni mineral kristalizasyonları gerçekleşebilmektedir. Yanma sırasında gelişen mineral kristalizasyonların teknik sorunlara ve çevresel etkiye neden olmasından dolayı detaylı olarak belirlenmesi önemlidir. Bundan dolayı, kazan dizaynının ve tipinin belirlenmesinden önce mineral değişim ortaya çıkarılması önemlidir. Bu çalışma kapsamında Karapınar-Ayrancı kömür sahasından derlenen kömür örneklerinin 750°C derece küllendirilmesi sırasında gelişen mineral değişimleri incelenmiştir. Çalışılan kül örneklerinden yapılan XRD ve SEM-EDX analizlerine göre yeni kristalleşen mineraller çoğunlukta olduğu belirlenmiştir. Silikat mineralleri (kuvars/kristobalite, feldspatlar ve Ca-silikatler), sülfat mineralleri (çoğunlukla anhidrit) ve oksit mineralleri (kireç/portlandit ve Fe-oksitler) incelenen kül örneklerinde yaygın olarak tanımlanmıştır. Aynı-

ca, bazı örneklerde Mg-silikat mineralleri, spinel ve karbonat minör faz olarak tespit edilmiştir. İncelenen kül örneklerinde Ca- ve Mg-silikatların varlığı kömür örneklerindeki kil minerallerin külleştirme sırasında ergimesi sonucunda bu minerallerin kristalleşmesi ile ilgilidir. Kömür örneklerinde karbonat minerallerin minör faz olması göz önüne alındığında, incelenen kül örneklerinde tanımlanan anhidrit, kireç/portlandit ve Ca-silikat minerallerinin organik olarak bağlı olan Ca ve S yakım sırasında serbest kalan elementlere reaksiyonuna girmesiyle kristalleştiği düşünülebilir. Yüksek sıcaklığı işaret eden Mg-silikatların varlığı ise kül fırında pirit kristallerinin yıkımın ekzotermik reaksiyonuyla gelişen kızgın noktaların varlığıyla açıklanabilir. Bu çalışma sadece yapay yakım ortamından elde edilen sonuçlara dayanmakla beraber, incelenen kül örneklerindeki silikat mineralleri ve kireç/portlanditin varlığı bazı potansiyel sorunların (örn. cüruf gelişim ve tortu oluşumu) gelişebileceğini işaret edebilir. Bundan dolayı, gelecekte Karapınar-Ayrancı kömürün termik santralde kullanmadan önce detaylı element analizi ve tüp kül fırın testlerinin yapılması gereklidir.

**Anahtar Kelimeler:** Karapınar, kömür kölü, mineral kristalizasyonu, yakım

## INTRODUCTION

The energy policy of Turkey switches to use local resources in order to secure energy self-sufficiency. Even though the country has limited oil and gas reserves, the total coal reserves of Turkey are important for this aim. Several coal deposits were recently discovered that could be used as feed coal in power plants. The combustion efficiency and the safe disposal of coal combustion are, in general, essential for the coal-fired power plants. These problems are mostly caused by mineral transformation and formation during combustion in boilers (Benson and Sondreal, 1998; Barroso et al., 2007). Slagging and fouling are major problems resulting in reduction of combustion efficiency. Furthermore, water-soluble minerals (e.g. sulphates) can be leached from combustion remains in dumping sites and deteriorate ground- and surface water quality (Baba et al., 2003). Therefore, it is essential to estimate and characterize coal combustion remains before design the boiler of a power plant.

The Karapınar coal deposit is the second largest coal deposit of Turkey to be exploited for supplying a coal-fired power plant in the near future. In this study, the mineralogical composition of coal ash from Karapınar deposit

was studied in order to understand mineral formation and estimate potential technical and environmental problems.

## MATERIAL AND METHOD

About 56 coal samples picked up from six cores obtained from the Karapınar-Ayrancı coal deposit, were ashed in a Raypa HM-9 electric muffle furnace in an oxidizing atmosphere. The powdered coal samples were initially heated up to  $550\pm 5^\circ\text{C}$ , where they remained for 1 h; then the temperature raised to  $750\pm 5^\circ\text{C}$  and the samples were left for 3 h. The mineralogical composition of coal ash samples was determined using an X-ray diffractometer equipped with a Lynx-Eye<sup>®</sup> detector. The scanning area covered the  $2\theta$  interval between  $4^\circ$  and  $70^\circ$ , with a scanning angle step of  $0.015^\circ$  and a time step of 1 s. The mineral phases were identified using the EVA<sup>®</sup> software; the semi-quantitative determination was performed using the Rietveld-based TOPAS<sup>®</sup> software applying the technique described in detail by Siavalas et al. (2009). Selected samples were also mounted on carbon bands and coated with gold for SEM analysis. The SEM analyses were performed using a JEOL JSM 6300 Microscope fitted with EDS X-ray analyser.

## RESULTS

As previously reported by Oskay et al. (2016), clay minerals (illite/mica, kaolinite and chlorite) and quartz are dominant phases in the bulk coal samples. Feldspars, pyrite and gypsum/basanite are abundant phases, whereas carbonate minerals are traced as minor phases.

The XRD analysis of the ash samples shows that feldspar, quartz and anhydrite are generally dominant to abundant phases, whereas Ca-silicates (e.g. mellite group such as gehlenite and akermanite), Mg-silicates (e.g. forsterite), haematite, and portlandite are common minor phases. Additionally, in few samples lime, Ca-ferrites, carbonates (calcite and dolomite), monazite, and other sulphate minerals (calcium sulfoaluminate, glauberite, and thenardite) were traced in few coal ash samples (Table 1). The SEM-EDX data shows that apatite, barite and Ti-oxides are accessory minerals in the ash. In addition, unaffected diatom remains were also identified in coal ash samples through SEM analyses.

Table 1. Semi-quantitative mineralogical composition of the ash residues at 750°C (+++: dominant phase, ++: abundant phase, +: minor phase, ±: detected in individual residue).

Core	DK-1	DK-2	DK-3	DK-4	DK-5	DK-7
Mineral						
Quartz	++	+++	++	+	++	++
Cristobalite	±	±	±		±	±
Clay Minerals	±				±	
Feldspars	++	+++	+++	+	+++	+++
Mellite group	+	++	++	++	++	+
Forsterite	±	+	++		+	++
Talc						+
Pyrophyllite		±	±			
Ca-silicates	±	±	±	±	±	±
Anhydrite	++	++	++	+	++	++

Ca-sulfoalum.	+	+	+		+	++
Glauberite	+					±
Thenardite	±					
Carbonates	+	+	+	±	+	+
Fe-oxides	+	+	+	++	++	++
Ca-Ferrites	+	+	+		+	+
Portlandite	+	±	±	±	+	±
Lime				±		±
Spinel	±				±	±
Periclase	±			±		
Monazite	±	±	±		±	

## DISCUSSION AND CONCLUSION

Quartz, cristobalite and feldspars in the studied ash samples can be refractory minerals due to their presence in the raw coal samples. However, quartz and cristobalite could be also formed by crystallization of Si originated from melting of clay minerals during combustion. Furthermore, liberated Al, Ca, K, Mg and Na from melting of clay minerals could react with Si and feldspars along with identified Ca- and Mg-silicate minerals in the studied ash samples (Reifenstein et al., 1999; Valentim et al., 2018). Interestingly, forsterite and pyrophyllite are identified in the ash. These minerals are generally formed at high temperature (>1100°C) in the boiler (Steenari et al., 1998). The breakdown of pyrite crystals during combustion could develop formation of hot spots in the furnace atmosphere. Thus, forsterite and pyrophyllite could be developed during combustion as dehydration products of chlorite and talc, which are identified in bulk raw coal (Grapes, 2006). The SO<sub>x</sub> and the Ca liberated from pyrite and the breakdown of carbonate minerals, respectively, in the raw coal also react during combustion forming anhydrite. Calcium along with Al, Na and S are also affiliated with the organic matter in the raw coal as proved by



SEM-EDX. These elements react with each other forming other sulphate minerals. Etringite is generally reported from lime-rich bottom ash in Turkish coal-fired power plants (Esenlik et al., 2006). Calcium sulfoaluminate seems being the dehydration product of ettringite in the studied coal ash. This process also explains minor presence of portlandite; however, carbonate minerals in coal ash might be by-products of carbonation of lime during storage before XRD analysis (Fernandez-Turiel et al., 2004). All these imply that the majority of minerals contained in the studied ash are newly formed minerals during combustion.

The mineralogical composition of coal ash samples will be different than this of the combustion remains of future power plant due to differences in combustion conditions. The identified aluminosilicate and Fe-oxides in the studied coal ash might cause slagging and sintering effects in boilers. The lime/portlandite and Ca-silicate minerals may also cause slagging in boiler and fouling in the cooling system (Fernandez-Turiel et al., 2004; Kostakis, 2011). The slagging and fouling indices were calculated based on the SEM-EDX spectra according to Barraso et al., 2007)

Of note that these measurements are based only on the elemental composition of the scanned area (surface) and do not take into account the thickness of the mounted samples. Therefore, it should be only considered as rough estimation. Nevertheless, the results show that the analysed samples have high slagging and very high fouling tendency (Table 2) (Barrat and Unsworth, 1991; Barraso et al., 2007). Furthermore, anhydrite and other sulphate minerals in the studied coal ash samples could be easily dissolved by rain/surface water from the ash disposal sites. The leachates might also deteriorate the ground- and surface-water quality (Baba et al., 2003). Taking into account that the study area is located at the biggest hydrogeologically closed area, any impact might cause severe environmental problem. Overall, the potential technical and environmental problems could be easily prevented by taking necessary measures such as installing beneficiation system and designing safe ash dumping sites.

Table 2. Slagging and fouling indices in the studied ash residues based on calculation of SEM-EDX spectra surface (indices calculated according to Barraso et al., 2007)

Sample	Slagging indices				Fouling indices		
	Base/acid ratio	Silica ratio	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe/Ca ratio	Si/Al ratio	Fouling index	Total alkali content
DK-1/25	1.36	0.44	13.79	4.04	2.46	2.21	13.92
DK-2/6	0.93	0.55	7.78	2.11	2.96	1.92	12.56
DK-4/1	2.99	0.22	3.70	0.11	2.10	1.58	10.35
DK-7/14	0.47	0.69	11.52	3.28	3.23	0.88	6.96

## ACKNOWLEDGEMENTS

This study constitutes part of the Ph.D. thesis of the first author, which was elaborated under the second author's supervision at University of Patras, Department of Geology. R.G. Oskay acknowledges the Greek State

Scholarship Foundation (IKY) for postgraduate scholarship. Moreover, the authors would like to thank MTA for the permission to sampling from coal cores and the support during sampling as well. Special thanks go

to Dr. Paraskevi Lampropoulou for running the XRD analyses; Dr. Eleni Koutsopoulou for performing the SEM-EDX analyses; and Prof. Dr. Ali İhsan Karayığit for his valuable comments and suggestions during the initial stages of the study.

## REFERENCES

- Baba, A., Kaya, A. and Birsoy, Y.K., 2003. The effect of Yatagan thermal power plant (Mugla, Turkey) on the quality of surface and ground waters. *Water, Air, and Soil Pollution* 149, 93–111.
- Barrat, D.J. and Unsworth, J.F., 1991. The influence of hetero and inorganic components on combustion performance. In: Unsworth, J.F., Barrat, D.J. and Roberts, P.T. (eds.). *Coal quality and combustion performance: an international perspective*. Elsevier, Amsterdam, 459–599.
- Barroso, J., Ballester, J. and Pina, A., 2007. Study of coal ash deposition in entrained flow reactor: assessment of traditional and alternative slagging indices. *Fuel Processing Technology*, 88, 865–876.
- Benson, S.A. and Sondreal, E.A., 1998. Impact of low-rank coal properties on advanced power systems. *Fuel Processing Technology*, 56, 129–142.
- Esenlik, S., Karayığit, A.I., Bulut, Y., Querol, X., Alastuey, A. and Font, O., 2006. Element behaviour during combustion in coal-fired Orhanlı power plant, Bursa-Turkey. *Geologica Acta*, 4, 439–449.
- Fernandez-Turiel, J.-L., Georgakopoulos, A., Gimeno, D., Papastergios, G. and Kolovos, N., 2004. Ash deposition in a pulverized coal-fired power plant after high-calcium lignite combustion. *Energy and Fuels*, 18, 1512–1518.
- Grapes, R., 2006. *Pyrometamorphism*. Springer, Berlin (275 pp).
- Kostakis, G., 2011. Mineralogical composition of boiler fouling and slagging deposits and their relation to fly ashes: The case of Kardias power plant. *Journal of Hazardous Materials* 185, 1012–1018
- Oskay, R.G., Christanis, K., Inaner, H., Salman, M. and Taka, M., 2016. Palaeoenvironmental reconstruction of the eastern part of the Karapınar-Ayrancı coal deposit (Central Turkey). *International Journal of Coal Geology*, 163, 100–111.
- Reifenstein, A.P., Kahraman, H., Coin, C.D.A., Calos, N.J., Miller, G., Uwins, P., 1999. Behaviour of selected minerals in an improved ash fusion test: Quartz, potassium feldspar, sodium feldspar, kaolinite, illite, calcite, dolomite, siderite, pyrite and apatite. *Fuel*, 78, 1449–1461.
- Siavalas, G., Linou, M., Chatziapostolou, A., Kalaitzidis, S., Papaefthymiou, H., Christanis, K., 2009. Palaeoenvironment of Seam I in the Marathousa Lignite Mine, Megalopolis Basin (Southern Greece). *International Journal of Coal Geology*, 78, 233–248.
- Steenari, B.-M., Lindqvist, O., Langer, V., 1998. Ash sintering and deposit formation in PFBC. *Fuel*, 77, 407–417.
- Valentim, B., Białecka, B., Gonçalves, P.A., Guedes, A., Guimarães, R., Cruceiro, M., Catus-Moszkó, J., Popescu, L.G., Predeanu, G., Santos, A.C., 2018. Undifferentiated inorganics in coal fly ash and bottom ash: Calcispheres, magnesiocalcispheres, and magnesiaspheres. *Minerals*, 8, Article Number 140.



## Türkiye’de Hayvansal Atıkların Olası Biyogaz Potansiyeli: Muş Örneği

*Probable Biogas Potential of Animal Waste in Turkey:  
A Case Study from Mus Province*

**Rabia Büşra Teke<sup>1</sup>, Ayşegül Demir Yetiş<sup>1</sup>, Recep Yetiş<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Bitlis Eren Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Bitlis

<sup>2</sup>Bitlis Eren Üniversitesi, Sağlık Hizmetleri MYO, Çevre Sağlığı Bölümü, Bitlis  
(teke\_busra49@hotmail.com)

**Öz:** Bu çalışmada, Muş ili ve ilçeleri için hayvan sayıları kullanılarak oluşan atık miktarlarından biyogaz potansiyeli hesaplanmıştır. Bu biyogaz potansiyelinden üretilebilecek enerji miktarı ve elde edilebilecek yakıt tasarruf miktarları belirlenmiştir. TOB verilerine göre, Muş merkez ve ilçeleri için 2018 yılı ilk 6 aya ait hayvan sayıları büyükbaş, küçükbaş ve kanatlı olmak üzere sırasıyla 353.787, 1.231.115 ve 560.222 adettir. Bu hayvanlardan oluşan atık miktarları hesaplandıktan sonra Agro-Waste projesi kapsamında belirtilen oranlar ile kullanılabilir atık miktarı büyükbaş için 2.285.818 (ton/yıl), küçükbaş için 131.237 (ton/yıl) ve kanatlı (tavuk) için 15.705 (ton/yıl) olarak elde edilmiştir. Muş ili için hayvansal atıklardan üretilebilecek biyogaz miktarı yaklaşık olarak 84,26 milyon m<sup>3</sup>/yıl olarak hesaplanmıştır. Elde edilecek toplam biyogaz ile yaklaşık olarak 175 milyon TL değerinde odundan, 139 milyon TL değerinde doğalgazdan, 123 milyon TL değerindeki elektrikten, 49 milyon TL değerinde kömürden ve 239 milyon TL değerinde gaz yağından tasarruf edilebileceği hesaplanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Biyogaz potansiyeli, hayvansal atık, enerji miktarı, Muş.

**Abstract:**In this study, biogas potential was calculated from the amount of waste generated by using animal counts for Muş and its counties. The amount of energy that can be generated from this biogas potential and the fuel savings that can be obtained are determined. According to the TOB data, the number of bovine, ovine and poultry (chickens) animals belonging to the year 2018 (first 6 months) are 353.787, 1.231.115 and 560.222, respectively for Mus provincial. After calculating the amount of wastes generated from these animals, the amount of waste that can be used with the rates specified in the Agro-Waste Project was 2.285.818 (ton / year), 131.237 (ton / year) and 15.705 (ton / year), respectively. The total amount of biogas that can be produced from animal wastes for Muş province is calculated as 84.26 million m<sup>3</sup> / year and this number of biogas is used as an energy source, approximately 175 million TL worth of wood, 139 million TL worth of natural gas, 123 million TL worth of electricity, 49 million TL worth of coal and 239 million TL worth of gas oil will be saved.

**Keywords:** Biogas potential, animal waste, amount of energy, Mus.

## GİRİŞ

Ülkemiz enerji ihtiyacını genel olarak fosil yakıtlardan karşılamaktadır. Çevreye zararlı olan ve ülkemizi dışa bağımlı hale getiren bu yakıtların kullanımını azaltmak için alternatif enerji kaynakları gereklidir. Bu alternatiflerden biri olan yenilenebilir enerji kaynakların kullanımının yaygınlaştırılması hem ekonomik hem de çevresel açıdan oldukça önemlidir (Topal ve Arslan,2008).

Alternatif enerji kaynakları içerisinde doğa dostu ve zamanla tükenmeyen (yenilenebilir) güneş ve rüzgâr enerjisi daha çok tercih edilmektedir. Son yıllarda yapılan çalışmalara bakıldığında zaman hayvansal atıkların kullanıldığı biyogaz üretim sistemleri ön plana çıkmaktadır (Gümüşçü ve Uyanık,2010). Biyogaz kullanımı, yalnızca enerji olarak değil, aynı zamanda çevreye zarar veren organik kökenli atıkları önleyeceği için de önemlidir. Çünkü biyogaz üretimi sonucunda, ortaya çıkan atıklar çok değerli organik gübreler haline getirilerek, ucuz ve çevre dostu bir enerji kaynağına dönüştürülmektedir (Sancak ve Ark, 2012). Böylece, hem toprak ve su temizliği sağlanmakta, ve hem de doğal denge korunurken, temiz enerji üretimi gerçekleştirilmektedir (Kılıç, 2011). Biyogaz; evsel, endüstriyel, tarımsal ve hayvansal atıkların uygun pH ve sıcaklıkta oksijensiz ortamda mikroorganizmalar tarafından parçalanmaları sonucu elde edilen yanıcı bir gazdır. Metan ( $CH_4$ ) gazı, biyogazın ısı değerini oluşturan ana madde olmakla birlikte içeriğinde; azot ( $N_2$ ), karbondioksit ( $CO_2$ ), amonyak ( $NH_3$ ), hidrojen sülfür ( $H_2S$ ), hidrojen ( $H_2$ ) ve karbon monoksit ( $CO$ ) gazları bulunmaktadır (Çelikkaya,2016). Ülkemizin tarım ve hayvancılıkla uğraşan nüfusunun fazla olması sebebiyle biyogaz potansiyeli çok yüksektir. Genel olarak bakıldığında her yıl elde edilen hayvan atıkları ortalama 1,5 milyon ton petrole karşılık gelmektedir (Çağlayan ve Koçer,2014). Ayrıca ısınma, yemek pişirme, aydınlanma için biyogaz enerjisinin

kullanılması ülke ekonomisine de katkı sağlanmaktadır.

Bu çalışmada; Muş merkez ve ilçelerinde var olan toplam hayvan sayısına göre 2018 yılı 1. Dönemi (ilk 6 ay) için biyogaz ve enerji potansiyeli, gübre ve yakıt tasarrufu hesabı yapılmıştır.

## MATERYAL VE YÖNTEM:

### Çalışma Alanı:

Türkiye'nin Doğusunda yer alan Muş ili  $39^{\circ} 29'$  ve  $38^{\circ} 29'$  kuzey enlemleri ile  $41^{\circ} 06'$  ve  $41^{\circ} 47'$  doğu boylamları arasında yer almaktadır. Orta Fırat Havzası içinde yer alan ilin yüz ölçümü  $8.196 \text{ km}^2$ 'dir. İl merkezi dâhil olmak üzere Muş'un Bulanık, Hasköy, Korkut, Varto, Malazgirt olmak üzere toplamda 6 ilçesi bulunmaktadır (Yıldız ve ark., 2017) Bölgede karasal iklim hâkim olup, temel geçim kaynağı tarım ve hayvancılıktır. İlde, büyükbaş, küçükbaş ve kümes hayvanı yetiştiriciliği yaygın olarak yapılmaktadır. Bunlar arasında küçükbaş hayvan yetiştiriciliği daha yüksek bir orana sahiptir.

### Yöntem:

Bu çalışmada Muş ili ve ilçelerine ait 2018 yılı 1. Dönem hayvan sayıları Tarım ve Orman Bakanlığı'ndan (TOB) alınmıştır. Bu çalışma üç aşamada gerçekleştirilmiştir.

- 1) Toplam atık miktarının hesaplanması,
- 2) Kullanılabilir atık miktarı hesabı,
- 3) Hesaplanan kullanılabilir atık miktarından elde edilebilecek toplam biyogaz miktarı hesabı.

Böylece, Muş'taki 2018 yılının 1. döneminde toplam hayvan sayısından elde edilebilecek; gübre, biyogaz ve enerji potansiyeli hesaplanmıştır.

Toplam biyogaz potansiyelini belirleyebilmek için aşağıdaki kabuller ve araştırma bulguları kullanılmıştır.

*Gübre ile ilgili kabuller (Agro-Waste)*; Büyükbaş hayvanlar için 9.94 ton/yıl, küçükbaş hayvanlar için 0.82 ton/yıl, kanatlı (tavuk) hayvanlar içinse 0.029 ton/yıl gübre elde edildiği ve bu gübrelerden büyükbaş hayvan için % 65, küçükbaş için % 13 ve kümes hayvanları için % 99'u kullanılabilir atık olduğu kabul edilmiştir.

*Biyogaz ile ilgili kabuller (Agro-Waste)*; 1 ton büyükbaş hayvan gübresinden 33 m<sup>3</sup> biyogaz, 1 ton küçükbaş hayvan gübresinden 58 m<sup>3</sup> biyogaz, 1 ton kanatlı (tavuk) hayvan gübresinden 78 m<sup>3</sup> biyogaz elde edildiği kabul edilmiştir (Başçetinçelik 2006; Yetiş ve ark. 2018).

*Biyogazın elektrik enerjisine ve diğer yakıtlardan elde edilen enerjiye eşdeğeri olarak yapılan kabuller*; 1 m<sup>3</sup> biyogazın ısı miktarı ayrı-ayrı; 0.63 litre gaz yağı, 3.47 kg odun, 0.43 kg bütan gazı, 4.7 kWh elektriğe ve 0.8 litre benzin verebileceği ısı miktarına eş değerdir ( Altıkat ve Çelik 2012; Baran ve ark. 2017).

## BULGULAR VE TARTIŞMA

Muş ili ve ilçelerinde büyükbaş, küçükbaş ve kanatlı hayvan sayılarının dağılımı Tablo 1'de gösterilmektedir. Buna göre il geneline bakıldığında; en fazla büyükbaş hayvan sayısı Bulanıkta, en fazla küçükbaş ve kanatlı hayvan sayısı ise merkez ilçesinde bulunmaktadır. Ayrıca en az büyükbaş hayvan sayısı Hasköy, en az küçükbaş sayısı Malazgirt ve en az kanatlı hayvan sayısı da korkut ilçelerinde bulunmaktadır.

Tablo 1. Muş merkez ve ilçelerine ait hayvan sayıları (TOB, 2018).

Cins (Adet)	Büyükbaş	Küçükbaş	Kanatlı
Bulanık	126.201	172.376	91.500
Hasköy	23.376	80.914	37.830
Korkut	24.741	112.448	9.241
Malazgirt	71.566	67.860	155.671
Merkez	75.745	558.619	178.701
Varto	32.158	238.898	87.279
<b>TOPLAM</b>	<b>353.787</b>	<b>1.231.115</b>	<b>560.222</b>

Çalışma kapsamında Muş ilinin büyükbaş, küçükbaş ve kanatlı hayvan sayıları göz önüne alınarak ilin hayvansal atık potansiyeli ve kullanılabilen atık miktarları hesaplanmıştır. Buna göre kullanılabilen atık miktarları büyükbaş, küçükbaş ve kanatlı hayvan sayılarına göre sırasıyla 2.285.818 ton/yıl, 131.237 ton/yıl ve 15.705 ton/yıl'dır. Toplamda kullanılabilen atık miktarı ise 2.432.760 ton/yıl olarak hesaplanmıştır. Buna göre Muş ili ve ilçelerinin hayvancılıktan elde edilebilecek biyogaz potansiyelinin %90'unu büyükbaş, %9'unu küçükbaş ve %1'lik kısmını ise kanatlı hayvanlar oluşturmaktadır.

İlçe bazında bir değerlendirme yapıldığında ise büyükbaş hayvanlardan elde edilebilen yıllık biyogaz potansiyelinin en fazla olduğu ilçe Bulanık, en az olduğu ilçe ise Hasköy ilçesidir. Küçükbaş hayvandan elde edilebilen yıllık biyogaz potansiyelinin en fazla olduğu ilçe Merkez, en az olduğu ilçe Malazgirt'tir. Kanatlı hayvandan elde edilen yıllık biyogaz potansiyeli en fazla merkez ilçesi olup potansiyelin en düşük olduğu ilçe Korkut ilçesidir.

1 m<sup>3</sup> biyogaz ele alındığında 5000 kcal enerji elde edilebilmekte olup; diğer yakıtlarla karşılaştırılması yapıldığında 4.70 kWh elektrik, 1.46 kg kömür, 0.62 L gazyağı, 3.47 kg odun, 1.18 m<sup>3</sup> doğalgaz ile eşdeğerdir (Gümüşçü ve

Uyanık,2010). Toplam biyogaz miktarını diğer yakıtlardaki eşdeğer karşılığı Tablo 2’de verilmiştir.

2018 yılının 1 dönemine ait verilere göre yıllık üretilen 84,26 milyon m<sup>3</sup>biyogazın enerji eşdeğerindeki diğer yakıtlara tekabülü TL he-

saplanmıştır. Buna göre biyogazın üretimi ve kullanılmasıyla diğer enerji kaynaklarından, en yüksek maliyetli yaklaşık 239 milyon TL değerinde gazyağı ile en düşük maliyetli 49 milyon TL değerinde kömür yakıtından tasarruf edileceği hesaplanmıştır.

Tablo 2. Toplam biyogaz miktarının diğer enerji kaynakları ile karşılaştırılması

İlçeler	Biyogaz (m <sup>3</sup> )	Doğalgaz (m <sup>3</sup> )	Elektrik (kWh)	Kömür (kg)	Gazyağı (L)	Odun (kg)
Bulanık	28.112.632	33.172.905	132.129.369	41.325.569	17.710.958	97.550.832
Hasköy	5.571.979	6.574.935	26.188.302	8.190.809	3.510.347	19.334.768
Korkut	5.991.754	7.070.270	28.161.244	8.807.878	3.774.805	20.791.386
Malazgirt	16.038.994	18.926.013	75.383.271	23.577.321	10.104.566	55.655.309
Merkez	20.017.627	23.620.800	94.082.847	29.425.912	12.611.105	69.461.166
Varto	8.535.753	10.072.188	40.118.038	12.547.557	5.377.524	29.619.062

Bu çalışmada Muş ilinde yetiştiriciliği yapılan hayvan sayılarının 2018 yılı 1. dönemi için biyogaz, enerji potansiyeli ve yakıt tasarrufu hesabı yapıma yoluna gidilmiştir. Biyogaz potansiyeli büyükbaş hayvanda 75.431.988 m<sup>3</sup>/yıl, küçükbaş hayvanda 7.611.738 m<sup>3</sup>/yıl ve kanatlı hayvanlarda 1.225.013 m<sup>3</sup>/yıl olarak hesaplanmıştır. Toplam olarak Muş’da hayvansal atıklardan üretilebilecek olası biyogaz miktarı yaklaşık olarak 84,26 milyon m<sup>3</sup>/yıl olarak tespit edilmiştir. Bulanık ilçesinin hayvan sayısının fazla olmasından dolayı biyogaz potansiyeli 26 milyon m<sup>3</sup>/yıl değeri ile en yüksek olduğu ilçedir. Elde edilecek toplam biyogaz kullanılır ise yaklaşık olarak 239 milyon TL değerinde gazyağı ile en düşük maliyetli 49 milyon TL değerinde kömür yakıtından tasarruf edilecektir. Böylelikle ithal edilen fosil enerji yakıtlarına karşılık alternatif bir enerji çeşidi olarak hayvan katı-atıkları güvenli bir şekilde bertaraf edilerek çevre sorunları azaltılmış olacaktır. Ayrıca biyogaz üretiminden arta kalan organik malzeme ise gübre olarak kullanılacaktır.

## KAYNAKLAR

Topal, M., Arslan, E., Aralık (2008). Biyokütle Enerjisi ve Türkiye. VII. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, UTES’2008, 17-19 Aralık 2008.

Gümüşçü M., Uyanık S., (2010). Güneydoğu Anadolu Bölgesi Hayvansal Atıklarından Biyogaz ve Biyogübre Eldesi. Tesisat Mühendisliği (MMO), 16 (118), s. 59-65.

Sancak, A. Zan, Sancak, K.,Demirtaş, M.,-Dönmez, D.,Aygören, E.,Kalanlar, Ş.,Arslan, S. Türkiye’de Büyükbaş Hayvansal Atıklardan Biyogaz Üretim Potansiyeli. Tarım Ve Ekonomi Kongresi, 3-5- EYLÜL 2014.

Kılıç, Ç. F., 2011. Biyogaz, Önemi, Genel Durumu Ve Türkiye’deki Yeri. Mühendis ve Makina • Cilt: 52 Sayı: 617 Sayfa: 94-106.

Çelikkaya H. (2016) Biyogaz. Fırat Kalkınma Ajansı, Elazığ, Türkiye.

Çağlayan, G. H., KOÇER, N.N. 2014. Muş İlinde Hayvan Potansiyelinin Değerlendirilerek Biyogaz Üretiminin

Araştırılması. Muş Alparslan Üniversitesi  
Fen Bilimleri Dergisi, cilt 2 no 1, s. 215-220

Yıldızı. Ş., KOÇ, i., Yardım, E.N. , 2017.  
Muş İlindeki Bazı Meraların Nematod Fauna  
Yapısının İncelenmesi. YYÜ Tarım Bilimleri  
Dergisi, 27(2): 197-203, s. 197 – 203

Altıkat, S. ve Çelik, A. (2012). Iğdır İlinin  
Hayvansal Atık Kaynaklı Biyogaz Potansiyeli  
Biogas Potential from Animal Waste of Iğdır  
Province. Iğdır Üni. Fen Bilimleri Enst. Der,  
2(1), 61-66

Baran, M. F., Lüle, F. ve Gökdoğan, O.  
(2017). Adıyaman İlinin Hayvansal Atık-  
lardan Elde Edilebilecek Enerji Potansiyeli  
Energy Potential Can Be Produced by Ani-  
mal Waste of Adıyaman Province. Türk Tarım  
ve Doğa Bilimleri Dergisi, 4(3), 245-249.

Başçetinçelik A. 2006. A Guide On Exploi-  
tation of Agricultural Residues in Turkey.  
Agro-Waste Exploitation Of Agricultural  
Residues in Turkey Project, EU- Life Prog-  
ramme Project, Project No: LIFE03 TCY/  
TR/000061

TOB, 2018. Tarım ve Orman Bakanlığı ilk  
dönem (6 aylık) verileri.

Demir Yetiş A., Yetiş R, 2018. Biogas Po-  
tential from Animal Waste: A Case Study for  
Sanliurfa Province. VI. International GAP  
Engineering Congress, 08-10 Novemver,  
Sanliurfa.



**GELECEĞİN YERBİLİMCİLERİ / GEOSCIENTIST OF THE FUTURE**

Kadir DİRİK - Halil KUMSAR -Tolga OYMAN - Osman PARLAK

---

***Sözlü Sunumlar/Oral Presentations***

---

***TAM METİN BİLDİRİLER/***

***PROCEEDINGS***







## İscehisar (Afyonkarahisar) Yöresindeki Menekşe (Pavonazzetto) Mermer Ocaklarının Mineralojik-Petrografik Özelliklerinin İncelenmesi

*Investigation of Mineralogical-Petrographic Properties of Menekşe (Pavonazzetto) Marble Quarries in Iscehisar (Afyonkarahisar) Region*

**Gurbet Sarıdaş<sup>1</sup>, Metin Bağcı<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Afyon Kocatepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü,  
Afyonkarahisar  
(metbagci@gmail.com)

**Öz:** İnsanlık için vazgeçilmez bir unsur olan mermerler tarih boyunca inşaat, kaplama ve mimari gibi çok farklı amaçlar için kullanılmıştır. Özellikle İscehisar (Docimium) ve Marmara (Prokonnenos) mermerleri M.Ö. II. Yüzyılda Roma İmparatorluğu döneminde önemli mermer merkezlerinden olmuşlardır. Batı Anadolu’da geniş alanlar kaplayan Menderes Masifi, Tavşanlı Zonu, Afyon Zonu gibi tektonik birlikleri içinde farklı renk ve dokuya sahip çok sayıda mermer türü bulunmaktadır. Afyon Zonu metamorfik serilerini mikaşist, kalkışist, kuvarsit, metakonglomera ve mermerler oluşturmaktadır. Temel kayaçların üzerine uyumsuz olarak Mesozoyik yaşlı kalın tabakalı gri, beyaz renklere sahip olan kireçtaşları yer almaktadır. Beyaz, sarı, gri, menekşe gibi renk tonlarında görülen mermerlerde foliasyon düzlemleri belirgin olup, Afyon metamorfikleri içinde 2 mercek şeklinde bulunur. Mermer yatakları genellikle şistler ve metakonglomeralar üzerinde yüzeylenirler. İscehisar Mermerleri renk, doku ve buldukları seviyelere göre alt, orta ve üst olmak üzere 3 ayrı grupta toplanmıştır. Buna göre; alt seviyede koyu ve açık gri renklerde, orta seviyede ince taneli beyaz, sarımsı beyaz renkli ve üst seviyede ise mor, menekşe renkli mermer türleri yer almaktadır. Bu çalışmanın amacı, İscehisar (Docimium) yakınılarında bulunan taş ocaklarından çıkarılan Menekşe (Pavonazzetto) mermerinin tüm kimyasal, mineralojik ve petrografik karakterizasyonlarını belirlemektir.

**Anahtar Kelimeler:** Pavonazzetto mermer, Mineraloji, Menekşe mermerleri, İscehisar, Afyonkarahisar.

**Abstract:** Marbles, which are indispensable for humanity, have been used throughout history for many different purposes such as construction, covering and architecture. Especially, Iscehisar (Docimium) and Marmara (Prokonnenos) marbles became important marble centers during the Roman Empire at BC. II. century. There are many marble types of different colors and textures within the tectonic units such as the Menderes Massif, the Tavşanlı Zone and the Afyon Zone. The metamorphic series of the Afyon Zone consist of micaschist, calcschist, quartzite, metaconglomerata and marbles. Mesozoic aged thick bedded gray and white colored limestones unconformably overlie the basement rocks. Foliation planes are seen in marbles with white, yellow, gray and violet color tones and they are present as 2 lenses in Afyon metamorphics. Marble deposits are generally exposed on schists and metaconglomerates. Broken and cracked structures are quite evident in marbles. İscehisar marbles are divide into 3 groups according to their color, texture and level. According to this; dark and light gray colors at the lower level, medium white, yellowish white marble at the middle level and fine purple, violet

marble at the upper level are observed. The aim of this study is to determine chemical, mineralogical and petrographical features of Menekşe (Pavonazzetto) marble extracted from quarries near İsehisar (Docimium).

**Keywords:** Pavonazzetto marble, mineralogy, violet marbles, İsehisar, Afyonkarahisar.

## GİRİŞ

Batı Anadolu'da Menderes Masifi, Tavşanlı Zonu, Afyon Zonu gibi belli başlı tektonik birlikler içinde farklı renk ve dokusal özellikler gösteren birçok mermer yatağı bulunmaktadır. Mermer yatakları antik dönemden günümüze kadar önemi kaybetmeden değerini korumuştur (Kibici ve diğ., 2001; Kuşcu ve diğ., 2001). İsehisar Mermerleri başta Avrupa ülkeleri olmak üzere birçok ülkeye gerek işlenmiş gerekse ham blok mermer olarak satışı yapılmıştır. Mermerlerde yapılan çok sayıda analiz yöntemi bulunmaktadır. Son yıllarda en çok kullanılan yöntemlerin başında mineralojik-petrografik ve jeokimyasal analizlerin kullanıldığını birçok üretilen bilimsel çalışmada görülmektedir (Herz, 1987; Antonelli ve diğ., 2009; Yavuz ve diğ., 2005b; Origlia ve diğ., 2012). Bu amaçla, mikroskopik incelemeler, optik mikroskopi, X-ışınları difraktometre ve taramalı elektron mikroskobu (SEM) araştırmaları neticesinde mermerlerin kimyasal-mineralojik karakterizasyonu belirlenecektir.

## MATERYAL ve METOT

Bu çalışmada, Menekşe renkli mermerlerin mineralojik-petrografik, jeokimyasal özellikleri ve oluşumunu ortaya koymak amacıyla, farklı seviyelerden 8 örnek toplanmıştır. Örneklerin mineralojik ve petrografik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla, Afyon Kocatepe Üniversitesi Teknoloji Uygulama Araştırma Merkezi'nde yer alan (AKÜ-TUAM) Shimadzu XRD-6000 model X-ışını kırınımı (XRD) cihazı ile Jeol-6400 taramalı elektron mikroskobu kullanılmıştır. Sem çalışmaları için taze yüzeyli örnekler karbonla kaplanmış ve

morfolojik çalışmalar ve mikro kimyasal analizler için incelenmiştir. Polarize mikroskop çalışmalarında Leica DM 2500P model mikroskop kullanılmıştır.

## BULGULAR

### İnceleme Alanını Jeolojisi

İnceleme alanının en yaşlı birimlerini kuvarsmuskovit-serisit, kuvar-albit-klorit şist, meta kumtaşı-meta konglomera, mermer ve kalkıştillerden oluşan Afyon metamorfitleti oluşturmaktadır (Metin vd. 1987). *İsehisar mermerleri* beyaz, sarımsı, bej, boz renkli, kalın tabakalı olup, beyaz, gri, alacalı, krem renkli, kalın-çok kalın tabakalanmalı, büyük bloklar verebilen, ince kristalli mermer grubunda yer alır. Mermerler Afyon Metamorfitleti içersinde mercek şeklinde bulunurlar. Kalınlığı en fazla 300 metre kadardır. Birim İsehisar ilçe merkezinin güneyinde, KB-GD doğrultusu boyunca 6 km. uzunluğunda 1,5 km. genişliğindeki bir alanda yayılım sunarlar (Şekil 1). Mermerlerin üzerine uyumsuzlukla Mezesoyik yaşlı Işıklar Kireçtaşı yer alır. Bu birimin üzerine Neojen yaşlı Gebeceler Formasyonu gelir. Formasyon, beyaz, grimsi beyaz renkli, altta tuf-tüfit-marn, killi kireçtaşları, kumtaşı ve aglomeralardan oluşan *Özburun* marn üyesi, süt beyaz, krem renkli, peri bacaları gibi aşınım şekilleri oluşturan Seydiler tuf ve aglomerası ile en üstte killi ve silis ara bantlı, sert, mikritik karakterli Akpınar Kireçtaşı üyesinden meydana gelir. Gebeceler formasyonun üzerine, literatürde Köroğlu Volkanikleri olarak isimlendirilen trakit, traki andezit ve bazalt türü kayalar yer almaktadır. Alüvyon'lar, Akarsu yataklarında, havza içinde, ovalarda biriken kum,

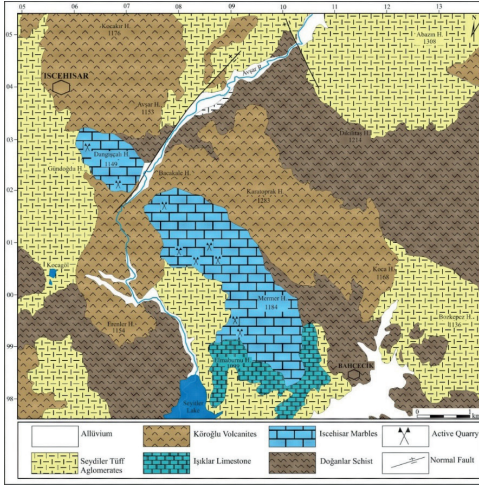
çakıl, mil türü tutturulmuş güncel çökellerdir (Kibici vd. 2001).

## Menekşe mermerlerin mineralojik ve petrografik özellikleri

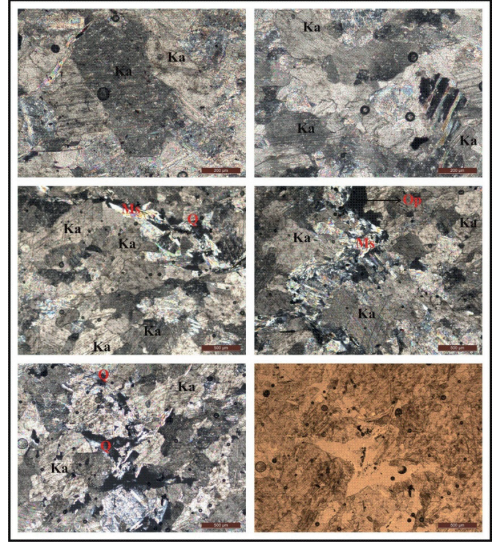
### Polarizan mikroskop incelemeleri

Afyon menekşe mermerine ait polarizan mikroskop görüntüleri verilmiştir. Afyon menekşe mermerinin polarizan mikroskop incelemeleri sonucunda gronoblastik dokulu ve

kalsit ve kuvars minerallerinden oluştuğu ve gözlenmiştir. Kalsit minerallerin de polisentetik (pijama) ikizlenme gözlenmiştir. Tane boyutu ise ortalama yaklaşık 400-500 µm civarında olduğu ve Kun (2000) tane boyutu sınıflamasına göre orta taneli mermerler içerisinde yer aldığı tespit edilmiştir (Şekil 2).



Şekil 1. İnceleme alanının jeoloji haritası (Metin vd. 1987).



Şekil 2. Afyon menekşe mermerine ait polarizan mikroskop görüntüleri (Ka: Kalsit, Ms: Muskovit, Op: Opak Mineral, Q: Kuvars)

### XRD analizi incelemeleri

Çalışma kapsamında XRD analiz yöntemi ile mineralojik özelliklerinin incelenmesi için çalışma yapılan menekşe renkli mermerleri temsil edecek şekilde her seri 3'er adet öğütülmüş numune alınmıştır. Öğütülmüş deney numunelerinin Afyon Kocatepe Üniversitesi Teknoloji Uygulama ve Araştırma

Merkezin de Shimadzu marka XRD-6000 model XRD cihazıyla 2° ve 70° arasında çekim yapılmıştır. Kalsitik mermerler sınıfında yer alan Afyon menekşe mermerlerinin XRD sonuçlarına göre, kalsit, kuvars ve mika minerallerinin pik verdiği belirlenmiştir.

### Taramalı elektron mikroskop (SEM EDX) analizi incelemeleri

Mermerlere ait önemli topografik ve kompozisyon bilgileri taramalı elektron mikroskop (SEM EDX) kullanılarak edilebilir (Bugini ve diğ., 2000; Fassina, V., 1995). Ayrıca, dijital işleme SEM'den elde edilen görüntülerin

belirlenmesi gözeneklilik gibi mikro yapının özellikleri (Mossot, ve diğ., 1998; Cardell ve diğ., 2002) ya da yüzey pürüzlülüğü gibi özellikler belirlenmektedir. Menekşe renkli emmerlerde yapılan Sem incelemelerinde ana mineral olarak kalsit kristalleri blirlenmiş, kalsitlerin genel olarak öz şekilli ve alterasyon emaresi göstermediği görülmüştür. Yapılan Nokta kimyasal analiz taramalarında ( EDX) mermerlerin ağırlıklı olarak CaO, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SiO<sub>2</sub> ve K<sub>2</sub>O ve çok az oranda Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> içerdikleri belirlenmiştir.

## SONUÇLAR

İscehisar Menekşe renkli mermerler, Paleozoyik yaşlı Afyon Metamorfiklerini oluşturan şist, kuvarsit türü kayaçların üst seviyelerinde yer alan mermer istifin taban kesimini oluşturmaktadırlar. Mermerler genellikle menekşe, yeşil ve açık sarı renklerde yer yer breşik yapı göstermektedirler. Mermerlerin mineralojik bileşiminde genel olarak Kalsit, Kuvars ve Mika gibi minerallerin bulunduğu gerek polarizan çalışmalarında gerekse XRD çekimlerinde belirlenmiştir. Granoblastik doku gösteren menekşe renkli mermerlerde yapılan tane boyutu ölçümlerinde mermerlerin ortalama tane boyutlarının 400-500 µm olduğu tespit edilmiştir.

## KATKI BELİRTME

Arazi çalışmaları sırasında mermer ocak işletmelerinde çalışmalarımıza izin veren tüm firmalara teşekkür ederiz.

## KAYNAKLAR

Metin, S., Genç, Ş. ve Bulut, V., 1987. Afyon ve Dolayının Jeolojisi, M.T.A. Rapor No:8103, (Yayınlanmamış), Ankara.

N. Herz, 1987. Carbon and oxygen isotopic ratios: a database for classical Greek and Roman marble, *Archaeometry*, 29: 35-43.

Fassina V. 1995. New findings on past treatments

carried out on stone and marble monuments' surfaces. *Sci Total Environ*, 167:185-203.

Mossotti VG, Eldeeb AR, Oscarson R. 1998. MORPH-1, A software package for the analysis of scanning electron micrograph (binary formatted) images for the assessment of the fractal dimension of enclosed pore surfaces. U.S. Geological Survey, p. 98-248. [Open file report]

Bugini R, Laurenzi Tabasso M, Realini M., 2000. Rate of formation of black crusts on marble. A case study. *J Cult Herit*, 1:111-6.

Kibici, Y., Yıldız, A., Bağcı, M., 2001. "Afyon Kuzeyinin Jeolojisi ve Mermer Potansiyelinin Araştırılması", Türkiye III. Mermer Sempozyumu (Mersem'2001) Bildiriler Kitabı, Afyon, 73-84.

Kuşçu, M., Bağcı, M., Yıldız, A., 2001. "Afyon Mermer Endüstrisi ve Türkiye Mermer Sektöründeki Konumu", Türkiye III. Mermer Sempozyumu (Mersem'2001) Bildiriler Kitabı, Afyon, 361-368.

Cardell C, Yebra A, Van Grieken R. 2002. Applying digital image processing to SEM-EDS and BSE images to determine and quantify porosity and salts with depth in porous media. *Microchim Acta* 140(1-2):9-14.

A.B. Yavuz, N. Turk, M.Y.M Koca, 2005. Geological parameters affecting the marble production in the quarries along the Southern Flank of the Menderes Massif, Turkey, *Eng. Geol.* 80: 214-241.

F. Antonelli, L. Lazzarini, S. Cancelliere, D., 2009. Dessandier, Mineropetrographic and geochemical characterisation of "greco scritto" marble from Cap de Garde near Hippo Regius (Annaba, Algeria), *Archaeometry* 151 3: 351-365.

Origlia, F., Gliozzo, E., Gandin A., Meccheri, M., Spangenberg, JE, memmi, IT., 2012. Marbles and carbonate rock from central Morocco: a petrographic, mineralogical and geochemical study, *Environmental earth Sciences* 66: 209-222.





## Döğer (Afyonkarahisar) Bölgesi İgnimbiritlerinin Hafif Beton Malzemesi Olarak Kullanılabilirliği

*The Usability of Ignimbrites from Döğer (Afyonkarahisar) Province as Light Weight Concrete Material*

Raziye Özkara<sup>1</sup>, Gökhan Görhan<sup>2</sup>, Ahmet Yıldız<sup>1</sup>, Can Başaran<sup>1</sup>

<sup>1</sup>AKÜ Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü ANS Kampüsü Afyonkarahisar

<sup>2</sup>AKÜ Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü ANS Kampüsü Afyonkarahisar

(raziyee1994@gmail.com)

**Öz:** Bu çalışma Döğer (Afyonkarahisar) Kasabası'ndaki ignimbiritlerin hafif yapı malzemesi olarak kullanılabilirliğinin belirlenmesi amacıyla yapılmıştır. Döğer kasabası ve çevresinde yer alan ignimbiritler İscehisar, Bayat ve İhsaniye ilçeleri arasında geniş yayılım sunmakta olup, süt beyaz-krem renkli ve çok kalın tabakalanma göstermektedir. Polarizan mikroskop incelemelerinde camsı matriks içinde bol miktarda pomza, kayaç ve kristal parçaları belirlenmiştir. Kayaçtaki kristalleri kuvars, sanidin, plajiyoklas, ortoklas ve biyotit mineralleri oluşturmaktadır. X-ışınları kırınımı (XRD) incelemelerinde başlıca plajiyoklas, kuvars, alkali feldspat, mika ve kristobalit/opal-CT mineralleri ile az oranda simektit, kalsit ve hematit mineralleri belirlenmiştir. Jeokimyasal analiz sonuçlarına göre örnekler riyolitik bileşime sahiptir. Hafif beton örneklerin hazırlanması için agrega örnekleri çimentoyla karıştırılmış, beton kalıplara dökülmüş, vibrasyon yöntemiyle sıkıştırılmış, laboratuvarında 1 gün dinlendirilerek kür işlemleri için su tankında bekletilmiştir. Çalışmada iki farklı beton serisi kullanılmıştır. Porozite, su emme, birim hacim ağırlık, görünür yoğunluk ve basınç dayanımı sonuçlarına göre, hazırlanan beton örneklerinin hafif beton sınıfında yer aldıkları ve hafif beton olarak kullanılabilir özelliklere sahip oldukları görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** İgnimbirit, Hafif beton, Döğer, Afyonkarahisar.

**Abstract:** This study was carried out to determine the usability of ignimbrite as a lightweight building material in Döğer-Afyonkarahisar. The ignimbrites, located in Döğer and surroundings, have a wide spread occurrence between İscehisar, Bayat and İhsaniye districts, are white and cream colored and shows very thick bedded layers. In polarizing microscopy studies, abundant amount of pumice, rock and crystal fragments in the glassy matrix were observed. The crystals in the rock consist of quartz, sanidine, plagioclase, orthoclase and biotite. In the X-ray diffraction (XRD) analysis plagioclase, quartz, alkali feldspar, mica and cristobalite / opal-CT minerals and smectite, calcite and hematite minerals were determined. According to the results of the geochemical analysis, the samples have rhyolitic composition. For the preparation of lightweight concrete samples, aggregate samples were mixed with cement, poured into concrete molds, compressed by vibration method, kept in laboratory for 1 day and kept in water tank for curing process. Two different concrete series were used in the study. According to the results of porosity, water absorption, unit weight, apparent density and compressive strength it was determined that the concrete samples are in the light concrete class and have suitable properties to be used as light concrete.

**Keywords:** Ignimbrite, Light weight concrete, Döğer, Afyonkarahisar.

## GİRİŞ

Binalarda ısı yalıtımı son yıllarda yapılarda aranan en önemli özelliklerin başında gelmektedir. Isı yalıtımı, ekonomik yönden ve ısı konforu açısından geri kazanımlar sağlayabilmesi yönünden oldukça önemli bir kavramdır ve ısı yalıtımında kullanılan birçok malzeme bulunmaktadır. Bu malzemeler içerisinde ısı yalıtım özelliklerine sahip kâgir duvar elemanları (gazbeton, bims blok v.s.) ile farklı ısı yalıtım malzemeleri (XPS, EPS, v.b.) örnek gösterilebilir (Çolakoğlu, 2004). Bu çalışmanın amacı Afyonkarahisar ilinin 62km kuzeyinde bulunan Döğer Kasabası'ndaki ignimbiritlerin hafif yapı malzemesi olarak kullanılabilirliğinin belirlenmesidir.

## İNCELEME ALANININ JEOLojİSİ

İnceleme alanının temelini Paleozoyik yaşlı Afyon metamorfikleri oluşturmaktadır. Formasyon, Doğanlar şistleri ve İscehisar mermerlerinden meydana gelmektedir. Temel kayaçların üzerine uyumsuzlukla Orta-Üst Miyosen yaşlı Köroğlu volkanitleri gelmiştir. Birim, Seydiler ignimbiriti ile Karakaya lavından oluşmaktadır. Üst Miyosen yaşlı Köroğlu volkanitleri bölgedeki volkanizmanın son ürünlerdir. Kuvaterner yaşlı alüvyonlar ise inceleme alanındaki en genç birimler olarak göze çarpmaktadır (Şekil 1) (Metin vd., 1987; Tolluoğlu vd., 1997).

İscehisar, Bayat ve İhsaniye ilçeleri arasında geniş yayılım sunan birim, Erkan vd. (1996), kuzey volkanitleri içerisinde değerlendirmiş ve Seydiler ignimbiriti olarak adlandırılmıştır. Araştırmacılar Seydiler ignimbiritini stratigrafik olarak değişik seviyelere ayırmış ve birimin alt seviyelerinde ayrışmanın daha fazla gözlemlendiğini belirtmişlerdir. Araştırmacılara göre birim, yaklaşık 1100km<sup>2</sup>lik alanda yayılım sunmaktadır. Genellikle süt beyaz ve krem renkli olup, çok kalın tabakalanmalar gösterir. Kolay aşınabilen peri bacaları gibi aşınım şekilleri oluşturdukları için bölgede hemen dikkati çekmektedir. Aglomera düzeyleri tüflerle

yanal ve düşey geçişler göstermektedir.

## MATERYAL VE METOT

Çalışmada kullanılan ignimbirit örnekleri Döğer Kasabası'ndaki doğaltaş ocağından alınmış olup, hafif betonların üretiminde agrega olarak bölgeye ait ignimbirit örnekleri bağlayıcı malzeme olarak da CEM I 42.5 R tipi çimento kullanılmıştır.

Hafif betonların üretiminde kullanılan agregaların mineralojik-petrografik incelemeleri polarizan mikroskop ve X-ışınları kırınımı (XRD) analizleriyle gerçekleştirilmiştir. Kimyasal analizler ACME laboratuvarında (Kanada) ICP-MS cihazı kullanılarak yapılmıştır. Agregaların fiziksel özellikleri TS EN 1097-6; agregaların elek analizleri ise TS 3530 EN 933-1 nolu Türk Standartları Enstitüsü'nün standartlarına göre yapılmıştır.

Hafif betonların hazırlanmasında örnekler pan mikserde karıştırılmıştır. Hafif beton karışımları TS 802 nolu standarda göre yapılmıştır. Pan mikserde hazırlanan karışımlar, 10 x 10 x 10 cm'lik plastik beton kalıplara dökülmüş ardından da vibrasyon yöntemiyle sıkıştırılmıştır. Bir gün laboratuvar ortamında bekletilen örnekler kalıplardan alınmış ve vakit kaybetmeden kür işlemlerinin gerçekleştirilmesi amacıyla su tankına yerleştirilmiştir. Çalışmada iki farklı beton serisi üretilmiş olup kullanılan malzemeler ve uygulanan reçete Çizelge 1'de gösterilmiştir.

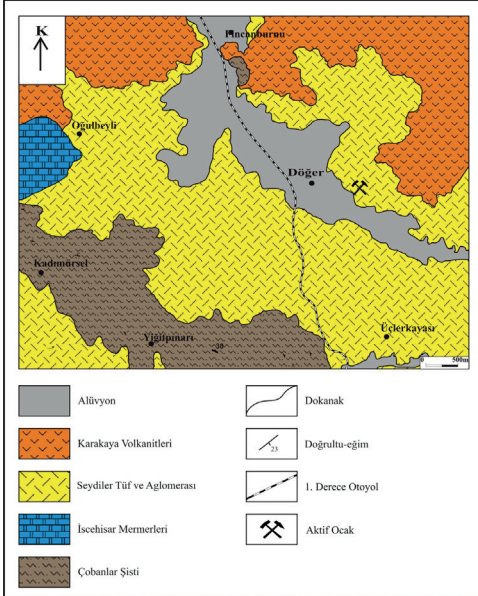
Çizelge 1. Kullanılan malzemeler ve karışım oranları (kg/m<sup>3</sup>).

Malzeme	D1	D2
Çimento	408750	398000
Su	324953.75	582000
Akışkanlaştırıcı	4000 (süper akışkanlaştırıcı) Flucon 274 W	4000 (Uktraton PF 62) (Hiper akışkanlaştırıcı)

İri	274000	432000
Orta	548000	432000
İnce	548000	216000

Hafif Beton örneklerin üretiminde iki tip akışkanlaştırıcı katkı kullanılmış olup bunlar; süper akışkanlaştırıcı Fluicon 274 W ve hiper akışkanlaştırıcı UKTRATON PF 62 kimyasal katkıları kullanılmıştır.

Örnekler üzerinde 7 günlük kür işlemlerinin tamamlanmasının ardından numuneler su tankından alınarak fiziksel özellikleri Arshimed prensibine göre belirlenmiştir. Bu testlerde ilgili betonların; görünen porozite, görünür yoğunluk, birim hacim ağırlık ve ağırlıkça su emme oranları belirlenmiştir. Ardından numuneler TS EN 12390-3 [X]'e basınç dayanım testine tabi tutulmuştur. Tüm testler 7 günlük örnekler üzerinde gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.1. İnceleme alanının jeolojik haritası (Metin vd., 1987'den değiştirilerek alınmıştır).

## BULGULAR

### İgnimbiritlerin Mineralojisi ve Petrografisi

Polarizan mikroskop incelemelerinde ignimbirit örneklerinin camsı matriks içinde bol miktarda pomza, kayaç ve kristal parçaları içerdiği gözlenmiştir. Kayaçtaki kristalleri kuvars, sanidin, plajiyoklas, ortoklas ve biyotit mineralleri oluşturmaktadır. Hamurda metapelit türü metamorfik kaya parçaları yer almaktadır. X-ışınları kırınımı (XRD) yönteminde ignimbirit örneklerinin başlıca plajiyoklas (Pl), kuvars (Qtz), alkali feldspat (Kfs), mika (Mca) ve kristobalit/opal-CT (Crs-Opl) minerallerinden meydana geldiği belirlenmiştir. Ayrıca örneklerde simektit (Sme), kalsit (Cal) ve hematit (Hem) minerallerine rastlanmıştır.

### İgnimbiritlerin Jeokimyası

İgnimbirit örneklerinin jeokimyasal bileşiminin belirlenmesi ve bunların kimyasal adlanmasının yapılabilmesi için inceleme alanındaki ignimbirit örneklerinin kimyasal analiz sonuçları Winchester ve Floyd (1977) tarafından geliştirilen Nb/Y-Zr/TiO<sub>2</sub> diyagramına yerleştirilmiştir. Nb/Y-Zr/TiO<sub>2</sub> diyagramına göre örneklerin tamamının riyolitik bileşimli oldukları ve kimyasal bileşim olarak homojen bir yapıda buldukları görülmüştür.

### Fiziksel ve Mekanik Test Sonuçları

Hafif betonlardan elde edilen fiziksel özellikler ile basınç dayanım değerleri Çizelge 2''de verilmiştir. Elde edilen bulgular incelendiğinde her iki beton serisinin de hafif beton sınıfında olduğu görülmüştür (TS EN 206-1). Bununla birlikte üretilen hafif betonların su emme ve özgül ağırlıklarının oldukça düşük seviyelerde yer aldığı belirlenmiştir.

Hafif betonların basınç dayanım değerleri dikkate alındığında ise elde edilen değerlerin



tatmin edici seviyede oldukları ve D2 serisi örneklerinden 35.2 MPa basınç dayanım değerleri elde edildiği tespit edilmiştir. Her iki hafif beton serisi örneklerinden elde edilen basınç dayanım değerlerine göre ilgili örneklerin yapılarda taşıyıcı beton olarak kullanılabilir oldukları belirlenmiştir.

Çizelge 2. Hafif betonlarda ölçülen su emme, görünen porozite, birim hacim ağırlık, görünür yoğunluk ve basınç dayanımı sonuçları.

Örnek	Görünen porozite (%)	Su emme (%)	Birim hacim ağırlık (kg/m <sup>3</sup> )	Görünür yoğunluk (kg/m <sup>3</sup> )	Basınç dayanımı (MPa)
D1	4.9	2.8	1775.4	1866.9	21.1
D2	2.1	1.1	1836.4	1875.2	35.6

## SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Çalışmada kullanılan ignimbirit agregalarının yoğunlukları ilgili standarda göre hafif agrega sınıfında yer almaktadır. Bununla birlikte bu agregalar kullanılarak üretilen hafif betonlardan elde edilen basınç dayanım değerleri açısından ve TS EN 206-1 ile gerekli düzeltme katsayıları kullanılarak; D1 örnekleri LC 16/18, d2 örnekleri ise LC 25/28 hafif beton sınıfında yer almaktadır.

## KATKI BELİRTME

Arazi çalışmaları sırasında desteklerini esirgemeyen Alimoğlu Mermer Sanayi ve Ticaret A.Ş.'ne teşekkür ederiz.

## KAYNAKLAR

Çolakoğlu, A., 2004. Binalarda ısı yalıtımlı dış siva yapılabirliğinin araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, SDÜ FBE, 142s, Isparta.

Erdoğan, T. Y., 2003. Beton, ODTÜ Yayınları 760s, Ankara

Erkan, Y., Bayhan, H., Tolluoğlu, A.Ü. ve

Aydar, E. 1996. Afyon yöresi metamorfik ve volkanik kayaların jeolojik, petrografik ve jeokimyasal incelemesi. TÜBİTAK Projesi, No: YBAG-0044/DPT, 243s, Ankara.

Metin, S., Genç, S., ve Bulut, V., 1987. Afyon ve yakın dolayının jeolojisi. M.T.A. Rapor No: 2113, Ankara.

Onaylı, S., 2002. Binalarda ısı yalıtımı ve son teknolojik gelişmeler. SDÜ Fen Bilimleri Dergisi, s: 1-19.

Şimşek, O., 2007. Beton bileşenleri ve beton deneyleri, Seçkin Yayıncılık, 334s, Ankara.

Tolluoğlu, A. Ü., Erkan, Y., Sümer, E. Ö., Boyacı, M. N., Yavaş, (Bektaş), F., 1997, Afyon Metasedimanter Grubunun Mesozoyik Öncesi Metamorfik Evrimi, Türkiye Jeoloji Bülteni, C. 40, Sayı 1, 1-17.

TS 3530 EN 933-1. Agregaların Geometrik Özellikleri İçin Deneyler-Bölüm 1: Tane Büyüklüğü Dağılımı Tayini-Eleme Metodu TSE. 1999. Ankara

TS 802. Beton Karışımı Hesap Esasları TSE. 1985. Ankara

TS EN 206-1 Beton-Bölüm 1: Özellik, Performans, İmalat ve Uygunluk TSE. 2002. Ankara

TS EN 1097-6 Agregaların Mekanik ve Fiziksel Özellikleri İçin Deneyler Bölüm 6: Tane Yoğunluğu ve Su Emme Oranının Tayini TSE. 2002. Ankara

TS EN 12390-3 Beton-Sertleşmiş Beton Deneyleri- Bölüm 3: Deney Numunelerinde Basınç Dayanımının Tayini TSE. 2003. Ankara

Winchester, J.A. ve Floyd, P.A., 1977. Geochemical discrimination of different magma series and their differentiation products using immobile elements. Chemical Geology, 20, 325-343.



## Avrupa Jeopark Ağı Kurucu Jeoparklarının Öne Çıkan Yerbilimsel Özellikleri

### *The Prominent Geoscientific Characteristics of the Founder Geoparks of the European Geopark Network*

**Hilal Yılmaz<sup>1</sup>, Mehmet Akbulut<sup>1</sup>, Ökmen Sumer<sup>1</sup>, Hülya İnaner<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup>Dokuz Eylül Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 35390 Buca-İzmir/TÜRKİYE

<sup>2</sup>JEMİRKO-Jeolojik Mirası Koruma Derneği, 06570, Ankara, Turkey

(yilmaz.hilal@ogr.deu.edu.tr)

**Öz:** 2000 yılında Yunanistan'ın Lesvos (Midilli) adasında deklare edilen "Avrupa Jeoparklar Ağı" oluşumunun kuruluşunda dört adet jeopark yer alır. Daha sonra genişleyen bu ağın temelini oluşturan bu kurucu jeoparklar sırasıyla: Fransa'dan Haute-Provence Jeolojik Koruma Sahası, İspanya'dan Maestrazgo Kültür Parkı, Yunanistan'dan Lesvos Taşlaşmış Ormanı (Lesvos Fosilleşmiş Ağaç Ormanı Doğa Tarihi Müzesi, Midilli Adası) ve Almanya'dan Vulkaneifel Jeoparkı'dır. Bu jeoparklardan ilk ikisinde özellikle anıtsal sedimantolojik-paleontolojik-tektonik unsurlar ön plana çıkarken, diğer ikisinde ise yine benzer şekilde dikkat çekici volkanizma ürünü yapılar ve taşlaşmış orman gözler önüne serilmektedir. Türkiye'nin ilk ve şimdilik tek Avrupa Jeoparkı olan Kula Volkanik Jeoparkı'nda özellikle çok karakteristik volkanik unsurların varlığı ile ikinci gruptaki jeoparklara büyük benzerlik sunar. Bu çalışmada bahsi geçen jeoparkların ana jeolojik öğeleri aktarılmaya çalışılmıştır. Bu şekilde bir Avrupa jeoparkının ne tip jeolojik öğeler barındırdığı ve bu öğelerin doğru ve tam şekilde belgelendirilmesinin öneminin vurgulanması hedeflenmektedir.

**ANAHTAR Kelimeler:** Avrupa kurucu jeoparkları, Haute-Provence, Lesvos, Maestrazgo, Vulkaneifel, jeolojik özellikler

**Abstract:** There are four geoparks incorporated in the foundation of the body of the European Geopark Network (EGN). The founder geoparks, which form the basis of this later extended network, are namely: the Reserve Géologique de Haute-Provence (France), the Maestrazgo Cultural Park (Spain), the Petrified Forest of Lesvos (Natural History Museum of the Lesvos Petrified Forest, Island of Lesvos-Greece) ve Vulkaneifel Geopark (Germany). The former two of these four geoparks distinguishes especially with their monumental sedimentological-paleontological-tectonic elements, whilst the latter two presents with their significant volcanism and petrified forest. The first and currently single European Geopark of Turkey also shows great resemblance with this second group with the existence of extremely characteristic volcanic features. Main geological elements of these geoparks are tried to be commented in this study. This way, we aim to underline the types of geological elements a European geopark has and importance of correct and full documentation of these elements.

**Keywords:** European founder geoparks, Haute-Provence, Lesvos, Maestrazgo, Vulkaneifel, jeolojik özellikler

## GİRİŞ

Avrupa Jeoparkları, aynı veya farklı jeolojik konulardaki jeositlerin birarada bulunduğu ve bunların korunması ve tanımı yoluyla sürdürülebilir yerel kalkınmaya önemli katkı sağlamayı hedefleyen, ve Avrupa Birliği girişimleri ile de günümüzde yaygın ve etkili bir “Avrupa Jeoparklar Ağı” haline gelmiş olan bir bölgesel coğrafik alanlar ve müzeler topluluğudur. Avrupa Jeoparkı konsepti ilk defa 1996’da Pekin’de gerçekleştirilen 30. Uluslararası Jeoloji Kongresinde ortaya atılmıştır (cf. Zouros, 2004). Bu konsept çerçevesinde Avrupa’da hali hazırda 69 adet jeopark bulunmaktadır (Şekil 1). Bu parklar arasındaki kurucu 4 jeopark gerek jeolojik yapıları gerekse jeopark oluncaya kadar geçen süre boyunca attıkları adımlar öncü niteliğindedir. Bu 4 kurucu park; (1) Fransa’dan Haute-Provence Jeolojik Koruma Sahası, (2) Almanya’dan Vulkaneifel Jeoparkı, (3) Yunanistan’dan Lesvos Taşlaşmış Ormanı (Lesvos Fosilleşmiş Ağaç Ormanı Doğa Tarihi Müzesi, Midilli Adası) ve (4) İspanya’dan Maestrazgo Kültür Parkı’dır (Şekil 1). Bu jeoparklar 2000 yılında Yunanistan’ın Midilli adasında “Avrupa Jeoparklar Ağı”nın (European Geoparks Network) oluşumunu deklare etmişlerdir (Zouros, 2004).

Bu çalışmada günümüzde Avrupa dışından yer alan 71 diğer jeoparkında katılımıyla 38 ülkeden 140 Jeoparkın oluşturduğu “Küresel Jeopark Ağı”nın (Global Geoparks Network-GGN) bir parçası haline gelmiş olan ve bu ağın temellerini oluşturan dört jeoparkın temel jeolojik varlıklarının tanıtılması ve özetlenmesi amaçlanmaktadır. Bunlardan Haute-Provence ve Maestrazgo Jeoparkları anıtsal görünüme sahip sedimanter kayalar, stratigrafik ve yapısal ögeler ve fosil ve iz fosiller üzerine kurulu konseptlerdir. Vulkaneifel ve Lesvos Jeoparkları ise volkanizma ürünleri ve volkanizmanın koruduğu fosilleri barındırmakta ve daha çok volkanik tarihçe-

nin hikayesini baz alan jeoparklardır. Bu ikinci grup içinde yer alan jeoparklar Türkiye’nin ilk ve şimdilik tek Avrupa Jeoparkı olan Kula Volkanik Jeoparkı ile de büyük benzerlik taşır. Bu jeoparkların barındırdıkları jeolojik ögelerin doğru ve tam şekilde belgelendirilmesi önemlidir.

## SEDİMENTER/PALEONTOLOJİK VE TEKTONİK UNSURLARIN ÖN PLANA ÇIKTIĞI KURUCU JEOPARKLAR

### Haute-Provence Jeolojik Koruma Sahası (Fransa) (1)

Haute-Provence jeoparkı, 2100 km<sup>2</sup>’lik ve 33.000 üzerinde nüfusa sahip bir alanı kapsamaktadır. Jeopark Tetis okyanusunun kuzey kenarında çökelmiş ve sonrasında Alpin orojenezinden etkilenmiş çökel toplulukları barındırır (Pagès, 2009). Haute-Provence jeopark alanının jeolojisi Permiyen’den günümüze kadar uzanan bir zaman aralığında oluşmuş bir tortul istiften ibaret olup, çok sayıda fosilce zengin jeosit ve sedimantolojik/tektonik öneme sahip jeolojik yapı barındırmaktadır (cf. Giraud & Martini, 2009). Bu jeositlerden en başlıcaları parkın orta noktasında bulunan Ammonit içerikli kireçtaşları, kuş ayak izleri içeren kumtaşları, Ichthyosaurus ve Hydrophthèque fosil lokaliteleri ve Miyosen yaşlı karasal ve deniz tortullarının deformasyonu sonucu oluşmuş Le Vélodrome senklinalidir. Özellikle Ammonit içerikli kireçtaşları 320 km<sup>2</sup>’lik bir yüzlekte çapları 60 cm’yi bulan 1500’ün üzerinde form içerir (Giraud & Martini, 2009).

### Maestrazgo Kültür Parkı (İspanya) (4)

Maestrazgo Jeopark alanı da 270 000 hektarlık yayılım alanı içinde özellikle Mesozoyik istifleri ve bunlarda gözlenen yapısal ögeler (temelde kıvrımlar), fosiller ve dinazor ayak izleri gibi paleontolojik olarak ilgi çekici buluntuların vurgulandığı bir jeopark alanıdır (cf. Simón and Abril, 2009). Bu kül-

tür parkı İber Yarımadası'nın Mesozoyik – Senozoyik jeolojik evrimi için bir laboratuvar niteliğindedir (GGN, internet sitesi). Maestrazgo Kültür Parkı'nın batı kenarında Aliaga Jeoparkı yer alır. Bu alanda genelde Mesozoyik sedimenter kayalar, dalga boyları 1 km – 10 km arasında değişen birçok değişik geometride üst üste bükülmüş toka tipi (Superposed buckle folding) kıvrımlanma gösterirler (Simón, 2004). Dinazor ayak izleri ve özellikle Sauropod ve Stegosaur fosilleri ise Jurasik – Kretase yaşlı sedimenter kayalar üzerinde yada içinde bulunur (Alcalá vd. 2016). Bu alanda yapılan paleontolojik çalışmalarda Jurasik yaşlı Villar del Arzobispo Formasyonu içinde ismini İber Yarımadası'ndan alan *Deltapodus ibericus* gibi yeni türler de tespit edilmiştir (Cobos vd., 2014).

### **VOLKANİZMA VE VOLKANİK UNSURLARIN ÖN PLANA ÇIKTIĞI KURUCU JEOPARKLAR**

#### **Vulkaneifel Jeoparkı (Almanya) (2)**

Volkanizma kökenli jeolojik yapıların ön plana çıktığı ve vurgulandığı Vulkaneifel Jeoparkı'nda bazıları oldukça görkemli olan 350'nin üstünde volkanik çıkış merkezi yer almaktadır (cf. Kazancı, 2006; Schüller, 2009). Devoniyen'den günümüze kaya yüzleklerini de içeren parkta özellikle Orta Devoniyen'in katı olan Eyfeliyen'e ismini veren denizel fauna içerikli sedimenter kayalar bulunur (Bitschene & Schüller, 2011). Fakat jeopark asıl Kuvaterner volkanizması ürünleri ile ön plana çıkan oluşumlarıyla ünlüdür (Kazancı, 2006). Bu oluşumlardan en önemlileri son aktivitesini yaklaşık 10000 yıl önce gerçekleştirmiş Almanya'daki en genç Ulmen Maar'ı ve Gillenfeld'teki yaklaşık 1 km çapına sahip 72 metre su derinliği olan Pulver Maar'ıdır. (Schüller, 2009).

#### **Lesvos Taşlaşmış Ormanı (Lesvos Fosilleşmiş Ağaç Ormanı Doğa Tarihi Müzesi,**

#### **Midilli Adası, Yunanistan) (3)**

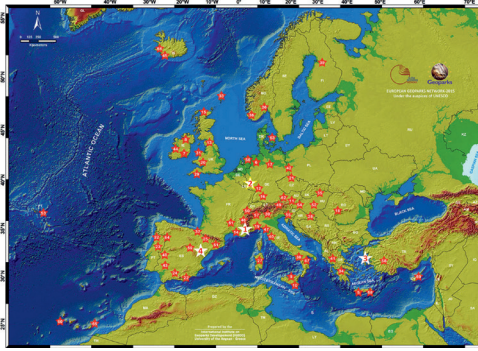
Volkanizma ve eş zamanlı bitki yaşamının bir arada izlenebildiği Lesvos Jeoparkı, yaklaşık 20 milyon yıl öncesine ait volkanik aktivite sonucu gelişen kül ve piroklastik akma çökellerinin yoğun ormanlık alanı örtmesiyle oluşmuş silisleşmiş ağaç fosillerinin ön planda olduğu bir jeoparktır (Zouros, 2009). Toplam 30 hektarlık bir alanı kapsayan jeopark içindeki bu silisleşmiş orman alanı 15 hektarın üzerindedir (Zouros, 2004). Bu alanda yapılan sistematik kazılar 1997 yılından beri sürmektedir (Velitzelos & Zouros, 1998). Bu silisleşmiş ağaçların ayakta dik duran ve 7.02 metrelik gövde boyuna sahip olanı, şuna kadar Avrupa tespit edilen en uzunudur (Zouros, 2009). Bu alanda yapılan paleontolojik çalışmalarda Erken Miyosen yaşlı Skoutaros Formasyonu içinde bir çok mikromemeli (rodent) faunası lokaliteside tespit edilmiştir (Vasileiadou & Zouros, 2012).

### **SONUÇLAR VE TARTIŞMA**

Bu çalışma kapsamında Avrupa Jeopark Ağının kurucu jeoparklarının jeolojik öğelerinin özellikleri özetlenmiştir. Bu özetle, jeoparkların ilan edilmek istendiği bölgelerdeki jeolojik varlıkların doğru ve tam bir dokümantasyonunun önemine dikkat çekilmesi amaçlanmıştır.

Avrupa Jeoparkı veya UNESCO Küresel Jeoparkı tanım olarak: “uluslararası jeolojik önem taşıyan bütünsel bir koruma, eğitim ve sürdürülebilir kalkınma konsepti içinde yönetilen bütünleşik coğrafik alan” olarak tanımlanmaktadır (UNESCO, 2016). UNESCO Küresel Jeoparklarında jeolojik miras, bölgenin doğal ve kültürel diğer miras öğeleri ile bağlantılı şekilde toplumu ilgilendiren anahtar sorunlar hakkında (iklim değişikliği, kaynakların etkin kullanımı vb.) farkındalığın ve anlayışın artırılması için kullanılır (UNESCO, 2016). Bunun temeli olan jeolo-

jik dökümantasyonun jeoparklar için önemi büyüktür. Türkiye'nin ilk ve şimdilik tek jeoparkı olan Kula Volkanik Jeoparkında da bu tip çalışmalar detaylı şekilde gerçekleştirilmiştir. UNESCO'ya önerilecek yeni jeopark önerilerinde de benzer şekilde jeolojik arka planın konuların uzmanları olan yer bilimciler tarafından doğru ve eksiksiz olarak tamamlanması ve bu çalışmaların detaylı olarak derlenmesi gelecekte de büyük önem taşıyacaktır.



Şekil 1. Avrupa Jeopark Ağı içerisindeki mevcut 69 Jeoparkın konumu ve kurucu dört Jeopark. (1) Fransa'dan Haute-Provence Jeolojik Koruma Sahası, (2) Almanya'dan Vulkaneifel Jeoparkı, (3) Yunanistan'dan Lesvos Taşlaşmış Ormanı (Lesvos Fosilleşmiş Ağaç Ormanı Doğa Tarihi Müzesi, Midilli Adası) ve (4) İspanya'dan Maestrazgo Kültür Parkı (beyaz yıldızlar). Şeklin kaynağı için GGN internet sitesine bakınız.

## KATKI BELİRTME

Bu konunun öneminin vurgulanması adına yaptığı öneri dolayısıyla Jeolojik Mirası Koruma Derneği (JEMİRKO) başkanı ve UNESCO Türk Millî Komitesi üyesi, Prof. Dr. Nizamettin Kazancı'ya teşekkür ederiz.

## KAYNAKLAR

Alcalá, L., Xing, L., Cobos, A., Zhang, J., 2016. Dinosaur tracksites in Teruel (Spain)

and Yanqing (China). In: Baucon, A., Neto de Carvalho, C., Rodrigues, J. (Eds.), *Ichnia* 2016: abstract book, pp. 290-291.

Bitschene P., Schüller, A., 2011. Geo-education and geopark implementation in the Vulkaneifel European Geopark. *The Geological Society of America Field Guide* 22, 29-34.

Cobos, A., Lockley, M.G., Gascó, F., Royo-Torres, R., Alcalá, L., 2014. Megatheropods as apex predators in the typically Jurassic ecosystems of the Villar del Arzobispo Formation (Iberian Range, Spain). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 399, 31-41.

Giraud, S. And Martini G., 2009. Réserve Géologique de Haute Provence. 300 millions years of the story of the Earth. In: Zouros, N. (Ed.), *European Geoparks*. Natural History Museum of Lesvos Petrified Forest, Sigri Lesvos, Greece, pp. 33.

GGN (Global Geoparks Network). <http://www.globalgeopark.org/homepageaux/tupai/6515.htm>

Kazancı, N., 2006. Jeoparklar ve Nitelikleri. In: *Geçmişten Geleceğe Köprü Ynaık Ülke Kula Sempozyumu*, 1-3 Eylül 2006, Kula, pp. 73-81

Pagés J.-S. (2009). *The GeoPark of Haute-Provence, France - Geology and palaeontology*

protected for sustainable development.- In: Lipps, J.H. & Granier B.R.C. (Eds.), *PaleoParks – The protection and conservation of fossil sites worldwide.- Carnets de Géologie/Notebooks on Geology*, Brest, Book 2009/03, Chapter 03, 29-34.

Schüller, A., 2009. Vulkaneifel European Geopark. En route in the county of maars and volcanoes. In: Zouros, N. (Ed.), *European*



Geoparks. Natural History Museum of Lesvos Petrified Forest, Sigri Lesvos, Greece, pp. 37

Simon, J.L., 2004. Superposed buckle folding in the eastern Iberian Chain, Spain. *Journal of Structural Geology*, 26, 1447-1464.

Simon, J.L. and Abril, J., 2009. Maestrazgo Cultural Park. An Inseparable mix of Culture and Nature. In: Zouros, N. (Ed.), *European Geoparks. Natural History Museum of Lesvos Petrified Forest, Sigri Lesvos, Greece*, pp. 45.

UNESCO, 2016. *UNESCO Global Geoparks. Celebrating Earth Heritage, Sustaining Local Communities*. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, Paris, France. (15 pp)

Vasileiadou, K., Zouros, N., 2012. Early Miocene micromammals from the Lesvos Petrified Forest (Greece): preliminary results. *Palaeobiodiversity and Palaeoenvironments*, 92, 249-264.

Velitzelos, E., Zouros N., 1998. New results on the petrified forest of Lesvos. *Proceedings of the 8th International Congress of Geological Society of Greece, Bulletin of the Geological Society of Greece*, vol.XXXII/2, 133-142.

Zouros, N., 2004. The European Geoparks Network. *Geological heritage protection and local development. Episodes*, 27(3),165-171.

Zouros, N., 2009. The Petrified Forest of Lesvos. Unique Natural Mounument. In: Zouros, N. (Ed.), *European Geoparks. Natural History Museum of Lesvos Petrified Forest, Sigri Lesvos, Greece*, pp. 41.



**HİDROJEOLOJİ, SU KAYNAKLARI VE YÖNETİMİ**  
***HYDROGEOLOGY, WATER RESOURCES AND THEIR MANAGEMENT***  
Mehmet EKMEKÇİ - Müfit Şefik DOĞDU - Ayla BOZDAĞ  
Harun AYDIN - Antonio CHAMBEL

---

***Sözlü Sunumlar/Oral Presentations***

---

***TAM METİN BİLDİRİLER/***  
***PROCEEDINGS***







## Antalya-Boğaçay Projesinin Yeraltı Sularına ve Konyaaltı Plajına Olası Olumsuz Etkileri

### *Potential Negative Impacts of Antalya-Boğaçay Project on the Groundwater and Konyaaltı Beach*

Ahmet Apaydın<sup>1</sup>, Ahmet Hamdi Sargın<sup>2</sup>, Ali Keleş<sup>3</sup>, Toros Özbek<sup>4</sup>,  
Cansu Karadeniz<sup>4</sup>

<sup>1</sup>DSİ 5. Bölge Müdürlüğü-Ankara

<sup>2</sup>DSİ Genel Müdürlüğü-Ankara

<sup>3</sup>JMO Antalya Şubesi-Antalya

<sup>4</sup>JMO Genel Merkezi-Ankara

(aapaydin@dsi.gov.tr)

**Öz:** Antalya Büyükşehir Belediyesi tarafından Konyaaltı sahilinde Boğaçay boyunca bir kanal açılarak denizin 750 m karaya sokulması, bir yat limanı inşası ve Boğaçay havzasında değişik aktiviteleri içeren ve “çılgın proje” olarak tanımlanan bir proje başlatılmıştır. Proje uygulandığında tuzlu su girişi nedeniyle Boğaçay akiferi tuzlanacak, Hurma kaynağı olumsuz etkileyecek, kazılarla yeraltı suyu açığa çıkarılarak kirlenmeye ve buharlaşmaya açık hale gelecektir. Taşkınlarla getirdiği malzemeyi Akdeniz’e boşaltarak kıyı erozyonuna karşı bir denge unsuru olan Boğaçay’ın sahil ile buluşması engellenerek, kıyı erozyonu hızlanacaktır. Ayrıca, Konyaaltı sahiline yat limanı inşa edilmesi ile Konyaaltı plajının 1.5 km’lik kısmı yok olacaktır. Yetkililerin açıklamasına göre sadece yatak ıslahı için 1.6 milyar doların üzerinde bir harcama gerektirmektedir. Üzerinde yeteri kadar düşünmeden, uzmanların görüşlerine başvurulmadan, bütün çevresel yönleriyle araştırılıp halkın onayı alınmadan uygulamaya konan bu proje geri dönülmez sorunları beraberinde getirecektir.

**Anahtar Kelimeler:** Boğaçay Projesi, Antalya Büyükşehir Belediyesi, tuzlu su girişi, kıyı erozyonu, Konyaaltı plajı

**Abstract:** The Boğaçay Project, started by Antalya Metropolitan Municipality, contains construction of a channel 750 m long for sea invasion along the Boğaçay river bed, construction a marina and many sites and buildings for various activities. The project is called as “crazy project” by the mayor. When the project is applied, degradation of the groundwater will occur due to saltwater intrusion, Hurma spring will be adversely affected and groundwater will be exposed to evaporation and pollution. Boğaçay river is a balance against coastal erosion with sediment transport to the coast. But the erosion will be accelerated by preventing the Boğaçay to transport the sediments in front of the beach. 1.5 km of the Konyaaltı beach will be removed with the construction the marina. According to the project owner 1.6 billion dollars is needed only for the channel rehabilitation. The project, which is put into practice without considering the opinion of the experts, without investigation of all environmental effects and without the approval of the people, may be resulted in irreversible problems.

**Keywords:** Boğaçay Project, Antalya Metropolitan Municipality, saltwater intrusion, coast erosion, Konyaaltı beach

## GİRİŞ

Bu çalışmada, Antalya Büyükşehir Belediye Başkanı tarafından “çılgın proje” olarak tanıtılan Boğaçay Projesinin özellikle yeraltı suları ve Konyaaltı sahil plajına olumsuz etkileri irdelenmektedir. Boğaçay Projesi; Antalya kentinin batısında Konyaaltı sahilini geçerek denize boşalan Boğaçayı yatağında kazı yapılarak denizin 750 m karaya sokulması ve Boğaçay boyunca film setleri, eğlence merkezleri, yaşam alanları vb. inşaatları kapsamaktadır. 2017 yılında başlayan ilk etap inşaatı, 2018 yılı Ekim ayında son aşamaya gelmiştir.

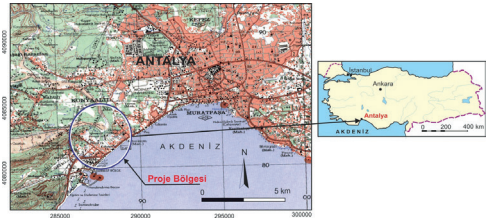
Projenin çevreyi olumsuz etkileyeceği gerekçesiyle Jeoloji Mühendisleri Odası başta olmak üzere bazı meslek odalarından ve sivil toplum örgütlerinden gelen eleştiriler üzerine projede revizyona gidilmek durumunda kalmıştır. İlk revizyon, Boğaçay içinde yapılacak yat limanının sahile, büyük limanın doğusuna alınmasıdır. Ancak, Konyaaltı plajının bir bölümünü yok edileceği gerekçesiyle eleştiriler devam etmiştir. Yeraltı sularının tuzlanması konusundaki eleştiriler devam ederken, bir süre sonra yapılan açıklama ile denizin içeri sokulmayacağı belirtilmiştir. Ancak kazı çalışmalarında 2018 Eylül ayı itibarıyla deniz seviyesinin 2.5 m altına inildiği görülmüştür.

## PROJE ALANININ TANITILMASI

Boğaçay Projesi, Antalya şehir merkezinin 7 km batısında, Boğaçay’ın Akdeniz’e döktüğü bölgededir (Şekil 1). Projenin çevresel etkilerini incelemek amacıyla yapılan bu çalışma, doğuda Konyaaltı plajı ile batıda Antalya Limanı ve kuzeyde Hurma Mahallesi arasında kalan bölgeyi kapsamaktadır.

Çalışma alanındaki en önemli akarsu Boğaçay’dır.

Boğaçay, kuzeyden gelen Göksu ve batıdan gelen Çandır çayının denize, yani Konyaaltı sahiline 2 km kala birleşmesiyle oluşan, kurak mevsimde akış göstermeyen, çoğunlukla yağışlarla akışa geçen ve sık sık taşkınlara neden olan bir akarsudur. Boğaçay’ın toplam yağış alanı ~830 km<sup>2</sup>’dir. Proje sahasında, yazları sıcak ve kurak, kışları ılık ve yağışlı Akdeniz iklimi hüküm sürmektedir. 1929-2013 yılları arasındaki Antalya meteoroloji istasyonu verilerine göre yıllık ortalama yağış 1063.7 mm, 1930-2013 yılları arasındaki ölçüm verilerine göre, yıllık ortalama sıcaklık 18.6 °C, 1962-2013 yılları arasında yapılan gözlemlere göre yıllık ortalama potansiyel buharlaşma 1816.6 mm’dir. Havzanın yükseklerinde 500-600 mm olan yıllık ortalama yağış, sahile doğru artarak Boğaçay ovasında 1100 mm’ye ulaşmaktadır.



Şekil 1. Çalışma alanının bulduru haritası

## JEOLOJİ-HİDROJEOLOJİ

### Genel Özellikler

Boğaçay ve kollarının havzanın orta ve yüksek kesimlerden aşınma ve taşınma süreçleriyle getirdikleri kırıntı malzemenin eğimin düştüğü ovada çökmesi sonucu oluşan Boğaçay alüvyonunun kuzeyi ve doğusunda Antalya Travertenleri (Poisson 1977), batı, kuzeybatı ve güneybatısında Antalya Naplarına ait Alakırçay Grubu birimlerinden Tekedağı Formasyonuna (Şenel, 1997a) ait kireçtaşları, radyolarit, çört ve şeyllerden oluşan Tesbihli Formasyonu (Kalafatçıoğlu, 1973), yer yer

konglomera, kireçtaşı, killi-kumlu kireçtaşı bant ve mercekli, yer yer bazik volkanit ara düzeyli kumtaşı, silttaşı ve kiltaşlarından oluşan Çandır Formasyonu ve plaket görünümü, mikrit ve çörtlü mikritlerden oluşan Gökdere Formasyonu (Kalafatçioğlu, 1973) bulunmaktadır. Bir kıyı akiferi olan alüvyon Konyaaltı sahili boyunca uzanan plaj kumları altından Akdeniz'e doğru dalmaktadır. Ova ve yakın çevresinde en önemli hidrojeolojik birimler alüvyon, traverten ve kireçtaşlarıdır.

### **Boğaçay Alüvyon Akiferi**

Toplam yayılım alanı 50 km<sup>2</sup>'ye ulaşan akifer, kum, çakıl, blok ve kil boyutlu malzemeden oluşmuştur. Boğaçay Ovasında DSİ tarafından 1970'li yıllarda açılan sondaj kuyularına göre alüvyon kalınlığı 20-42 m, verim 19-54 l/s arasındadır. 1990'lı yıllarda Çakırlar bölgesinde açılan kuyularda ise 60 m'ye varan kalınlık ve 90 l/s'ye ulaşan yüksek verimler elde edilmiştir. Boğaçay ovası sahilinde açılmış olan kuyular alüvyon tabanına kadar ulaşmamakta, ancak daha kuzeyde açılan kuyular ve jeofizik verilere göre alüvyon kalınlığının 60-70 m'ye ulaştığı tahmin edilmektedir. Boğaçayı alüvyon akiferi yağıştan ve akarsulardan beslenmektedir. Boğaçayı'nın kolları olan Çandır ve Karaman çayları alüvyonu beslemektedirler. Hurma kaynaklarının beslenme bölgesinde Çandır vadisi alüvyonu ile kaynakları boşaltan kireçtaşları (Teke dağı formasyonu) hidrolik bağlantılı olup, alüvyon kireçtaşını beslemektedir. Boğaçayı alüvyonu, doğuda ve kuzeyde Antalya travertenleri ile de dokanak halindedir. Alüvyona göre daha yüksek kotta bulunan travertenler Karaman çayı bölgesinde alüvyonu içten beslemektedir (Şekil 2).

DSİ tarafından yapılan güncel hidrojeolojik çalışmaya (DSİ, 2017) göre havzada 132 hm<sup>3</sup>/yıl işletme rezervi bulunmaktadır. 2017 yılı sonu itibarıyla 30.5 hm<sup>3</sup>/yıl tahsis yapılmıştır.

Boğaçay alüvyonu ve ilişkide olduğu akiferlerde yeraltısuyu kalitesi sulamaya ve çoğunlukla içmeye uygundur. DSİ (1977) çalışmasında su kalitesi açısından bir sorun olmadığı belirtilmektedir. Kuyulardan alınan örneklerde elektriksel iletkenliğin 420-700 µS/cm, pH'mın 7-8.3, sertliğin 17-35 °Fr arasında değiştiği ve sulama suyu sınıfının C<sub>2</sub>S<sub>1</sub> olduğu tespit edilmiştir. Bölgedeki kuyulardan 2017 yılında yine DSİ tarafından (DSİ, 2017) alınan örneklerin büyük bölümü ABD Tuzluluk Diyagramına göre C<sub>2</sub>S<sub>1</sub> ve Wilcox Diyagramı'na göre "çok iyi-iyi" ve "iyi kullanılabilir" sulama suyu sınıfındadır.

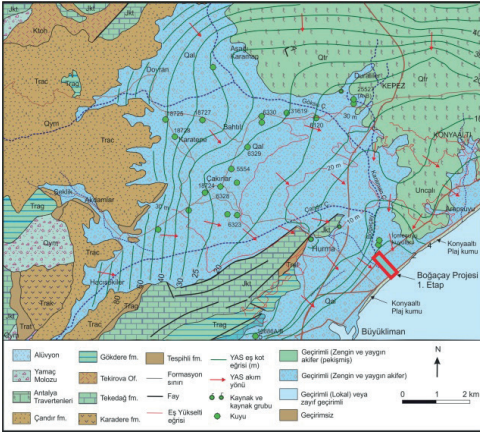
### **İçmesuyu Kuyuları Koruma Alanları**

Konyaaltı ilçesinin su ihtiyacının % 90'ını karşılayan Boğaçay kuyularından (3 keson ve 2 sondaj) günde 38000 m<sup>3</sup> su çekilmektedir. Derinliği 30 m olan kuyuların zemin kotu 6-8 m ve yeraltısuyu kotu 3.5-5 m'dir. Pompaj tesisleri 28 Aralık 2009 tarih ve 27446 sayılı Resmi Gazetede yayınlanarak yürürlüğe giren "Antalya Boğaçay Kaynağı İçme Suyu Kuyuları Koruma Alanı İlanı" ile koruma altına alınmıştır.

### **PROJENİN ÇEVREYE OLASI ETKİLERİ**

#### **Tuzlusu Su Girişimi**

Proje ile deniz seviyesi altına kadar kazı yapılarak denizin 750 m içeri sokulması halinde, mevcut tuzlu su kaması karaya doğru ilerleyecektir. Su tablası eğiminin projenin uygulanması öncesindeki doğal halini aynen koruyacağı kabul edildiğinde, kuyuların ortasında tuzlu su kamasının derinliği 38-40 m civarında olacaktır. Kuyular çalıştığında tuzlu su hem yatay, hem de yukarı doğru hareket ederek tuzlu su çekilmiş olacaktır.



Şekil 2. Boğaçay ovası hidrojeoloji haritası üzerinde Boğaçay Projesi 1. Etapı (kanal)

### Yeraltısuyunun Açığa Çıkarılması

Projede, 750 m uzunluk ve 260 m genişliğindeki bir alanda 660 bin m<sup>3</sup> kazı yapılması ve deniz seviyesinin 1.5 m altına inilmesi planlanmış, ancak uygulamada 2.5 m derine inilmiştir 2018 yılı Ağustos ve Eylül ayında yapılan incelemede kazının ve sedde imalatının büyük ölçüde tamamlandığı ve kazılan alanda yeraltısuyunun açığa çıkarılarak göl oluşturulduğu görülmüştür.

### Konyaaltı Plajında Kıyı Erozyonu

Sahil bölgelerinde kıyı dengesini bozan ve kıyı erozyonuna neden olan yapay faktörlerin en önemlileri; kıyıdan kontrolsüz bir şekilde kum-çakıl alınması, kıyıyı besleyen malzemenin kıyıya ulaşmasının engellenmesi (kıyıya yakın bölgelerde akarsu yatağından malzeme alınması ve kıyıya yakın bölgelere baraj yapılması) ve bilinçsiz kıyı yapısı inşa edilmesi sonucu kıyıdaki sediman rejiminin bozulmasıdır (Dipova, 2016). Bazı sahillerde dalgaların aşındırmasına karşı akarsuların getirdiği malzeme bir denge oluşturur. Antalya kentinin batısına doğru sahil boyunca 7.5 km uzanan ve Antalya'nın turizm potansiyeli için çok önemli olan, aynı zamanda doğal güzelli-

ğiyle de kente ayrı bir zenginlik katan Konyaaltı sahil plajı bu tür bir plajdır.

Konyaaltı plajının korunmasında önemli rol oynayan Boğaçayı yatağında kum-çakıl ocağı faaliyetleri nedeniyle denize malzeme akışında azalma olmuş ve bu nedenle bu denge bozulmuştur. Kocababa (2017)'ye göre sahildeki kayıp 28.5-85 m arasında, Dipova (2016)'ya göre Boğaçayı'nın denize döküldüğü yer doğusunda 1934-2016 yılları arasında plajdaki daralma ise 70 m'dir. Proje ile, Boğaçayı'nın getirdiği sediman malzemenin Konyaaltı sahili ile buluşması tamamen engellenecek, Konyaaltı plajının kıyı erozyonu ile aşınarak yok olması hızlanacaktır.

Meslek odalarından gelen eleştiriler nedeniyle ve projenin uygulanmasındaki güçlükler nedeniyle yat limanının sahilde inşa edilmesine karar verilmiştir. Projenin uygulanması halinde Konyaaltı plajının 1.5 km'lik kısmı, yani plajın büyük liman ile Boğaçayı arasındaki kısmı yok edilecektir.

### SONUÇLAR

Projenin objektif bir şekilde bilimsel ve teknik araştırmalar ve fizibilite çalışmaları yapılmadan uygulamaya konulması nedeniyle, doğuracağı olumsuzluklar ortaya çıkarılamamış veya büyük olasılıkla göz ardı edilmiştir. Ülke kalkınmasına ve turizmine yarar sağlayacak projelerde su kaynakları başta olmak üzere çevre ile etkileşim konusu objektif olarak ortaya konup, alternatiflerin birbiriyle karşılaştırılması ve çevresel etkileri en az olan mekanların ve yöntemlerin tercih edilmesi gerekir. Üzerinde yeteri kadar düşünmeden, uzmanların görüşleri alınmadan, bütün çevresel yönleriyle araştırılıp halkın onayı alınmadan uygulamaya konan projeler geri dönülmez sorunları beraberinde getirmektedir.

Halkın öncelikleri arasında bulunmayan, başta su kaynakları ve Konyaaltı plajı olmak

üzere çevreye çok ciddi olumsuz etkileri bulunan, uygulanması halinde çeşitli tehlikelerle karşı karşıya olan Boğaçay Projesinin çok yakın zamanda olumsuz etkileri görülecek, bu olumsuzluklar projenin ilerlemesi ile katlanarak artacaktır.

Şenel M., 1997a. MTA 1/100 000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları Antalya-L10 Paftası, Ankara.

## KATKI BELİRTME

Bu çalışma, JMO Yönetim Kurulu Kararıyla Su Yönetimi ve Hidrojeoloji Komisyonu ile JMO Antalya Şubesi'nden oluşturulan bir ekip tarafından gerçekleştirilmiştir.

## KAYNAKLAR

Dipova, N., 2016. Antalya Konyaaltı Sahilinde Kıyı Erozyonu Tehlikesi, ISSN online: 1309-2243.

<http://dergipark.ulakbim.gov.tr/makufabed,223-231>.

DSİ, 2017. Antalya-Çakırlar- Boğaçay Yeraltısu Alt Havzası hidrojeolojik etüt raporu, DSİ Jeotek. Hiz. Ve YAS Dai. Başkanlığı, 135 s.

DSİ, 1977. Antalya Boğaçay Ovası Hidrojeolojik Etüt Raporu, DSİ Genel Müdürlüğü Jeoteknik Hizmetler ve Yeraltısu Dairesi Başkanlığı, ANKARA.

Kalafatçıoğlu, A., 1972. Antalya körfezi batı kısmının jeolojisi: İ.Ü. Fen. Fak. Jeoloji Ens. Doktora tezi, 128s.

Kocababa, S., 2017. Uydu görüntüleriyle kıyı çizgisi değişimi ve risk analizi: Konyaaltı örneği, Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi Harita Mühendisliği Bölümü, 75 s.

Poisson, A., 1977. Recherches géologiques dans les Taurides occidentales (Turquie): These, Univ. Paris-Sud, Orsay, 795p.



## Kumalar Dağı (Şuhut-Afyonkarahisar) Civarındaki Su Kaynaklarının Sürdürülebilir Su Yönetimi

### *Sustainable Water Management of Springs in the Kumalar Mountain Surrounding (Şuhut-Afyonkarahisar)*

**Fatma Aksever<sup>1</sup>, Ayşen Davraz<sup>1</sup>, Simge Varol<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Isparta*

<sup>2</sup>*Süleyman Demirel Üniversitesi, Su Enstitüsü, Isparta  
(fatmaaksever@sdu.edu.tr)*

**Öz:** Sürdürülebilir su yönetimi, su kaynaklarının hidrolojik sistem içerisinde olumsuzluk yaratmadan günümüz ve gelecekte en iyi koşullarda kullanımının sağlanmasıdır. Günümüzde su kaynaklarının etkin kullanımı en önemli problemlerden biridir. Ülkemizde özellikle büyük havzalarda sürdürülebilir su yönetimi odaklı pek çok çalışma yapılmaktadır. Kırsal kesimde su kaynaklarının etkin kullanımı konusunda karşılaşılan problemler bu çalışmaların küçük ölçekli bölgelerde de yapılması gerekliliğini ortaya koymaktadır. Bu çalışmada, Afyonkarahisar ilinde su kaynaklarının oldukça yoğun olduğu Kumalar Dağı civarı incelenmiştir.

İnceleme alanı KB-GD doğrultusunda uzanan Kumalar Dağı'nın doğusu ile Şuhut havzasının batısını içine almaktadır. Kumalar Dağı, Şuhut grubu içerisinde bulunan Üst Pliyosen-Pliyosen yaşlı volkanikler, kireçtaşları ve kırıntılı örtü kayaçlarından oluşmaktadır. Bu bölgede Kumalar formasyonundan boşalan çok sayıda su kaynağı mevcuttur. Kaynak suları bölgede bulunan yerleşim yerlerinde sulama ve hayvan yetiştiriciliği için kullanılmaktadır. İnceleme alanında bulunan 15 adet su kaynağında Eylül 2017-2018 dönemi arasında aylık debi ölçümleri yapılmıştır. Debi değerlerinin 0.01-3.00 l/s arasında değiştiği tespit edilmiştir. Düzenli debi ölçüm sonuçları su kaynaklarının debi değerlerinin iklimsel şartlardan doğrudan etkilendiğini göstermektedir.

İnceleme alanında kaynakların kalitesinin tespiti için Eylül-2017 ve Nisan-2018 dönemlerinde su örnekleri alınmıştır. Kaynak sularında pH 5.85-7.91, sıcaklık 10.1-22.7 °C, TDS 40-380 mg/l ve EC 80-770 µS/cm arasındadır. Gibbs diyagramına göre inceleme alanındaki sular "Kayaç Baskın" bölgededir. Piper diyagramına göre baskın su tipleri CaMgHCO<sub>3</sub>, CaNaHCO<sub>3</sub> ve CaNaSO<sub>4</sub>'dir. Na ve SO<sub>4</sub> iyonlarında gözlenen artışlar Kumalar formasyonuna ait volkanik kayalar ile ilişkili olarak kaya-su etkileşiminden kaynaklanmaktadır.

Su örneklerinin içme suyu olarak kullanılabilirliğinin tespiti amacıyla suların fiziksel parametreleri, majör anyon- katyon konsantrasyonları, azot türevleri ve ağır metal analiz sonuçları Türk İçme Suyu (TS-266) ve Dünya Sağlık Örgütü (WHO) standartlarının müsaade edilen maksimum sınır değerleri ile karşılaştırılmıştır. Analiz sonuçlarına göre As, Fe, Mn içeriklerinin bazı lokasyonlarda sınır değerleri aştığı belirlenmiştir. Bu elementlerdeki artış kaya su etkileşimi ile ilişkilidir. Kaynak suları sulama suyu değerlendirmesi için kullanılan ABD Tuzluluk diyagramına göre C<sub>1</sub>S<sub>1</sub> ve C<sub>2</sub>S<sub>1</sub> sınıfında ve Wilcox diyagramına göre ise 'çok iyi kulla-



*nilabilir*' sular sınıfında yer almaktadır. İnceleme alanındaki su kaynaklarının debi değerleri ve kalite özellikleri, kaynak sularının sulama suyu amacı için kullanılabileceğini göstermektedir. Kaynak suları içme suyu amacı için kullanılmamalı ve hayvancılıktaki kullanımını da sınırlı olmalıdır.

**Anahtar Kelimeler:** Su Kaynağı, Su Yönetimi, Hidroloji, Kumalar Dağı Bölgesi (Afyonkarahisar)

**Abstract:** Sustainable water management is to ensure that water resources are used in the best conditions today and in the future without creating any problems within the hydrological system. Nowadays, effective use of water resources is one of the most important problems. In our country, there are many studies focused on sustainable water management, especially in large basins. The problems encountered in the effective use of water resources in rural areas reveal the necessity of carrying out these studies in small scale regions. In this study, Kumalar Mountain in Afyonkarahisar province, where water resources are quite dense, has been investigated.

The study area extends between in the NW-SE direction Kumalar Mountain with west of Şuhut basin. Kumalar Mountain cover rocks in the Şuhut group which consists of Upper Pliocene-Pliocene volcanics, limestones and clastic. There are a large number of water springs discharged from the Kumalar formation in this region. Spring waters are used for irrigation and animal husbandry in the settlements in the region. Monthly discharge measurements were made at 15 water sources in the study area between September 2017-2018. Discharge values varied between 0.01 and 3.00 l/s. The discharge measurement results show that the discharge values of water springs are directly affected by climatic conditions.

Water samples were taken in September-2017 and April-2018 periods to determine the quality of springs. The pH of the spring waters was 5.85-7.91, temperature 10.1-22.7 °C, TDS 40-380 mg/l and the EC was between 80-770 µS/cm. According to the Gibbs diagram, all of the spring waters in the study area are located in the 'Rock Dominate' region. According to Piper diagram, CaMgHCO<sub>3</sub>, CaNaHCO<sub>3</sub> and CaNaSO<sub>4</sub> are dominant water types. The increases of Na and SO<sub>4</sub> ions are originated from rock-water interaction in relation to volcanic rocks of Kumalar formation.

The analytical results of physical, anion, cation, nitrogen derivatives and heavy metal parameters of waters were compared with the standard guideline values as recommended by the World Health Organization (WHO) and Turkey (TS-266) for drinking and public health purposes. According to analyses results, As, Fe and Mn are above the critical values. The increase of these elements is related to water-rock interaction. Spring water samples are fall in C<sub>1</sub>S<sub>1</sub> and C<sub>2</sub>S<sub>1</sub> fields in the US Salinity Laboratory diagram and 'very good irrigation water' class in the Wilcox diagram. The discharge values and quality characteristics of the water springs in the study area indicate that the spring waters can be used for irrigation water purposes. Spring waters should not be used for drinking water purposes and their use in livestock should be limited.

**Keywords:** Water spring, Water Management, Hydrology, Kumalar Mountain Region (Afyonkarahisar)



## GİRİŞ

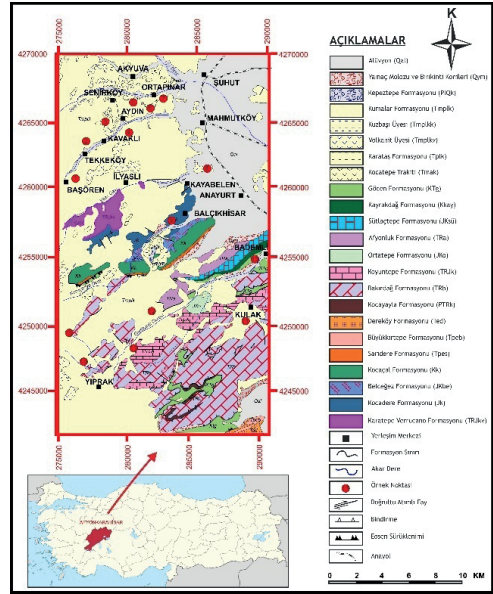
Çalışma alanı Afyonkarahisar iline bağlı Şuhut ovasının batısında kuzey-güney yönünde uzanan Kumalar Dağı ve civarını kapsamaktadır. Kumalar Dağı'ndan boşalan küçük/büyük debili çok sayıda su kaynağı bulunmaktadır. Bu çalışmanın amacı, bu su kaynaklarının optimum ve sürdürülebilir kullanımının sağlanabilmesi için gerekli jeolojik, hidrolojik, hidrojeolojik ve hidrojeokimyasal araştırmaların yapılmasıdır.

## JEOLJİ-HİDROJEOLJİ

Naplı yapıların hâkim olduğu çalışma alanında otokton konumlu kaya birimlerinden oluşan Anamas-Akseki otoktonuna ait Akdağ (Karatepe Verrucano formasyonu), Homakdağ (Kocadere, Belceğez, Kocaçal ve Sarıdere formasyonları) ve Kırdag-Anamas Dağı (Büyükkırtape ve Dereköy formasyonları) birimleri yer almaktadır. Çakıltaşı, kumtaşı, kireçtaşı, silttaşı, şeyl, çamurtaşı, marn ve flişden oluşan otokton birimler Orta Triyas-Alt Eosen yaş aralığındadır. Çalışma alanındaki allokton konumlu kaya birimleri ise Beyşehir-Hoyran-Hadim naplarına ait Sazak grubuna (Kocayayla, Bakırdağ, Koyuntepe ve Ortatepe formasyonları) ve Kükürtdağ grubuna (Afyonluk, Sütlaçtepe, Kayrakdağ ve Göçen formasyonları) ait birimler ile temsil edilmektedir. Allokton birimler ise Orta Triyas-Kretase yaş aralığında ve çakıltaşı, kireçtaşı, çörtlü dolomitik kireçtaşı, olistolitli volkanit ara katkılı kumtaşı ve serpantinlerden oluşmaktadır. Çalışma alanına ait örtü kayalarını ise; Şuhut grubu (Kocatepe trakiti, Kuzbaşı üyesi ve volkanit üyesi) kayaları (marn, kilttaşı, silttaşı, kireçtaşı ve volkanitler) ve gevşek killi, kumlu, çakıllı, siltli malzemeden oluşan Pliyo-Kuvaterner yaşlı karasal kırıntı kayalar (Kepeztepe formasyonu, yamaç molozu ve birikinti konileri ve alüvyon) oluşturmaktadır (Öngür, 1973; Çakmakçoğlu, 1986; Afşin, 1991; Balcı, 2011a,

2011b, Öcal ve Göktaş 2011; Öcal vd., 2011, Şekil 1).

Çalışma alanının kuzeydoğusunda geniş yayılıma sahip olan ve Şuhut ovasını oluşturan Kuvaterner yaşlı birimler önemli miktarda su alınabilen 'taneli akifer'dir. Kireçtaşlarından oluşan birimler ise 'karstik akifer' olarak inceleme alanının güneyinde geniş bir yayılım göstermektedir. Çalışma alanında volkanik kökenli kayalar ile kırıntılı kireçtaşlarından meydana gelen Kumalar formasyonu yarı geçirimli birim olup bu formasyondan boşalan su kaynakları bulunmaktadır.



Şekil 1. İnceleme alanı jeoloji haritası (Balcı, 2011a; Balcı, 2011b; Öcal ve Göktaş 2011; Öcal vd., 2011)

## SU KAYNAKLARININ TANITILMASI

Çalışma alanını oluşturan Kumalar Dağı ve civarında çok sayıda su kaynağı bulunmaktadır. Bölgede sulama ve kullanım amaçlı gereksinimleri karşılayan kaynaklar ovardaki

mevcut dereleri de beslemektedir. Kumalar Dağı'ndan gelen kaynaklar, kireçtaşı ve volkanikler içerisindeki dasit, riyolit, andezit vb. gibi yüksek alkali içeren kayaçlardan boşalmaktadır.

İnceleme alanında 15 adet su kaynağında Eylül 2017-2018 döneminde 1 yıl süresince aylık debi ölçümleri yapılmıştır. Su kaynaklarının debi değerleri 0.01 ile 3.00 l/s arasında değişmekte olup ortalama debi 0.36 l/s'dir. Kaynak debilerinin aylık değişimi incelendiğinde, Kasım ayında artmaya başlayan debi değerlerinin Şubat ayında en yüksek değere ulaştığı görülmektedir. Temmuz ayında birden düşüş gösteren debi değerleri Eylül ve Ekim aylarında sabitlenerek birbirine yakın değerler göstermektedir. Periyodik olarak kurak ve yağışlı dönemlerde takip edilen debi ölçüm sonuçları su kaynaklarının debilerinin iklimsel şartlardan doğrudan etkilendiğini göstermektedir.

## HİDROJEOKİMYA

İnceleme alanındaki su kaynaklarının hidrojeokimyasal özelliklerinin belirlenmesi için Eylül-2017 ve Nisan-2018 dönemlerinde 15 adet su örneği alınmıştır. Su örneklerinde pH 5.85-7.91, sıcaklık 10.1-22.7 °C, TDS 40-380 mg/l, EC 80-770 µS/cm ve sertlik değerleri ise 2.63-24.17 °F arasında değişmektedir (Çizelge 1).

Piper diyagramına göre su kaynaklarında belirlenen baskın su tipleri CaMgHCO<sub>3</sub>, CaNaHCO<sub>3</sub> ve CaNaSO<sub>4</sub>'dir. Sulardaki Na<sup>+</sup> ve SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> iyonlarının artışı, Kumalar formasyonuna ait volkanik kökenli kayalar ile ilişkili olarak kaya-su etkileşiminden kaynaklanmaktadır. Gibbs diyagramına göre ise inceleme alanındaki sular "Kayaç Baskın" bölgede yer almaktadır. Su örneklerinin içme suyu olarak kullanılabilirliğinin tespiti amacıyla suların fiziksel parametreleri, majör anyon- katyon konsantrasyonları, azot türevleri ve ağır me-

tal analiz sonuçları Türk İçme Suyu (TS-266) ve Dünya Sağlık Örgütü (WHO) standartlarının müsaade edilen maksimum sınır değerleri ile karşılaştırılmıştır (Çizelge 1). Çalışma alanındaki su kaynakları fiziksel ve kimyasal açıdan kullanıma uygundur.

Kaynaklar sulamada kullanılabilirliğinin belirlendiği ABD Tuzluluk diyagramına göre C<sub>1</sub>S<sub>1</sub> ve C<sub>2</sub>S<sub>1</sub> sınıfında ve Wilcox diyagramına göre ise 'çok iyi kullanılabilir' sular sınıfında yer almaktadır.

Kaynak sularında kirliliğin tespiti için yapılan ağır metal analiz sonuçlarına göre As, Fe ve Mn konsantrasyonlarının bazı lokasyonlarda sınır değerleri aştığı belirlenmiştir. Noktasal olan söz konusu kirliliğe sebep olan elementlerdeki artış kaya su etkileşimi ile ilişkilidir. Ayrıca bölgede su kaynaklarının kirliliğine sebep olacak endüstriyel ve tarımsal faaliyetlere de dikkat edilmesi gerekmektedir.

Çizelge 1. Su kaynaklarının özellikleri

	Min	Max	Ort	Stand. Sapma	TS266 2005	WHO 2011
<b>Fiziksel parametreler</b>						
pH	5.85	7.91	7.10	0.64	6-9.5	6-8.5
Sıcaklık (°C)	10.10	22.70	14.76	4.00		
EC (µs/cm)	80.00	770.00	281.82	159.57	2500	
TDS (mg/l)	40.00	380.00	139.55	79.25	1000	
Sertlik (°F)	2.63	24.17	10.58	7.54		
<b>Kimyasal parametreler</b>						
Na (mg/l)	2.01	21.93	8.30	6.59	200	200
K (mg/l)	0.78	9.99	4.23	2.17		3000
Mg (mg/l)	1.75	9.89	4.34	2.29		
Ca (mg/l)	7.65	88.30	35.26	28.03		
Cl (mg/l)	0.65	6.42	2.59	1.38	250	250
SO <sub>4</sub> (mg/l)	1.65	123.06	28.78	43.48	250	500
HCO <sub>3</sub> (mg/l)	23.46	305.00	105.67	95.90		
<b>Ağır metaller</b>						
Ag (µg/l)	0.05	0.06	0.06	0.01	200	-
Al (µg/l)	1.00	104.00	24.70	32.53	-	200
As (µg/l)	6.10	42.00	16.06	9.40	10	10
B (µg/l)	6.00	49.00	22.28	13.08	1000	2400
Ba (µg/l)	1.49	114.80	28.40	32.46	700	-
Cd (µg/l)	0.05	0.06	0.06	0.01	5	3
Cr (µg/l)	0.60	2.40	1.26	0.50	50	50
Cu (µg/l)	0.20	1.90	0.68	0.49	2000	2000

Fe (µg/l)	9.00	4138	659.68	1416.6	300	-	
Hg (µg/l)	0.10	0.20	0.15	0.02	1	6	
Mn (µg/l)	0.25	510.83	78.52	169.59	50	400	
Ni (µg/l)	0.20	27.60	9.64	10.86	20	70	
Pb (µg/l)	0.20	0.30	0.25	0.07	25	10	
Se (µg/l)	8.70	10.40	9.55	1.20	10	40	
U (µg/l)	0.04	2.11	1.04	0.72	-	30	
Zn (µg/l)	0.90	84.80	21.53	23.83	-	-	
Azot türevleri							
NO <sub>3</sub> (µg/l)	0.00	21.84	3.69	5.64	50	50	
NO <sub>2</sub> (µg/l)	0.00	0.01	0.00	0.00	1	3	
NH <sub>4</sub> (µg/l)	0.00	0.00	0.00	0.00	1	-	

## SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Kumalar Dağı'ndan boşalan su kaynaklarının debi değerleri ve kalite özellikleri, kaynak sularının sulama suyu amacı için kullanılabilirliğini göstermektedir. Kaynak suları içme suyu amacı için kullanılmamalı ve hayvancılıktaki kullanımı da sınırlı olmalıdır. Sürdürülebilir su kaynakları yönetiminde su kaynaklarımızın verimli şekilde kullanılması ve korunması, günümüz ve geleceğin gereksinimlerini karşılayacak şekilde planlanması ile mümkündür.

## KATKI BELİRTME

Bu çalışma 116Y389 sayılı proje ile TÜBİTAK tarafından desteklenmiştir.

## KAYNAKLAR

Afşin, M., 1991. Afyon Sandıklı Kuruçay ovası ve Hüdai kaplıcasının hidrojeoloji incelemesi. Ankara Üniversitesi. Doktora tezi, 330s (yayımlanmamış)

Balcı, V., 2011a. 1:100 000 ölçekli jeoloji haritaları Afyon-L25 paftası. MTA Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etütleri Daire Başkanlığı, Rapor No: 161, Ankara

Balcı, V., 2011b. 1:100 000 ölçekli jeoloji haritaları Afyon-L24 paftası. MTA Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etütleri Daire Başkanlığı, Rapor No: 162, Ankara

Çakmakoglu, A., 1986. Çivril-Banaz-Sandıklı-Dinar Arasındaki Bölgenin Jeolojisi

(K23-c1,c2,c3,c4d3; K24-d3,d4; L23-a2,a3,-b1,b2,b3,b4; L24-a1,a2,a3,a4). MTA Raporu, Derleme No: 8062, Ankara

Öcal, H., ve Göktaş, F., 2011. 1:100 000 ölçekli jeoloji haritaları Afyon-K24 paftası. MTA Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etütleri Daire Başkanlığı, Rapor No:158, Ankara

Öcal, H., Turhan, N., ve Göktaş, F., 2011. 1:100 000 ölçekli jeoloji haritaları Afyon-K25 paftası. MTA Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etütleri Daire Başkanlığı, Rapor No:159, Ankara

Öngür, T., 1973. Sandıklı (Afyon) jeotermal araştırma bölgesine ilişkin jeolojik durum ve jeotermal enerji olanakları. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Rapor No:5520, Ankara



## Kamu - Özel Sektörde Jeotermal Suların Yönetiminin Mevzuat Bakımından İncelenmesi ve Bazı Öneriler

*Investigation of the Management of Geothermal Waters in Public - Private Sector in Terms of Legislation and Some Recommendations*

Perihan Derin<sup>1</sup>, Fatma Çiçek<sup>2</sup>, Merve Çayır<sup>3</sup>, Esra Karaca<sup>4</sup>, Celal Çiftçi<sup>1</sup>, M. İrfan Yeşilnacar<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Harran Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Müh. Böl.

<sup>2</sup>Afyon Kocatepe Üniversitesi, İİBF Fakültesi, İktisat Böl.

<sup>3</sup>Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Kimya Böl.

<sup>4</sup>Harran Üniversitesi, İİBF Fakültesi, Kamu Yönetimi Böl.

(perihanderin47@gmail.com)

**Öz:** Güneydoğu Anadolu Bölgesinde yer alan Şanlıurfa ili yenilenebilir enerji kaynakları bakımından önemli bir potansiyele, çeşitliliğe ve konuma sahiptir. Bununla birlikte, bu potansiyelin yönetimi, değerlendirilmesi, sürdürülebilirliği, etüdü, planlaması ve geleceğe dönük stratejilerin belirlenmesi bağlamında henüz istenilen düzeyde değildir. Bu tebliğde, söz konusu hususlardan yönetim ve mevzuat kısmına odaklanılmış ve bazı örnek illerle mukayese edilmeye çalışılmıştır. Bu bağlamda, Türkiye’de iyi örneklerin yer aldığı Afyon ve Uşak illerindeki jeotermal suların yönetimi, yerinde ve ilgili taraflarla yapılan görüşmelerle irdelenmiştir. Burada öne çıkan hususlar; karşılaşılan sorunların çözümünde mevcut mevzuatın yetersiz kalmasıdır. Sonuç olarak, bahsi geçen üç il özelinde jeotermal suların yönetiminde mevzuattan kaynaklanan farklılıkların önemli aksaklıklara yol açtığı neticesine varılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Jeotermal sular; mevzuat, Afyon, Uşak, Şanlıurfa; GAP Bölgesi

**Abstract:** Located in the Southeastern Anatolia Region, Şanlıurfa has an important potential, diversity and location in terms of renewable energy sources. However, this potential is not yet at the desired level in terms of the management, evaluation, sustainability, study, planning and determination of future strategies. In this study, it was focused on the management and legislation part of these issues and compared with some sample provinces. In this context, the management of geothermal waters of the best examples of Afyon and Uşak located in Turkey, over and examined through interviews with relevant parties. The highlights here are; the existing legislation in the solution of the problems encountered is insufficient. As a result, it has been concluded that the differences arising from the legislation in the management of geothermal waters in the three provinces mentioned lead to significant shortcomings.

**Keywords:** Geothermal waters; legislation, Afyon, Usak, Sanliurfa; GAP Region

## GİRİŞ

Jeotermal kaynakların oluşumunda, bölgenin jeolojik yapısının ve tektonik hareketler sonucu oluşan fay hatlarının etkisi büyüktür.

Genellikle ülkemizde çıkan sıcak sular “düşük ve orta sıcaklı” jeotermal alanlar grubuna girmektedir.

Ülkemizde, jeotermal kaynak potansiyelinin değerlendirilmesi konusunda, Afyon Jeotermal Turizm ve Tic. A.Ş. (1994), Bursa Jeotermal Enerji San. Ve Tic. A.Ş. (2008), İzmir Jeotermal Enerji San. Ve Tic. A.Ş. (2005) gibi başarılı örnekler verilebilir. Bu sahaların aranmasına, belirlenmesine ve işletilmesine yönelik çalışmalar incelendiğinde;

1-Uygulama farklılıkları,

2-Müracaatlarda öncelik hakkı,

3-Projelerin kabul edilebilirliği,

4-Teknik sorumlunun yetkinliği

5-Ruhsat sahalarının denetimi ve alınması gerekli izinler gibi temel farklılıklar hemen göze çarpar.

Jeotermal enerji uygulamaları, birçok disiplinin bir arada olduğu (jeoloji mühendisi, jeofizik mühendisi, jeokimya mühendisi, çevre mühendisi, sondaj mühendisi, hidro-rezervuar mühendisliği) kompleks, modern teknoloji gerektiren ve çok karar merkezli, kapital projelerdir.

Türkiye’deki jeotermal kaynaklara yönelik arama geliştirme çalışmalarında (jeolojik, hidrojeolojik, hidrojeokimya, jeofizik vb.) Dünyadaki arama sistematığına uygun yöntemler ülkemizde de kullanılmaktadır. Ancak standart arama tekniğindeki bazı çalışmaların zaman ve maliyet kaygısıyla eksik yapılması nedeniyle arama risklerinin arttığı görülmektedir.

## Jeotermal Kaynaklara İlişkin Mevzuat

Jeotermal Kaynaklar ve Doğal Mineralli Sularla İlgili 5686 sayılı kanun ve uygulama yönetmeliği kapsamında işlem yapılan ve görüş oluşturulan çok sayıda bakanlık, genel müdürlük ve kurum bulunmaktadır.

Bunlar:

- İçişleri Bakanlığı
- İl Özel İdareleri
- Yatırım İzleme Koordinasyon Başkanlığı
- Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı
- Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü
- Maden İşleri Genel Müdürlüğü
- Enerji İşleri Genel Müdürlüğü
- Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü
- Sağlık Bakanlığı
- Kalkınma Bakanlığı
- Çevre ve Şehircilik Bakanlığı
- Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı
- Orman ve Su İşleri Bakanlığı
- Kültür ve Turizm Bakanlığı
- Diğer ilgili bakanlık
- EPDK dır.

## 3 İl Bazında Mevcut Jeotermal Sahalar ve Uygulama Farklılıkları

Jeotermal sektörünün kamu açısından izin ve denetim işlemlerini yapan pek çok kamu kurum ve kuruluşu bulunmaktadır.

Mevzuattaki bazı hükümler, bölgesel ve/veya

iller bazında farklı uygulanmaktadır (Oğuz vd, 2018).

Afyon Jeotermal Tesisleri Turizm San.ve Tic. A.Ş.(AFJET) Afyon’da, valinin öncülüğünde 1994’te kurulmuştur. Şirket Kamu İhale Kurumu’nun 3. Maddesinin d bendinde sayılan kuruluşlardan olup, ortaklık yapısı olarak %60 İl Özel İdaresi, %35 Afyon Belediyesi, %5 ATSO olmak üzere bir ortaklık yapısına sahiptir (Karaaslan vd, 2003).

AFJET A.Ş. başkanı Afyon Valisi olan bir genel kurul (belediye başkanı dahil) ve genel kurulun atadığı bir genel müdür tarafından yönetilmektedir. Genel müdürün altında daha çok teknik kadrolardan oluşan departmanlar bulunmaktadır. Bunların en önemlileri jeotermal saha işletme gurubu ve ıs merkezli işletme ve bakım gurubudur. Diğer personeli inşaat, güvenlik ve diğer işlerle ilgilenen elemanlar oluşturmaktadır (Karaaslan vd, 2003).

Şirket denetimi; dışarıdan YMM gözetiminde olup ayrıca şirket dış denetimi Sayıştay denetçileri tarafından, iç denetimini de oluşturduğu komisyon üyelerinin (İl Özel İdaresi, Defterdarlık, Afyonkarahisar Belediyesi ve Afyon A.Ş.) düzenlediği raporlar ile yürütülmektedir (Kurşun, 2018).

Şanlıurfa Karaali jeotermal sahası, Valiliğe bağlı YİKOB gibi resmî kurumlara 5686 sayılı Jeotermal Kaynaklar ve Doğal Mineralli Sular Kanununa göre; idari, teknik ve denetleme yetkisi verilmiştir.

Uşak ilinde ise jeotermal kaynak uygulamaları, İl Özel İdareleri tarafından 5686 sayılı Jeotermal Kaynaklar ve Doğal Mineralli Sular Kanununa idari, teknik ve denetleme yetkisi verilmiştir (Çandır, 2018).

## SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Şanlıurfa’da bulunan Karaali jeotermal sahası ile ilgili bilimsel veriler son derece azdır.

2012 yılında Şanlıurfa İl Özel İdaresi tarafından özel bir firmaya “Aşağı Koymat Köyü 5000 Dekarlık Alanda Jeoloji, Jeokimya ve Hidrojeoloji Raporları” isimli bir çalışma yaptırılmıştır. Bu raporda ağırlıklı olarak jeofizik çalışmalar yapılmış, bunun dışında bu alanda jeotermal sistem ile ilgili diğer bilimsel çalışmalar yapılmamıştır.

Jeotermal kaynakların yenilenebilirlik veya sürdürülebilirlik koşulları, sistemin bütününe göz önüne alan, bütünsel, tek elden inceleme ve izlemeyle tanınabilir ve sistemin dengesine zarar vermeyecek bir işletme ile yönetilebilir.

Afyon, Şanlıurfa ve Uşak illeri göz önüne alındığında, Afjet AŞ üretim yaptığı sahada jeotermal rezervin sonraki nesillere aktarılabilmesi için reenjeksiyon (geri-basım) olayına çok önem vermektedir. Şu anda beş adet kuyu reenjeksiyon kuyusu olarak, Şanlıurfa’da ise bir kuyu, reenjeksiyon kuyusu olarak kullanılmaktadır.

Bu sahanın geliştirilmesine ve sürekliliğine yönelik çalışmaların yapılması için, Afyon AFJET A.Ş. gibi başarılı örneklerin buraya uygulanabilir.

## KAYNAKLAR

Çandır, İ., 2018. Kişisel görüşme. Uşak İl Özel İdaresi, Uşak, Türkiye.

JMO Jeotermal Enerji ve Doğal Mineralli Sular Yasa Tasarısı Hakkında Görüş Oluşturma” Çalıştayı. 28-30 Nisan 2006 Bigadiç, Balıkesir

Karaaslan, A., Demirci, M. K., & Seçer, F. 2003. Afyon İli Jeotermal İşletmeciliğinin Şebeke Organizasyonu Modeli İle Yeniden Yapılandırılması, Afyon Üniversitesi, İİBF Dergisi, V (2), 21-35.

Kervankıran, İ., 2012. Afyonkarahisar İlinde Jeotermal Enerji Kullanımı ve Sorunları,

Marmara Coğrafya Dergisi, (25), 108-126.

Kurşun, N., Kişisel görüşme. AFJET, A.Ş., Faturalandırma Birim Sorumlusu, Afyonkarahisar.

Oğuz, K., Deniz, V., Uytun, H., 2018. Jeotermal Sektöründe Merkezi Yapılanma İhtiyacı; Akkuş, İ., Başarır, N., IV. Jeotermal Kaynaklar Sempozyumu ve Sergisi Bildiriler Kitabı, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası, 21-24 Şubat 2018, Akrones Hotel, Afyonkarahisar, s.144.

Özbek, T., 2015. Jeotermal Sektöründe Yerel

İdarelerin Yeri ve Önemi; Ateşoğulları, Ö. C., Doğdu, N., Kolat, Ç., III. Jeotermal Kaynaklar Sempozyumu ve Sergisi Bildiriler Kitabı, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası, 04-06

Patat, C., 2018. Kişisel görüşme. Şanlıurfa YİKOB, Şanlıurfa, Türkiye.





## Arsenik Kirliliği Bakımından Harran Ovası Yeraltısuyunun Değerlendirilmesi

### *Assessment of Harran Plain's Groundwater in Terms of Arsenic Contamination*

**Pelin Yapıcıoğlu<sup>1</sup>, Perihan Derin<sup>2</sup>, M. İrfan Yeşilnacar<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Harran University, Engineering Faculty, Environmental Engineering Department

<sup>2</sup>Harran University, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Environmental  
Engineering Department

(pyapicioğlu@harran.edu.tr)

**Öz:** Suda özellikle yeraltısuyunda arsenik kirliliği, majör sağlık sorunlarına yol açmaktadır. Arsenik konsantrasyonu içme suyunda düşük konsantrasyonda bulunsa bile ciddi sağlık etkilerine sebep olabilir ve bunun sonucunda son zamanlarda arsenik giderim metotları önem kazanmıştır. Bu çalışmada, Ortadoğu'nun en büyük yeraltısuyu rezervlerine sahip olan Harran Ovasında yer alan on bir kuyuda Ekim ve Mart aylarında arsenik konsantrasyonu izlenmiştir. Bu çalışmanın temel amacı, arsenikle kirlenmiş bir yeraltısuyunun doğru arıtım metoduyla iyileştirilmesidir. Analizlere göre, arsenik konsantrasyonunun sınır değerini (10 ppb) aşan hiçbir kuyu yoktur. Sonuçlar göstermektedir ki, ekim ayındaki arsenik konsantrasyonları mart ayındakinden daha düşüktür. Mart ayında, en yüksek arsenik konsantrasyonu Yaygılı kuyusunda 4.12 ppb değeriyle gözlemlenmiştir. Ozanlar kuyusunda (5), ekim ve mart aylarında <0.5 ppb değerleriyle en düşük arsenik konsantrasyonuna sahiptir. Ekim ayında en yüksek arsenik konsantrasyonu 2.395 ppb olup Çamlıdere kuyusunda (1)'dir. Çamlıdere ve Yaygılı kuyuları için, arsenik giderim metotları araştırılmıştır ve arsenik giderim metotları (koagülasyon ve flokülasyon, adsorpsiyon, membran süreçleri, ileri oksidasyon süreçleri, elektrokoagülasyon, biyoçar) tartışılmıştır. Değerlendirmenin sonunda, en iyi arsenik giderim metodunun avantajları düşünüldüğünde biyoçar uygulaması olabileceği öngörülmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Arsenik, biyoçar, yeraltısuyu, Harran Ovası, giderim metotları.

**Abstract:** Arsenic contamination in water, especially in groundwater, has led to the major health problems. Due to the recognition that arsenic at low concentrations in potable water causes crucial health effects so the arsenic removal methods have gained the significant importance, in recent years. In this study, for eleven observation wells located in the Harran Plain that has the biggest groundwater reserves of the Middle East, arsenic concentration has been monitored in october and in march. The main aim of this study is remediation of a polluted groundwater resource with arsenic by a proper treatment method. According to the analyses, there was no well that exceed the limit arsenic concentration (10 ppb). The results revealed that arsenic concentrations in october were lower than in march. In March, the highest arsenic concentration was observed in Yaygılı well (8) with the value of 4.12 ppb. Ozanlar well (5) had the lowest arsenic concentration in october and in march with the value of <0.5 ppb. In october, the highest arsenic concentration was 2.395 ppb in Çamlıdere well (1). For Çamlıdere well and Yaygılı well, arsenic removal methods have been investigated. Arsenic removal methods (coagulation and flocculation, adsorption, membrane processes, advanced oxidation



processes, electrocoagulation, biochar) have been discussed. In the result of the assessment, it has been estimated that the best available arsenic removal method could be biochar application considering its advantages.

**Keywords:** Arsenic, biochar, groundwater, Harran Plain, removal methods.

## INTRODUCTION

Arsenic (As) is a heavy metal that occur in environment in different oxidation states and various forms that contain As(V), As(III), As(0) and As (-III) (Choonga et al., 2007). Arsenic cannot be easily degrade and can only be converted into different forms or transformed into insoluble compounds. Inorganic arsenic generally occurs in two major oxidation states that are arsenite and arsenate, both of them are toxic to flora and fauna. The presence of arsenic in fresh water is due to leaching from the arsenic containing source rocks and sediments (Choonga et al., 2007, Robertson 1989, Hering and Elimelech, 1995).

Arsenic contamination in natural water especially in groundwater is a worldwide problem and has become a significant issue and environmental challenge (Choonga et al. 2007). The World Health Organization (WHO) recommended the arsenic concentration should be lower than 10 ppb (WHO, 1993) for the potable water resources standard. The toxicology of arsenic is a complex phenomenon and generally categorized into acute and chronic types. The acute arsenic poisoning requiring prompt medical attention usually occurs through ingestion of contaminated food or drinking water. The major early manifestation due to acute arsenic poisoning contains burning and dryness of the mouth and throat, dysphasia, colicky abnormal pain, projectile vomiting, profuse diarrhea, and hematuria. Also, arsenic has a carcinogenic effect (Choonga et al., 2007, Jain and Ali, 2000). From this point of view, arsenic contamination should be removed from groundwater using a proper treatment method.

In this study, arsenic concentrations of the eleven observation wells located in the Harran Plain have been monitored in october (post irrigation) and in march (before irrigation). Then, to remove arsenic from groundwater, treatment methods have been investigated.

## MATERIAL AND METHODS

Eleven wells that's Çamlıdere (1), Yardımcı (2), Kısas (3), Uğurlu (4), Ozanlar (5), Kızıldoruç (6), Olgunlar (7), Yaygılı (8), Bolatlar (9), Uğraklı (10) and Viranşehir-Aslanbaba (11) are the observation wells of arsenic concentration. Figure 1 shows the study area. The main reasons to select these wells are that they are vulnerable and locate in the superficial aquifer and nearby agricultural fields. The other reasons are accessibility and many previous studies were performed in this superficial aquifer.

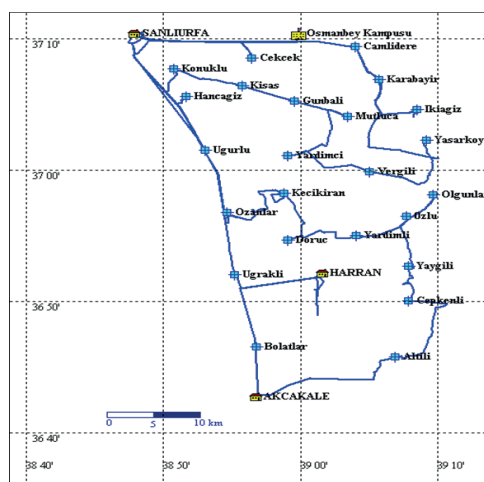


Figure 1. Study area

In this study, arsenic analyses were performed

med according to the Standard Methods (APHA, 1995) using ICP-MS technique by outsourcing service for the sampling points Çamlidere (1), Yardımcı (2), Kıyas (3), Uğurlu (4), Ozanlar (5), Kızıldoruç (6), Olgunlar (7), Yaygılı (8), Bolatlar (9), Uğraklı (10) and Viranşehir-Aslanbaba (11) wells in october and in march. Arsenic analyses have been fulfilled in march (before irrigation) and in october (post irrigation). Coagulation and flocculation, adsorption, membrane processes, advanced oxidation processes, electrocoagulation, and biochar application have been investigated and discussed in this study.

## DISCUSSION AND CONCLUSION

According to the evaluation results, arsenic concentrations in march (before irrigation) were higher than in october (post irrigation). It is estimated that irrigation decreases the As concentrations in groundwater. There was no well that exceeded the limit arsenic concentration (10 ppb) in Harran Plain. However, it can be said that there is an arsenic contamination in Harran Plain.

The results revealed that arsenic contamination which is under the limit (10 ppb) was observed in Harran Plain. So, arsenic removal should be applied for some wells such Yaygılı well and Çamlidere well. Coagulation and flocculation, adsorption, membrane processes, advanced oxidation processes (AOPs), electrocoagulation, and biochar application have been investigated and discussed in this study. Table 1 shows the assessment of arsenic removal methods.

The highest As concentration was monitored in Yaygılı well (8) in the value of 4.12 ppb in march. The lowest average As concentration corresponds to Ozanlar well (5) with the value of <0.5 ppb in march. The highest As concentration was observed in Çamlidere well (1) with the value of 2.395 ppb in october.

The lowest As concentration corresponds to Ozanlar well (5) in october, similarly in march with the value of <0.5 ppb. Figure 2 shows the As concentration variations of the sampling points. Similarly, Baba et al. 2018 investigated arsenic contamination in Southeastern Anatolia Region (GAP) where Harran Plain locates. Arsenic (As) concentrations of geothermal fluid in some sampling points near to Harran Plain ranged from 13.4 to 3000 ppb.

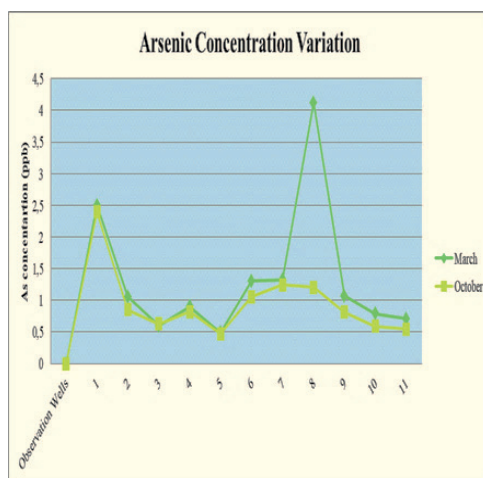


Figure 2. As concentration variations of the sampling points.

Among treatment methods, biochar can be seemed as the feasible method to remove arsenic from groundwater because of its advantages. Biochar can be generated from many types of biomass such as plants, sewage sludge, animal manures and agro-industrial biomass by various production methods that contain slow pyrolysis, fast pyrolysis, gasification or combustion (Yuan et al., 2016).

The production method is a type of renewable energy, because biomass is a type of renewable energy resources. It is cheaper from the other techniques, and biochar can adsorb arsenic immediately. Biochar has gained the significant attention due to its significant role in many environmental management is-

Table 1. Arsenic removal methods

Removal Method	Assessment	Reference
Coagulation and flocculation	Coagulation with disinfection is one of the commonly used Treatment methods. Disinfection can have an adverse impact on other water quality parameters such as the formation of by-products and the release of taste and odor compounds.	McNeill and Edwards, 1995.
Adsorption	Regeneration and backwashing process has many challenges for adsorption process. Also, adsorbent is considered as a hazardous waste.	Eguez and Cho, 1987.
Membrane Processes	To operate this system is very difficult also, for membrane backwashing and cleaning process, large amounts of fresh water is required.	Kang et al, 2000.
AOPs	It is expensive and efficient treatment method.	Frank and Clifford, 1986.
Electro-coagulation	It is expensive and efficient method.	Nidheesh and Singh, 2017.
Biochar	It is a cheaper, more environmental-friendly and efficient method.	Niazi et al., 2018, Bakshi et al., 2018.

sues and environmental challenges, recently (Qambrani et al., 2017).

## REFERENCES

American Public Health Association (APHA), American Water Works Association, 1995. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, USA.

Baba, A., F. Saroglu, İ. Akkuş, N. Ozel and M. I. Yesilnacar, 2018. Geological and hydrogeochemical properties geothermal systems in the southeastern region of Turkey. Geothermics, accepted in 2018. (in press)

Bakshi, S., C. Banik, S.J. Rathke and D.A. Laird, 2018. Arsenic sorption on zero-valent iron-biochar complexes. Water Research, 137, 153-163.

Choonga, T. S.Y., T.G. Chuaha, Y. Robiaha, F.L.G. Koaya and I. Aznib, 2007. Arsenic toxicity, health hazards and removal techniques from water: an overview. Desalination 217, 139–166.

Eguez, H.E. and E.H. Cho, 1987. Adsorption of arsenic on activated charcoal, J. Met., 39,

38–41.

Frank, P. and D. Clifford, 1986. Arsenic III oxidation and removal from drinking water. US Environ Protection Agency Report. EPA-600-52-86/021, 1986.

Hering, J.G. and M. Elimelech, 1995. International perspective on arsenic in groundwater: problems and treatment strategies. Proc. AWWA, Annual Conference.

Jain, C.K. and I. Ali, 2000. Arsenic: occurrence, toxicity and speciation techniques. Water Res., 34, 4304–4312.

Kang, M., M. Kawasaki, S. Tamada, T. Kamei and Y. Magara, 2000. Effect of pH on the removal of arsenic and antimony using reverse osmosis membranes. Desalination, 131, 293–298.

McNeill, L.S. and M. Edwards, 1995. Soluble arsenic removal at water treatment plants. J. AWWA, 87, 105–113.

Niazi, N.K., I. Bibi and M. Shahid, 2018. Arsenic removal by perilla leaf biochar in aqueous solutions and groundwater: An integrated

spectroscopic and microscopic

Examination. *Environmental Pollution*, 232, 31-41.

Nidheesh P.V. and T.S.A. Singh, 2017. Arsenic removal by electrocoagulation process: Recent trends and removal mechanism. *Chemosphere*, 81,418-432.

Qambrani, N.A., M.M. Rahman and S. Won, 2017. Biochar properties and eco-friendly applications for climate change mitigation, waste management, and wastewater treatment: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 79, 255–273.

Robertson, F.N., 1989. Arsenic in ground water under oxidizing conditions, south-west

United States. *Environ. Geochem. Health*, 11, 171–176.

World Health Organisation (WHO), 1993. *Guidelines for Drinking Water Quality*, 1993, p. 41.

Yuan, H., T. Lu, Y. Wang, Y. Chen and T. Lei, 2016. Sewage sludge biochar: Nutrient composition and its effect on the leaching of soil nutrients. *Geoderma*, 267, 17–23.



## Yeraltısuyundan Kaynaklanan N<sub>2</sub>O Emisyonu: Harran Ovası Örneği

### *N<sub>2</sub>O Emissions from Groundwater: A Case Study from Harran Plain*

**Pelin Yapıcıoğlu<sup>1</sup>, Perihan Derin<sup>2</sup>, M.İrfan Yeşilnacar<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Harran University, Engineering Faculty, Environmental Engineering Department

<sup>2</sup>Harran University, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Environmental Engineering Department

(pyapicioglu@harran.edu.tr)

**Öz:** Yeraltısuyunda, nitrat (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) kentsel, endüstriyel, evsel ve tarımsal kaynaklardan oluşmaktadır. Nitratın en bilinen çevresel etkilerinden biri, yeraltısuyu kalitesini bozması ve içilebilir su kaynaklarını kirletmesidir. Nitroz oksit (N<sub>2</sub>O) önemli bir sera gazıdır ve akiferlerde N<sub>2</sub>O oluşumuna katkıda bulunan başlıca kaynak tarımdır çünkü gübrelerin kullanımı temel olarak NO<sub>3</sub><sup>-</sup> sebebiyle yaygın yeraltısuyu kirliliğine neden olmuştur. N<sub>2</sub>O'nun yeraltısuyunda birikimi, temel olarak denitrifikasyon sürecinden kaynaklanır. Yeraltısuyu önemli azot emisyon kaynaklarından biri olarak görülmektedir. Bu çalışmada, Harran Ovasındaki akiferlerde N<sub>2</sub>O emisyon oluşumları incelenmiştir. Bu çalışmanın temel amacı, Harran Ovasında yer alan yeraltısularından kaynaklanan N<sub>2</sub>O emisyonunu belirlemektir. Çalışmanın ilk aşamasında, Orta Doğu'nun en büyük yeraltı su rezervlerine sahip Harran Ovasında bulunan 24 kuyu için, nitrat konsantrasyonları bir yıl boyunca gözlemlenmiştir. Sonrasında, NO<sub>3</sub><sup>-</sup> konsantrasyonları aracılığıyla, N<sub>2</sub>O emisyonları hesaplanmıştır. Aynı zamanda, N<sub>2</sub>O emisyonlarının mevsimsel değişimi değerlendirilmiştir. Sonuçlar göstermektedir ki; en yüksek N<sub>2</sub>O emisyonu Uğurlu kuyusunda sonbaharda 619.305 kg CO<sub>2</sub> eşd/ay olarak gözlemlenmiştir. Bu kuyu için, en düşük N<sub>2</sub>O emisyonu ise yazın olup 438.84 kg CO<sub>2</sub> eşd/ay'dır. Harran Ovasındaki Çamlıdere kuyusunda en düşük N<sub>2</sub>O emisyonu gözlemlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Sera gazı, yeraltısuyu, Harran Ovası, N<sub>2</sub>O emisyonu

**Abstract:** Nitrate (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) is derived from one of the urban, industrial, residential and agricultural resources in the groundwater. One of the most well-known environmental impacts of nitrate is the degradation of groundwater quality and the contamination of potable water resources. Nitrous oxide (N<sub>2</sub>O) is a significant greenhouse gas (GHG) and the major resource that contributes to N<sub>2</sub>O generation in the aquifers is agriculture because the use of fertilizers has caused the widespread groundwater pollution by mainly NO<sub>3</sub><sup>-</sup>. The accumulation of N<sub>2</sub>O in groundwater is mainly originated from the denitrification process. The groundwater is considered as one of the crucial nitrogen emissions resources. In this study, N<sub>2</sub>O emissions formations have been investigated for the aquifers in Harran Plain. The main aim of this study is to determine N<sub>2</sub>O emissions from groundwater resources located in Harran Plain. In the first stage of the study, for twenty four observation wells located in the Harran Plain that has the biggest groundwater reserves of the Middle East, nitrate concentration has been monitored for a year. And then, N<sub>2</sub>O emissions have been figured out by means of the NO<sub>3</sub><sup>-</sup> concentrations. Also, seasonal variation of N<sub>2</sub>O emissions has been assessed. The results revealed, the highest N<sub>2</sub>O emission has been observed in Uğurlu well with the value of 619.305 kg CO<sub>2</sub>eq/m in autumn. For this

well, the lowest N<sub>2</sub>O emission is 438.84 kg CO<sub>2</sub>eq/m in summer. In Çamlıdere well, the lowest N<sub>2</sub>O emissions have been observed in Harran Plain.

**Keywords:** Greenhouse gas, groundwater, Harran Plain, N<sub>2</sub>O emission

## INTRODUCTION

Nitrate (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) has been comprised in the result of the nitrification process. Nitrate is derived from one of the urban, industrial, residential and agricultural resources in the groundwater. Mainly, nitrate pollution in groundwater is originated from agricultural fields. It is estimated that nitrate leaches from agricultural fields to the groundwater resources due to using fertilizers that contain nitrogen (Wick et al., 2012; Lord et al., 2002; Schroeder et al., 2004). Nitrous oxide (N<sub>2</sub>O) is a significant greenhouse gas (GHG) and the major resource that contributes to N<sub>2</sub>O generation in the aquifers is agriculture because the use of fertilizers has caused to the widespread groundwater pollution by mainly NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (Jurado et al., 2017). Groundwater has been recently considered as a potential indirect source of GHG to the atmosphere because the dissolved concentrations of CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> and N<sub>2</sub>O in the aquifers are generally over concentrated in the atmosphere (Macpherson, 2009, Jurada et al., 2018). Among these GHGs, N<sub>2</sub>O is currently also a major primary stratospheric ozone depleting substance (Ravishankara et al., 2009, Jurada et al., 2018, Jurado et al., 2017). The accumulation of N<sub>2</sub>O in the groundwater is mainly because of the denitrification process. It is estimated that their formation depend on not only the geochemical (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, dissolved oxygen, ammonium and dissolved organic carbon etc.) but also hydrogeological parameters (groundwater table fluctuations and aquifer permeability etc.) (Jurada et al., 2017).

In this study, indirectly N<sub>2</sub>O emissions formations and seasonal variations have been estimated for twenty four wells where locate

in Harran Plain using nitrate concentrations. This study aims to determine the N<sub>2</sub>O emissions from groundwater resources located in Harran Plain.

## MATERIAL AND METHODS

Twenty four wells contain Çamlıdere well (1), Karabayır well (2), İkiâğız well (3), Yaşarköy well (4), Vergili well (5), Yardımcı well (6), Mutluca well (7), Günbalı well (8), Kısas well (9), Konuklu well (10), Hancağız well (11), Uğurlu well (12), Çekçek well (13), Ozanlar well (14), Keçikıran well (15), Kızıldoruç well (16), Yardımlı well (17), Özlü well (18), Olgunlar well (19), Yaygılı well (20), Çepkenli well (21), Altılı well (22), Bolatlar well (23) and Uğraklı well (24) are the observation wells in Harran Plain for N<sub>2</sub>O emissions. The main reasons to select these wells are that they are vulnerable and locate in the superficial aquifer and nearby agricultural fields. N<sub>2</sub>O emissions formations and seasonal variations have been estimated and monitored for twenty four wells located in Harran Plain using nitrate concentrations (ppm). In this study, to figure out N<sub>2</sub>O emissions, nitrate concentrations and global warming potential (GWP) (100-year) have been used and multiplied in the unit of kg CO<sub>2</sub>-eq/m using IPCC approach. GWP (100-year) of N<sub>2</sub>O is 265 (IPCC, 2014). The wells have been monitored every month in a year. The results have been obtained averagely and seasonally. NO<sub>3</sub><sup>-</sup> analyses were performed according to the Standard Methods (APHA, 1995) using UV spectrophotometer. It was assumed that all nitrate concentrations transformed to N<sub>2</sub>O in the result of denitrification process.



## DISCUSSION AND CONCLUSION

$N_2O$  emissions have been determined from  $NO_3^-$  concentrations. According to the evaluation results, the highest  $NO_3^-$  concentration has been monitored in Uğurlu well (12) averagely in the value of 699 ppm.

Nitrate concentration has been exceeding the limit concentration (50 ppm) in wells 3, 5, 8, 9, 10, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, and 24. Yeşilnacar and Güllüoğlu (2007) studied for this area, similarly. With the data of year 2006, especially in the wells, the values of year 2016 obtained from this study have been very consistent. Yeşilnacar and Güllüoğlu (2008) investigated hydrochemical characteristics and the effects of irrigation on groundwater quality in the Harran Plain in 2008. In the result of their study, while nitrate in particular was found in almost all groundwater samples to be significantly above the maximum admissible concentration of 50 ppm in the Harran Plain. Neural network prediction of nitrate in groundwater of the Harran Plain has been undertaken by Yeşilnacar et al. (2008). Nitrate was found in almost all groundwater samples to be significantly above the maximum allowable concentration of 50 ppm, probably due to the excessive use of artificial fertilizers in intensive agricultural activities. The effect of irrigation on a deep aquifer in the Harran Plain has been determined by Yeşilnacar and Yenigün (2011). They observed that with the exception of two wells, the measured and analyzed parameters in all the groundwater samples were below the internationally accepted maximum concentrations contains nitrate for human consumption and for agricultural purposes. Average  $N_2O$  emission variations were in parallel to the  $NO_3^-$  concentration variations. Figure 1 demonstrates the average  $N_2O$  emission variations. In Uğurlu well, the highest average  $N_2O$  emission was observed with the value of 185.235 kg  $CO_2$ -eq/m. The minimum  $N_2O$

emission corresponds to Çamlıdere well; with the value of 0.53 kg  $CO_2$ -eq/m. Jurado et al. (2018) investigated the occurrence of greenhouse gases in the aquifers of the Walloon Region (Belgium). Most of the groundwater samples were oversaturated with respect to concentrations of GHGs in the atmosphere (especially for  $N_2O$  and  $pCO_2$ ), reporting that groundwater can be an indirect source of GHGs to the atmosphere. The highest average concentrations of  $N_2O$  (458.3  $\mu g/L$ ) and  $pCO_2$  (34,832 ppm) were monitored in the chalky aquifer of Mons. The maximum concentration of  $N_2O$  (4004  $\mu g/L-N$ ) was reported in an aquifer where the continuous disposal of dilute treated wastewater resulted in the formation of a groundwater resulted by  $NO_3^-$  (Smith et al., 2004). High concentrations of  $N_2O$  were also reported in another aquifer underlying an arable land in Lower Saxony (Germany) reaching values up to 2723  $\mu g/L-N$  (Well et al., 2005). Fox et al. (2014) also reported elevated maximal concentrations of  $N_2O$  (2100  $\mu g/l-N$ ) in the groundwater of the Choptank River Basin (USA) (Jurado et al., 2017).

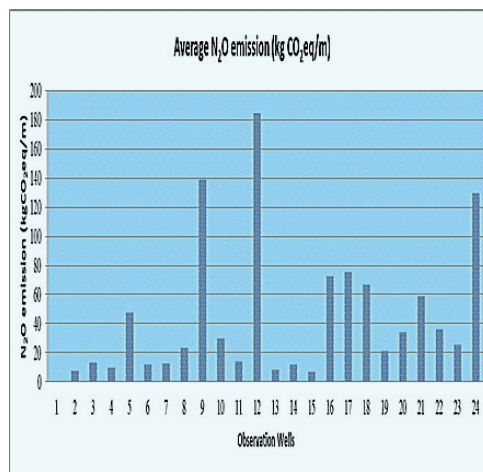


Figure 1. Average  $N_2O$  emission variation of the sampling points

And finally, seasonal variation of  $N_2O$  emissions was investigated. Figure 2 shows the seasonal variations of  $N_2O$  emissions. Figure 2 shows the seasonal  $N_2O$  emission variation.

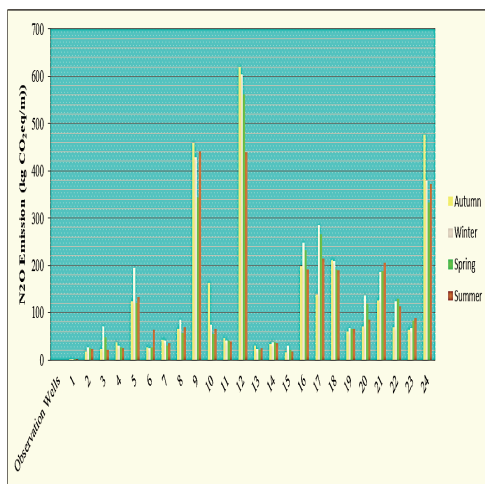


Figure 2. Seasonal  $N_2O$  Emissions Variations

As seen from Figure 2, in autumn, the maximum  $N_2O$  emissions have been observed. In terms of seasonal variation, Uğurlu well (12) has the maximum  $NO_3^-$  concentration and  $N_2O$  emission in autumn with the values of 2337 ppm and 619.305 kg  $CO_2$ -eq/m, respectively.

From this point of view,  $NO_3^-$  concentration could be used for the indicator of  $N_2O$  emissions from groundwater. It is considered that  $N_2O$  mostly generated due to the denitrification process. It is estimated that due to the agricultural activities, in Uğurlu well, maximum  $N_2O$  emissions have been observed. It is estimated that fertilizer use in Uğurlu well is much more than other wells.

## REFERENCES

American Public Health Association (APHA), American Water Works Association, 1995. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, USA.

Fox, R.J., T.R. Fisher, A.B. Gustafson, T.E. Jordan, T.M. Kana, M.W. Lang, 2014. Searching for the missing nitrogen: biogenic nitrogen gases in groundwater and streams.

J. Agric. Sci. 152 (S1), 96–106.

IPCC, 2014. Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change, Cambridge University Press, Cambridge, England.

Jurado, A., Borges, A.V. and Brouyère, S., 2017. Dynamics and emissions of  $N_2O$  in groundwater: A review. Science of the Total Environment 584–585, 207–218.

Jurado, A., Borges, A.V., Pujades E., Hakoun, V., Otten, J., Knöller, K. and Brouyère, S., 2018. Occurrence of greenhouse gases in the aquifers of the Walloon Region (Belgium). Science of the Total Environment, 619–620, 1579–1588.

Lord, I. and, S.G. Anthony, 2002. Agricultural nitrogen balance and water quality in the UK. Soil Use and Management, 18(4), 363–369.

Macpherson, G.L., 2009.  $CO_2$  distribution in groundwater and the impact of groundwater extraction on the global C cycle. Chem. Geol. 264 (1), 328–336.

Ravishankara, A.R., Daniel, J.S., Portmann, R.W., 2009. Nitrous oxide ( $N_2O$ ): the dominant ozone-depleting substance emitted in the 21st century. Science, 326 (5949), 123–125.

Schroeder, J.J., D. Scholefield, F. Cabral and G. Hofman, 2004. The effect of nutrient losses from agriculture on ground and surface water quality: the position of science in developing indicators for regulation. Environmental Science & Policy, 7, 15–23.

Smith, R.L., J.K. Böhlke, S.P. Garabedian, K.M. Revesz, T. Yoshinari, 2004. Assessing denitrification in groundwater using natural



gradient tracer tests with  $^{15}\text{N}$ : in situ measurement of a sequential multistep reaction. *Water Resour. Res.* 40, 1-17.

Well, R., H. Flessa, F. Jaradat, S. Toyoda, N. Yoshida, 2005. Measurement of isotopomer signatures of  $\text{N}_2\text{O}$  in groundwater. *J. Geophys. Res. Biogeosci.* 110 (G2).

Wick, K., C. Heumesser and E. Schmid, 2012. Groundwater nitrate contamination: Factors and indicators. *Journal of Environmental Management*, 111,178-186.

Yeşilnacar, M.İ. and M.S. Güllüoğlu, 2007. The effects of the largest irrigation of GAP project on groundwater quality, Sanliurfa – Harran Plain. *Fresenius Environmental Bulletin*, 16(2), 206-211.

Yeşilnacar, M.İ. and M.S. Güllüoğlu, 2008. Hydrochemical characteristics and the effects of irrigation on groundwater quality in Har-

ran Plain, GAP Project, Turkey. *Environmental Geology*, 54(1), 183-196.

Yeşilnacar, M.İ., E. Şahinkaya, M. Naz and B. Ozkaya, 2008. Neural Network Prediction of Nitrate in Groundwater of Harran Plain, Turkey. *Environmental Geology*, 56(1), 19-25.

Yeşilnacar, M.İ. and İ. Yenigün, 2011. Effect of irrigation on a deep aquifer: a case study from semi-arid Harran Plain, GAP Project, Turkey. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, 70, 213–221.

**JEOARKEOLOJİ / GEOARCHAEOLOGY**

Erhan ALTUNEL - Namık YALÇIN - Bülent ARIKAN - Mehmet ÖZDOĞAN

---

***Sözlü Sunumlar/Oral Presentations***

***TAM METİN BİLDİRİLER/***

***PROCEEDINGS***





## Ḫattuša Arkeolojik Alanında Arkeosismolojik Gözlemler

### *Archaeoseismological Observations at Ḫattuša Archaeological Site*

Ökmen Sümer<sup>1</sup>, Mahmut Göktaş Drahor<sup>2</sup>, Meriç Aziz Berge<sup>2</sup>, Atilla Ongar<sup>2</sup>,  
Andreas Schachner<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Dokuz Eylül Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Tınaztepe Kampüsü, İzmir

<sup>2</sup>Dokuz Eylül Üniversitesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, Tınaztepe Kampüsü, İzmir

<sup>3</sup>Deutsches Archäologisches Institut, Gümüşsuyu, İstanbul

(okmen.sumer@deu.edu.tr)

**Öz:** Ḫattuša kenti Çorum iline bağlı Boğazkale ilçesinde yer alır. Kent tektonik olarak, Amasya Makaslama Zonu (AMZ) içindedir ve kuzeyinde Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ) ile Sungurlu Fayı bulunmaktadır. Hitit İmparatorluğu'nun uzun bir süre başkenti olan kent, M.Ö. 16. yy ortalarından sonra anıtsal yapılar ile gelişmiştir. Bu yapılar kenti çevreleyen Ana Kent Surları, Aşağı Şehirdeki magazinler ve Büyük Tapınak, Yukarı Şehirdeki Aslanlı Kapı, Yerkapı, Kral Kapısı ve farklı boyutlarda tapınaklar içeren Tapınaklar Mahallesidir. Kentteki olası tarihsel deprem izlerini araştırmak amacıyla 2018 yılı kazı döneminde kent ve çevresinde arkeosismolojik çalışmalar yürütülmüştür. Ön sonuçlar, kentin yapılarındaki açılma, burulma, yer değiştirme, ondülasyon ve sismogravitasyonel deformasyon öğelerinin kendi içlerinde sistematik bir yapıya sahip olduğunu ve kentin M.Ö. 16.yy dan sonra deprem ya da depremlerden etkilendiğini açıkça göstermektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Arkeosismoloji, deformasyon, deprem, Ḫattuša, Hitit

**Abstract:** The ancient city of Ḫattuša is located in Boğazkale district of Çorum province. The city is tectonically located within the Amasya Shear Zone (AMZ), and The North Anatolian Fault Zone (NAFZ) and Sungurlu Fault occur to the north. The city was the capital of Hittite Empire for a long time and after the mid-16th century (BC), it developed with monumental structures. These structures are the Main City Walls surrounding the city, the magazines and the Great Temple in the Lower City, the Lion Gate, the Yerkapı, the King's Gate and the Temples quarter including different sizes of temples in the Upper City. In the ancient city and its environs during the 2018 excavation period archaeoseismological studies were carried out, in order to investigate possible historical earthquake traces in the city. Preliminary results showed that the dilation, torsion, dislocation, undulation and seismogravitational deformation elements in the ancient structures of the city have a systematic pattern within themselves and, earthquake or earthquakes affected the city after 16th century BC.

**Keywords:** Archaeoseismology, deformation, earthquake, Ḫattuša, Hitit

## GİRİŞ

Orta Anadolu, Türkiye'nin diğer alanlarına oranla sismik aktivite bakımından daha suskun bir bölgesinde yer alır. Jeolojik olarak Orta Anadolu Koçyiğit (2003) tarafından Ketin (1966)'da önerilen Anatolidler'in orta kesimini oluşturan alana karşılık geldiği belirtilirken, bu alan Şengör (1980)'de deformasyon anlamına gelen "Ova rejimi" şeklinde nitelendirilmektedir. Alan kuzeyde Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ), kuzeybatıda Eskişehir - İnönü Fay Zonu (EİFZ) ve Afyon - Akşehir Fay Sistemi (AAFS) ile doğuda Orta Anadolu Fay Zonu (OAFZ), Deliler Fay Zonu (DFZ) ile güneyde Niğde Fay Zonu (NFZ) arasındaki ters üçgen ve kama geometrilik coğrafik alanı temsil eder (Şekil 1a). Bölgede Neotektonik dönem yapıları üzerinde gerçekleştirilen çalışmalar fazladır (örn. Pasquaré vd., 1988; Dirik & Göncüoğlu, 1996; Koçyiğit, 1991 ve 2003; Kaymakçı vd., 2003; Erturaç & Tüysüz, 2012).

Bu alan içerisindeki en önemli yapısal unsurlar kuzeyde KAFZ'nin orta bölümünden ayrılıp güneye doğru at kuyruğu (horsetail structure) geometrisinde dallanarak gelişen Amasya Makaslama Zonu (AMZ) (Erturaç & Tüysüz, 2012), alanın batısında yaklaşık K-G uzanımlı ve ters bileşenli Çankırı Fayı (ÇaF) (Emre vd. 2011a) ve alanın güney uçundaki en bilinen yapısal süreksizlik olan Tuz Gölü Fayı'dır (TGF) (Koçyiğit, 1991). AMZ ise birbirine paralel/yarı paralel yaklaşık D-B ve KD-GB uzanımlı birçok fay ve fay zonundan oluşur. Bunlar en güneyde Almus Fayı (AF) olmak üzere kuzeye doğru Çekerek (ÇF), Kazankaya (KF), Sungurlu (SF) ve Ezinepazarı (EF) fayları ile en kuzeyde Laçın ya da Merzifon – Esençay Fay Zonu'dur (MEFZ) (Koçyiğit, 2003; Emre vd., 2011b) (Şekil 1b).

Hitit İmparatorluğu'nun başkenti olan Hattuşa kenti, AMZ içinde yer alan en önemli arkeolojik yerleşimdir. Kent yapısal anlamda, Sun-

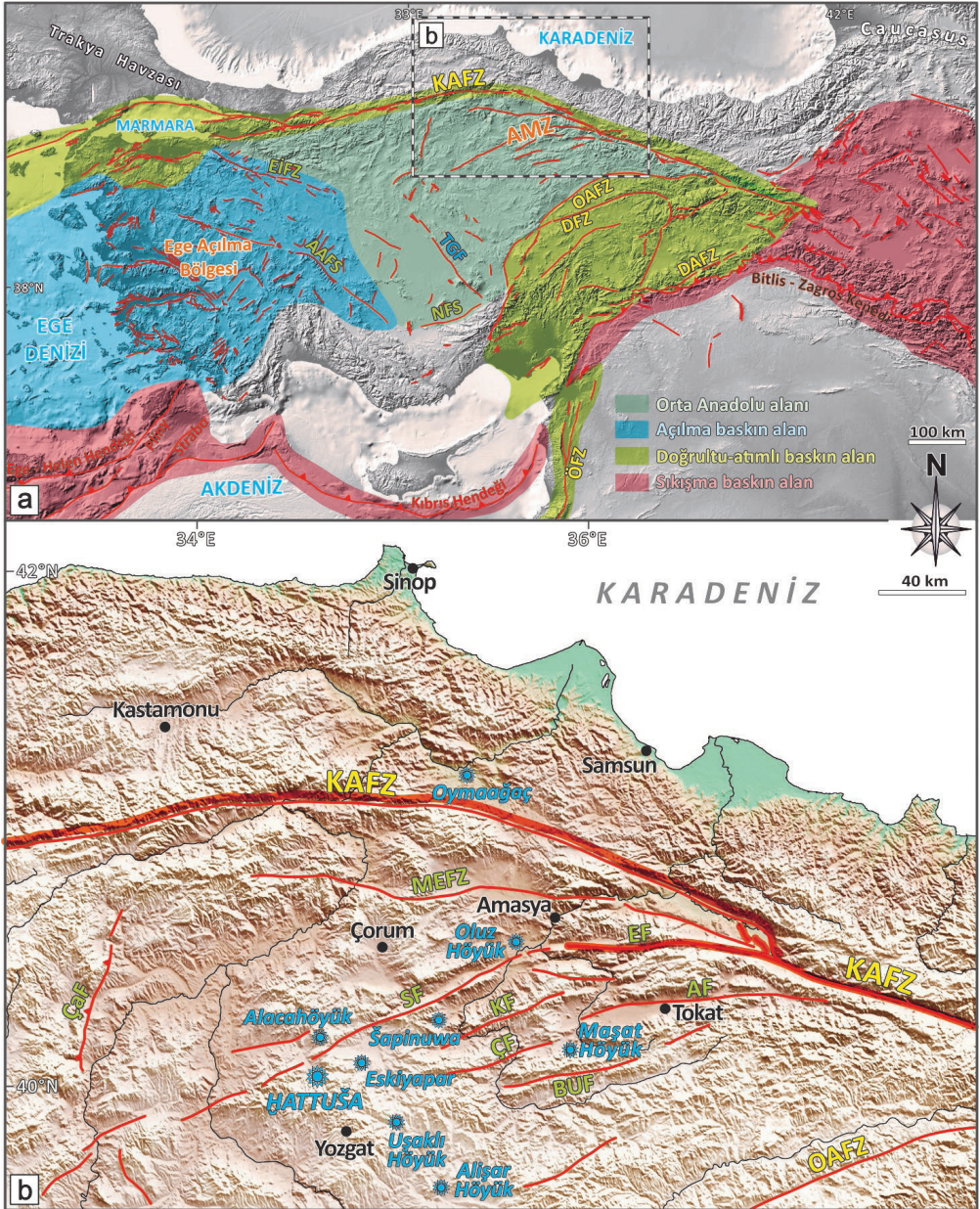
gurlu Fayı'na bitişiktir. KAFZ'nin ana koluna uzaklığı ise yaklaşık 100km'dir (Şekil 1b).

KAFZ gibi Dünyanın en iyi bilinen ve deprem tekrarlama aralığı ile deprem büyüklüğü bakımından benzersiz bir aktif fay zonu olan bölgeye yakın yerleşen Hattuşa ve Hitit uygarlığı depremleri hakkında ne yazık ki yeterli bir bilgi mevcut değildir. 600 yıla yakın bir süre hüküm süren Hitit uygarlığının depremselliği yüksek olan bölgedeki eski depremlerden etkilenmemiş olması mümkün değildir. Arkeolojik kayıtlarda doğrudan bu konuda bir bilgi bulunmamakla birlikte, bölgede arkeosismolojik anlamda çalışma eksikliği de bulunmaktadır. Hitit dönemi depremleri yer bilimsel anlamda Drahor vd. (2016 ve 2017) dışında hiç araştırılmamıştır. Bu bağlamda, bölgedeki çalışmaların yeterli olmadığı ve yoğunluk kazanması gerektiği açıktır. Bu gibi çalışmalar Hitit çağı depremselliğine katkı sağlayacak ve böylece bölgenin güncel depremselliğine de kuşkusuz katkısı olacaktır. Bu çalışma kapsamında, Hitit İmparatorluğu'na yaklaşık 400 yıl başkentlik yapmış Hattuşa kenti içinde ve çevresinde 2018 yılı kazı döneminde yapılan arkeosismolojik gözlemlerin ön sonuçları ilk kez aktarılacaktır.

## HATTUŞA ARKEOLOJİK ALANI

Hattuşa kenti Çorum ilinin Boğazkale ilçesinde yer alır. Hitit tarihindeki en önemli yerleşim olan ve eski krallık döneminden itibaren yaklaşık 400 yıl başkentlik yapmış olan kentte bilinen en eski arkeolojik buluntular Kalkolitik Çağ'dan itibaren başlayarak Bizans dönemine kadar uzanır (Seeher, 2000). Kentin ilk keşfi Texier (1839) ile başlasa da, ilk sistematik arkeolojik kazılar 1906'da gerçekleştirilmiştir (Schachner, 2011). Kent en büyük gelişimini Hitit İmparatorluk döneminde yaşamış olsa da özellikle anıtsal boyutta yapıların inşa edilmesi M.Ö. 16. yy ortasından itibaren Eski Hitit Krallığı döneminde başlamıştır (Schachner, 2011). Kentin,





Şekil 1. (a) Türkiye'nin aktif tektonik haritası (Şengör, 1980; Bozkurt, 2001; Koçyiğit, 2003 ve Emre vd., 2013'den birleştirilerek düzenlenmiştir, (b) Hattuşa kenti ve diğer Hitit Yerleşimlerinin Amasya Makaslama Zonu içindeki konumu (Harita üzerindeki fay verilerinin kısaltma ve atıfları için lütfen metnine bakınız).

gerek coğrafik gerekse arkeolojik olarak bölümlendirmesi iki ana eksenle yapılmaktadır. Bunlar kentin kuzey bölümünde bulunan ve 10 poternli bir surla güneyinden ayrılan Aşağı Şehir ve tapınakların yoğunlukta bulunduğu Yukarı Şehir'dir. Aşağı Şehirdeki önemli yapılar Büyükkale, Magazinler ve Büyük Tapınak bölgesi, hububat ambarları, Ambarlıkaya ve Kesikkaya'dır. Kentin güneydeki Yukarı şehirde ise Aslanlı Kapı, Kral Kapısı, Tapınaklar Mahallesi, Yenicekale, Sarıkale ve kentin güney sınırındaki eşi benzeri olmayan antısal Yerkapı'dır (Schachner, 2011).

## ARKEOSİMOLOJİK BULGULAR

Kent içindeki arkeolojik yapılar üzerinde gerçekleştirilen arkeosismolojik gözlemler ana hatlarıyla bölgesel anlamda Yukarı ve Aşağı Şehirlerdeki gözlemler olarak ikiye ayrılır. Yukarı Şehirdeki Aslanlı Kapı'da K65D gidişli ana koridorun GD duvarında 32 cm ve KB duvarında ise 30 cm'lik güneybatıya doğru açılmalar dikkat çekicidir. Güneydeki Yukarı Şehir ana surlarındaki doğu girişindeki Kral Kapısı'nda ise güney duvarın dış sur bölümünde yatay eksen üzerinde yaklaşık 50 cm'lik bir dış bükey kabarma tespit edilmiştir.

Tapınaklar Mahallesi'ndeki özellikle 2 ve 3 nolu tapınaklar ise sırasıyla K3D ve K4B ana eksenlerinde ve yatay düzlem üzerinde anti-form geometride ondülasyonlu bir deformasyon geçirmiştir. Aşağı Şehirdeki en dikkat çekici deformasyon ögesi ise, Büyük Tapınak ve magazinler alanındaki sismogravitasyonel deformasyon çatlaklarıdır. Büyük Tapınağı boydan boya kat eden ve yaklaşık olarak 100 metre takip edilebilen ortalama K45D uzanımlı bu çatlığın güneybatıya doğru devamında da magazinler arasında bulunan ana yolda bükülmeler tespit edilmiştir.

## ÖN SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Orta Anadolu'nun kuzeyinde yer alan Hattuşa kentinin bulunduğu bölge göreceli olarak

Türkiye'nin diğer bölgelerine göre düşük hızlarda (Reilinger vd., 2006 GPS verilerine göre 2 mm/yıl'dan daha az) bir deformasyon geçiren sahtir. Son aletsel dönemdeki deprem verileri ise AMZ içinde büyüklüğü  $M_w < 4$  olan 50'nin üzerinde ve tarihsel dönemde en az 5 yıkıcı depreme işaret eder (Erturaç & Tüysüz, 2012). Gerek düşük GPS verileri gerekse sismolojik verilerdeki kısırlık, bölgede deformasyonun nispeten az olduğunu yansıtsa da, bölgedeki fayların kinematik ve geometrik özellikleri  $M_w \leq 7$  büyüklüğünde deprem yaratma potansiyelinde olduklarını gösterir. Bu bağlamda, bölgedeki aktif fayların deprem tekrarlama periyodu bakımından incelenmesi ve bölgede paleosismolojik / arkeosismolojik verilerin yoğunlaştırılması gerektiği açıktır. Bunun yanı sıra özellikle uzun bir dönem bölgede hüküm sürmüş Hitit İmparatorluğu'nun kentleri üzerindeki arkeosismolojik araştırmalar artırılmalı ve bölgede hendek ya da karot tabanlı paleosismolojik çalışmalar yürütülmelidir.

Hattuşa kentinde gözlemlenen deformasyon öğeleri kendi içinde sistematik bir düzene sahip olup, kentin M.Ö. 16. yy'dan sonra deprem ya da depremlerden etkilendiğini açıkça göstermektedir. Fakat bu yapıların benzer arkeolojik dönemlere ait olmaları ve stratigrafik olarak farklı kültür katmanlarıyla örtülmemeleri kenti etkilemiş deprem ya da depremlerin tarihlendirilmesini büyük ölçüde zorlaştırmaktadır. Bu bildiriye aktarılan veriler Hattuşa'da yapılan ön çalışmalar olup, bu çalışmaların gelecek kazı döneminden başlayarak paleosismolojik ve arkeosismolojik çalışmaların genişletilmesiyle Hitit dönemi depremlerinin incelenmesi anlamında sürdürülmesi planlanmıştır.

## KATKI BELİRTME

Bu çalışma, Deutsches Archäologisches Institut (DAI) 2018 kazı projesi ve GEOİM LTD tarafından desteklenmiştir.

## KAYNAKLAR

Bozkurt, E., 2001. Neotectonics of Turkey - a synthesis. *Geodinamica. Acta*, 14, 3-30.

Dirik, K. and Göncüoğlu, M.C., 1996. Neotectonic characteristics of central Anatolia. *International Geology Review*, 38(9), 807-817.

Drahor, M.G., Berge, M.A., Ongar, A. ve Ortan, B., 2016. Hitit başkenti Şapinuva'da arkeosismoloji çalışmaları. Aktif Tektonik Araştırma Grubu 20. Çalıştay, 13-15 Ekim 2016, Denizli, s. 21.

Drahor, M.G., Sümer, Ö., Ongar, A., Ortan, B., Berge, M.A., Süel A., ve Ayyıldız, S. 2017. Şapinuva Arkeolojik Alanında 2017 yılında yapılan arkeosismolojik gözlemler. Aktif Tektonik Araştırma Grubu 21. Çalıştay, 26-28 Ekim 2017, Afyonkarahisar, s. 44.

Emre, Ö., Duman, T.Y., Özalp, S., Olgun, Ş. ve Elmacı, H. 2011a. 1:250.000 Ölçekli Türkiye Diri Fay Haritası Serisi, Çankırı (NK 36-15) Paftası, Seri No:24, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara.

Emre, Ö., Duman, T.Y., Özalp, S., Elmacı, H. ve Olgun, Ş. 2011b. 1:250.000 Ölçekli Türkiye Diri Fay Haritası Serisi, Çorum (NK 36-16) Paftası, Seri No:30, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara.

Emre, Ö., Duman, T.Y., Özalp, S., Elmacı, H., Olgun, Ş. ve Şaroğlu, F. 2013. Açıklamalı Türkiye Diri Fay Haritası, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Özel Yayın Serisi - 30, Ankara.

Erturaç, M.K. and Tüysüz, O. 2012. Kinematics and basin formation along the Ezinepazar-Sungurlu fault zone, NE Anatolia, Turkey. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 21(4), 497-520.

Kaymakçı, N., Duermeijer, C.E., Langereis, C., White, S.H. and Van Dijk, P.M. 2003. Palaeomagnetic evolution of the Çankırı Basin (central Anatolia, Turkey): implications for oroclinal bending due to indentation. *Geological Magazine*, 140(3), 343-355.

Ketin, İ. 1966. Anadolu'nun tektonik birlikleri. *Maden Tetkik ve Arama Dergisi*, 66, 20-34.

Koçyiğit, A. 1991. Changing stress orientation in progressive intracontinental deformation as indicated by the neotectonics of the Ankara region (NW Central Anatolia). *Turkish Association of Petroleum Geologists Bulletin*, 3 (1), 48-55.

Koçyiğit, A. 2003. General neotectonic characteristics and seismicity of Central Anatolia. TPJD, special publication, 5, 1-26.

Pasquaré, G., Poli, S., Vezzoli, L. and Zanchi, A. 1988. Continental arc volcanism and tectonic setting in Central Anatolia, Turkey. *Tectonophysics*, 146(1-4), 217-230.

Reilinger, R., McClusky, S., Vernant, P., Lawrence, et al. 2006. GPS constraints on continental deformation in the Africa-Arabia-Eurasia continental collision zone and implications for the dynamics of plate interactions. *Journal of Geophysical Research*, 111, B05411.

Schachner, A. 2011. Hattuscha: auf der Suche nach dem sagenhaften Großreich der Hethiter. C.H.Beck, München, (356 pp).

Seeher, J. 2000. Hattuşa/Boğazköy'ün Yerleşim Tarihine Yeni Katkılar: Büyükkaya Kazılarına Toplu Bir Bakış. *TUBA-AR*, 3(1), 15-34.

Şengör, A.M.C., 1980. Türkiye'nin neotektoniğinin esasları. *Türkiye Jeoloji Kurumu Konferans Serisi 2*, Ankara. (40 pp)

Texier, C. (1839). *Description de l'Asie mineure, Première Partie*. Didot Frères, Paris. (238 pp) + 83 figures.





## Geoarchaeological Investigations in the Amuq Valley of Hatay: Sediment Coring Project in the Environs of Tell Atchana

*Hatay Amik Ovası'nda Jeoarkeoloji Araştırmaları: Aaçana Höyüğü Çevresinde Sediman Karot Alma Projesi*

Ulaş Avşar<sup>1</sup>, Murat Akar<sup>2</sup>, Charlotte Pearson<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Department of Geological Engineering, Middle East Technical University, Ankara, Turkey

<sup>2</sup>Department of Archaeology, Hatay Mustafa Kemal University, Hatay, Turkey

<sup>3</sup>Laboratory of Tree-ring Research, The University of Arizona, USA

(uavsar@metu.edu.tr)

**Abstract:** This study aims to reveal sedimentary traces of paleoenvironmental changes which occurred due to fluctuating climatic conditions and anthropogenic activities in the Amuq Valley of Hatay. As part of the regional geoarchaeological survey, piston coring equipment generally used for lacustrine and marine sediments was modified and reinforced to retrieve undisturbed sedimentary cores along the fields between Tell Atchana and Tell Tayinat. The preliminary age-depth model currently based on two C<sup>14</sup> dates implied that the longest core retrieved (ATC-2, 12.5 m-long) covers a 31 kyr-long sedimentary record. The cores were scanned by ITRAX micro-XRF scanner to obtain high-resolution optical images and geochemical data. The Pleistocene - Holocene transition is distinctly seen as a shift from higher Ca/Ti values due to drier/colder Pleistocene climate to lower Ca/Ti values due to warmer/wetter Holocene climate. Another distinct Ca/Ti anomaly starting from 1200 BC and lasting for almost three centuries implies a significant aridification, which may then be linked archaeologically with the collapse of the Hittite Empire.

**Keywords:** Amuq Valley, Geoarchaeology, Sedimentary Coring, Bronze Age, Iron Age, Paleoclimate

**Öz:** Bu çalışma Hatay ili Amik Ovası'nda iklimsel ve antropojenik aktivitelere bağlı olarak değişen paleocoğrafyanın sedimanter izlerini açığa çıkarmayı hedeflemektedir. Genellikle göl ve deniz sedimanları için kullanılan piston-karot ekipmanı geliştirilerek, Aaçana ve Tayinat höyükleri arasında bulunan alandan karotlar alınmıştır. İki adet radyokarbon ölçümü ile oluşturulan yaş-derinlik modeline göre, 12.5 metre uzunluğundaki ATC-2 karotu 31 bin yıllık sedimanter kayıt içermektedir. Karotlar ITRAX micro-XRF tarayıcıda taranarak yüksek çözünürlüklü optik görüntü ve jeokimyasal veri elde edilmiştir. Pleyistosen - Holosen geçişi, kuru/soğuk Pleyistosen iklimini temsil eden yüksek Ca/Ti değerlerinden, sıcak/nemli Holosen iklimini temsil eden daha düşük Ca/Ti değerlerine doğru bir kayma ile net bir şekilde görülmektedir. Ciddi bir kuraklaşma döneminin göstergesi olan ve M.Ö.1200'lerde başlayıp yaklaşık üçyüz yıl sürdüğü görülen bir diğer Ca/Ti anomalisi ise arkeolojik olarak Hitit İmparatorluğu'nun çöküş dönemiyle ilişkilendirilebilir.

**Anahtar Kelimeler:** Amik Ovası, Jeoarkeoloji, Sediman Karotu, Tunç Çağı, Demir Çağı, Paleoiklim

## INTRODUCTION

The shift from 3<sup>rd</sup> to 2<sup>nd</sup> (ca. 2200–2000 BC) and from 2<sup>nd</sup> to 1<sup>st</sup> (ca. 1200–1000 BC) millennium BC in Anatolia, the Near East and the Eastern Mediterranean have revealed archaeological data that indicates periods of stress and trauma leading to the collapse of urban centers, kingdoms and empires (for a general archaeological discussion see Sagona and Zimansky 2009 and Akkermans and Schwartz 2003). The archaeological understanding of collapse in a supra-regional framework was defined by the destruction or abandonment deposits traced in several late 3<sup>rd</sup> millennium BC urban centers. This was then followed by a period of slow regeneration and re-urbanization pattern with the re-establishment of long-distance trade networks in the Middle Bronze Age. A similar degeneration was seen afterwards in Anatolia with the collapse

of the Hittite Empire at the end of the 13<sup>th</sup> century BC and later in the formation of the Neo-Hittite regional powers in Syro-Anatolia (Müller-Karpe 2009). While several factors including political stress, population movements and warfare have been stressed, the environmental determinist approach has now gained wide attention in defining a significant impact of climatic change in a wide geographical span (Weiss 2017 ed.).

## THE SEDIMENT CORING PROJECT IN THE AMUQ VALLEY OF HATAY

The modern Amuq Valley of Hatay was part of the territorial kingdom of Mukish in the 2<sup>nd</sup> millennium BC with its capital city, Alalakh (Tell Atchana) located near the major branch of the Orontes River. While the site maintained its ritual importance during the Iron Age, the main occupation was likely shifted to Tell

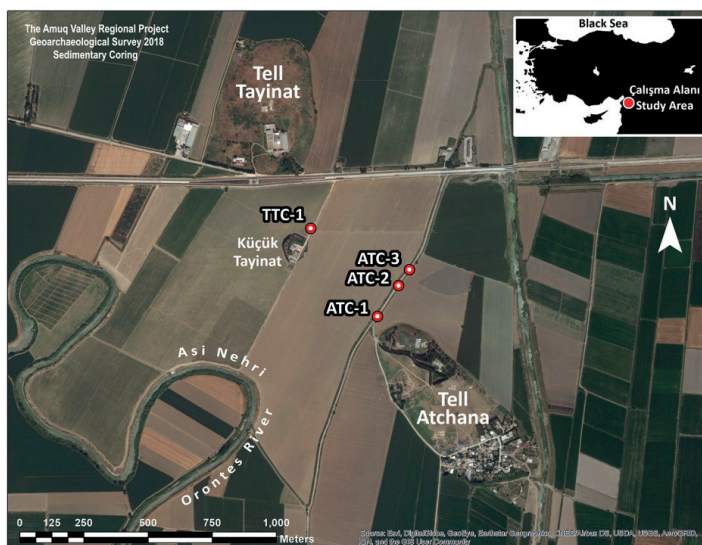


Figure 1. Sediment coring locations between Tell Atchana (AS 136) and Tell Tayinat (AS 126) labeled as ATC and TTC respectively. TTC-1 covered 7.5 m-long sedimentary sequence, where ATC-1, ATC-2 and ATC-3 covered 8.5 m, 12.5 m and 11.5 m, respectively. The results obtained from ATC-2 are the main scope of this paper.

Tayinat in the 13<sup>th</sup> century BC. This was the capital city Kunulua of the later Neo-Hittite Kingdom of P/Walastin (Patina/Unqi) situated 800 m northwest of Tell Atchana (Harrison 2009; Yener 2013; here in Fig. 1). Tell Tayinat also revealed a 3<sup>rd</sup> millennium BC archaeological sequence which was the regional center in the Early Bronze Age. Located between these two sites, a small-scale site named Küçük Tayinat (AS 127) remains to be archaeologically explored.

The first shift observed between these two capitals dates to approximately 2200 BC when climate change is proposed to have brought aridity and drought (indicated by low precipitation values) and is considered as a primary catalyst for the collapse of Early Bronze Age regional centers; the so called 4.2K event (Weiss 2017 ed.). In the Hattusha archives, the texts referring to drought and famine has indicated the possibility of another cycle of aridity felt within the borders of the empire including the Amuq valley at the end of the Late Bronze Age (Müller-Karpe 2009).

Paleoenvironmental and paleoclimatic records are traditionally obtained from lacustrine/marine sedimentary sequences, tree rings and cave deposits by using multi-proxy datasets and analyses. This study, on the other hand, attempts to combine archaeological and geological records from the same spatial and temporal setting to understand real-time effects of environmental changes in an agriculturally rich and geomorphologically shifting landscape. Thus, as part of the Amuq Valley Regional Project, a sedimentary coring program was initiated in the vicinity of the Bronze and Iron Age capitals to understand the impact of environmental changes occurring through these periods. Within the scope of this study, a marine piston coring system was modified and reinforced to acquire cores from terrestrial alluvial deposits. In April 2018, four sedimentary cores with a 9 cm radius

were taken along the fields between Tell Atchana, Küçük Tayinat and Tell Tayinat (Fig.1). Almost undisturbed horizontal layers seen in Fig.2a illustrate the success of the coring operation. The piston coring system used in this study was originally designed to operate in soft clayey marine/lacustrine deposits. However, after splitting the cores, it was observed that coarse-grained fluvial deposits were also successfully retrieved (Fig. 2b).

All along ATC-2 and only in one section of ATC-3, ITRAX micro-XRF scanning was performed by Mo-tube with an exposure time of 5 seconds for every 1 mm at the General Directorate of Mineral Research and Exploration (MTA) ITRAX Laboratory. Along the optical images provided by ITRAX, the profiles of red (R), green (G) and blue (B) were obtained to evaluate the color variations in the sediments. AMS C14 dating on two charcoal samples were carried out at the University of Arizona AMS Laboratory.

## RESULTS AND DISCUSSION

Four channel deposits, probably of the Orontes river, were detected along the ATC-2 core (Fig. 2c). The age-depth model for ATC-2 was established based on two radiocarbon dates (R1 and R2), and on the following assumptions: 1) The major sedimentological change at 7.3 m (Fig. 2c) was accepted as the Pleistocene Holocene transition ca. 9500 BC, 2) The Holocene sedimentation rate (H-SR) is assumed to be 0,13 cm/yr, and Pleistocene sedimentation rate (P-SR) to be 0,035 cm/yr, 3). Each time the Orontes channel reaches the location where the core is taken, it eroded 2.5 m of the sequence. Hence, channel deposits created 1925 years hiatus in the Holocene, and 7150 years in the Pleistocene. According to the age-depth model, the Pleistocene - Holocene transition is visible in both ATC-2 and ATC-3; it is characterized by a shift from higher Ca/Ti values due to drier/colder Pleis-

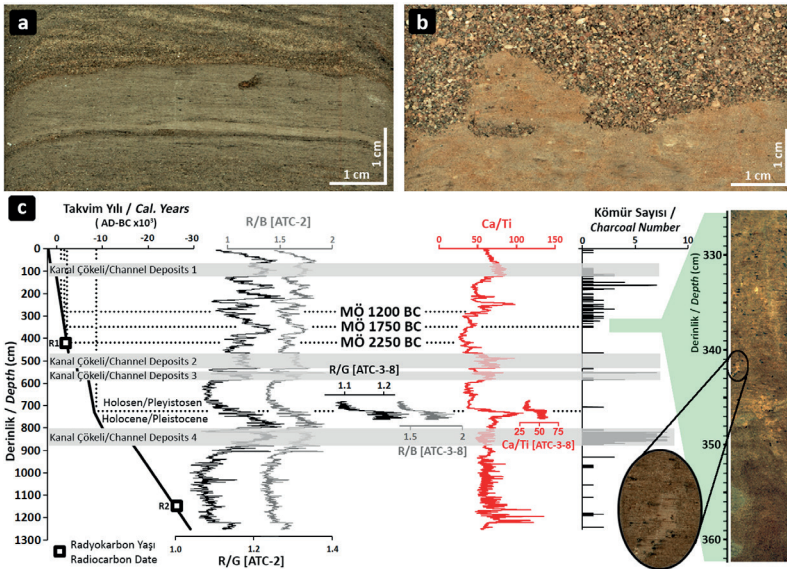


Figure 2. a) A close-up view of the ATC-2 core at 11.2 meters, illustrating how successfully (i.e. undisturbed) the sediments were retrieved. b) Another close-up view illustrating the transition from soil to coarse-grained channel deposits. c) Age-depth model, redness variation profiles (R/G and R/B), Ca/Ti geochemical profile with 1 mm resolution, and charcoal abundance plot along the sedimentary sequence between Tell Tayinat and Tell Atchana. Note that the channel of the Orontes River passed through the coring location four times during the last 20 kyrs. The Holocene-Pleistocene transition is obvious both in the redness variation and geochemical profiles at 7.3 m. The Ca/Ti peak starting from around 1200 BC may be the sedimentary trace of the 3.2 kyr aridification event. The charcoal abundance plot implies that intensive farming activities started around 1750 BC. The tiny Ca/Ti peak around 2250 BC may be related to the 4.2 kyr aridification event. AMS C<sup>14</sup> dating on two charcoal samples were carried out at the University of Arizona AMS Laboratory, and the raw dates were calibrated by using OxCal 4.2.3 software (Bronk Ramsey, 2013) based on the IntCal13 atmospheric curve of Reimer et al. (2013).

tocene climate to lower Ca/Ti values due to warmer/wetter Holocene climate (Fig. 2c). In the upper parts of ATC-2 (240-280 cm), a distinct Ca/Ti anomaly is observed that can be attributed to the dry conditions due to the 3.2 kyr aridification event (i.e. 1200 BC). However, along the Ca/Ti profile, there is no significant anomaly that could be directly linked to the 4.2K aridification event (i.e. 2200 BC). Another important observation is the onset of high charcoal content observed from 1750 BC onwards, that can be linked with the

beginning of intensive farming archaeologically synchronized with the succession of the Yarim-Lim dynasty at Alalakh.

It is important to emphasize that the interpretations given above are preliminary and the geological and archaeological data is synchronized only by two radiocarbon dates. In the second stage of this research, the age-depth model of ATC-2 will be significantly improved with the aid of more radiocarbon dates. In addition to ITRAX micro-XRF scanning,

mineralogical, palynological and paleobotanical methods will be utilized to improve and strengthen the interpretations given above through multi-core investigations at different locations within the Amuq valley.

## ACKNOWLEDGEMENTS

The Amuq Valley Archaeological Survey is conducted by permissions obtained by the Turkish Ministry of Culture and Tourism (Project # YA013103(2018)). The project is funded by Hatay Mustafa Kemal University (BAP #18.M.018) and by AKMED Suna & İnan Kırac Research Center for Mediterranean Civilizations (Project #2018/P.1019). We would like to thank to Prof. Dr. K. Aslıhan Yener for her encouragement and support through the development of this research project. We are also thankful to Müge Bulu Akar and Aziz Cüzdanoglu for their help and efforts during coring operations.

## REFERENCES

Akkermans, P. M. M. G., and G. M. Schwartz. 2003. *The Archaeology of Syria: From Complex Hunter-Gatherers to Early Urban Societies (ca. 16,000-300 BC)* (Cambridge University Press: Cambridge).

Bronk Ramsey, C., 2013. OxCal Program v. 4.2.3 Radiocarbon Accelerator unit. University of Oxford, Oxford, U.K. (Available at <https://c14.arch.ox.ac.uk/oxcal.html>).

Harrison, T. P. 2009. 'Neo-Hittites in the land of "Palistin" Renewed Investigations at Tell Ta'yinat on the Plain of Antioch', *Near Eastern Archaeology*, 72: 174-89.

Müller-Karpe, A. 2009. 'The Rise and Fall of the Hittite Empire in the Light of Dendroarchaeological Research.' in S.W. Manning and M.J. Bruce (eds.), *Tree-Rings, Kings, and Old-World Archaeology and Environment: Papers Presented in Honor of Peter Ian Ku-*

niholm (Oxbow Books: Oxford).

Reimer, P.J., et al., 2013. IntCal13 and Marine13 radiocarbon age calibration curves, 0–50,000 years cal BP. *Radiocarbon*, 55 (4), 1869–1887.

Sagona, A. and Zimansky, P. 2009. *Ancient Turkey* (Routledge: New York).

Yener, K. A (ed.), 2005. *The Amuq Valley Regional Projects. Volume One. Surveys from the Years 1995-2002* (Oriental Institute Press: Chicago).

Weiss, H. (ed.). 2017. *Megadrought and Collapse from Early Agriculture to Angkor* (Oxford University Press: New York).

**JEODEZİ / GEODESY**

Haluk ÖZENER - Bahadır AKTUĞ-İbrahim TİRYAKIOĞLU

---

***Sözlü Sunumlar/Oral Presentations***

***TAM METİN BİLDİRİLER/***

***PROCEEDINGS***







## Dinamik Koşullar Altında Farklı Zemin Yapılarında Oluşacak Kayma-Gerilme Davranışlarının Jeodezik Çalışmalardaki Önemi

*Comparison Of Shear-Stress Behavior On The Synthetic Models Of Different Soil Structure Under Dynamic Conditions By Using Finite Element Method Analysis*

**Mustafa Akgün<sup>1</sup>, Ahmet Turan Arslan<sup>1</sup>, Hasan Sözbilir<sup>2</sup>, Bayram Kahraman<sup>3</sup>,  
Özkan Cevdet Özdağ<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeofizik Mühendisliği Bölümü, Buca/İZMİR

<sup>2</sup>Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Buca/İZMİR

<sup>3</sup>Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü, Buca/İZMİR

<sup>4</sup>Dokuz Eylül Üniversitesi, Ege Bölgesi Uygulama ve Araştırma Merkezi, İnciraltı/İZMİR  
(mustafa.akgun@deu.edu.tr)

**Öz:** Bu çalışmada, GPS istasyon noktalarında deprem sırasında oluşabilecek Kayma-Gerilme Davranışlarını tanımlamak için farklı zemin anakaya modelleri kullanılarak analizler gerçekleştirilmiştir. Bunun için farklı iki zemin anakaya modeli üzerinde dinamik koşullar altında gerilme-kayma deformasyonlara bağlı olarak oluşabilecek yatay ve düşey yer değiştirme değerlerine göre deformasyon tanımları yapılmıştır. Bu analizler sonlu elemanlar yöntemi ile Rocscience Phase<sup>2</sup> (V 9.029) programı ile gerçekleştirilmiştir. Dinamik analizde deprem yatay kuvveti olarak 21.Nisan 2017 tarihinde Manisa Selendi bölgesinde meydana gelen ve Mw=5 olan depremin 5 farklı Kuvvetli Yer hareketi istasyonuna ait ivme kayıtları kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre max gerilme-kayma deformasyonları deprem büyüklüğüne, yeraltısuyu seviyesine, mühendislik anakayasının derinliğine, zemin tabakalarının yanal ve düşey yöndeki dağılımları ile elastisite modülü (E), kayma modülü (G), poisson oranı, kohezyon kuvveti, içsel sürtünme açısı ve yoğunluk değerlerine bağlı olarak değişmektedir. Bu değişimler elastik, elastoplastik veya plastik seviyelerde oluşabilmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Sonlu elemanlar yöntemi, kayma deformasyonu zemin, mühendislik anakaya, elastoplastik elastic deformation, deformation, plastic deformation

**Abstract:** In this study , to identify the shear stresses behaviours that may occur during the earthquake at GPS station points, different ground bedrock models were analyzed. For this purpose, deformation definitions are made according to horizontal and vertical displacement values which can occur due to stress-shear deformations under the dynamic conditions on two different bedrock models. These analyzes were carried out with the finite element method Rocscience Phase2 (V 9.029). In the dynamic analysis, acceleration records belonging to the 5 different Strong Ground motion stations of the earthquake that occurred in Manisa Selendi region on the 21st of April 2017 and Mw = 5 were used. According to the obtained results, the



stress-strain deformations of the max, the magnitude of the earthquake, groundwater level, the depth of the engineering bedrock, the lateral and vertical distributions of the soil layers, the modulus of elasticity (E), the shear modulus (G), the poisson's rate, the cohesion force, the internal friction angle and the density are depending on their value. These changes can occur at elastic, elastoplastic or plastic levels.

**Keywords:** Finite element method, shear deformation, soil, engineering bedrock, displacement, engineering bedrock, elastoplastic elastic deformation, deformation, plastic deformation

## GİRİŞ

Deprem gibi zamana ve mekana bağlı olarak değişen ve dinamik yük olarak tanımlanan kuvvet etkisi ile zemin yüzeyinde yanal yönde yer değiştirmeler meydana gelir. Bu yer değiştirmeleri kontrol edecek parametreler zemin anakaya tanımı ile yapılır. Deprem mühendisliği yönünden zemin  $V_s < 760$  m/s. özelliğine sahip katmanlardan oluşur.  $V_s > 760$  m/s. olan ortam mühendislik anakayası olarak tanımlanır. Zeminde deprem sırasında Kayma-Gerilme Davranışlarına bağlı olarak meydana gelecek deformasyonların da elastik, elastoplastik veya plastik seviyelerde olabileceği bilinmektedir. Mühendislik anakaya içinde oluşabilecek deformasyonlarında daima elastik seviyelerde oluşacağı varsayımı yapılır. Bunun için sabit GPS istasyon noktalarında dinamik deprem kuvveti etkisinde oluşabilecek yer değiştirmelerinin hangi deformasyon seviyelerinde oluşabileceğinin araştırılması gerekir. Bunun için yapılacak zemin dinamik analizleri için gerekli derinliğe kadar (mühendislik anakaya  $V_s > 760$  m/s. seviyesi referans alınarak) zemin ana kaya modelleri kullanılır (Akgün ve diğ., 2015). Bu çalışmada

Bu çalışmada, farklı iki zemin anakaya modeli kullanılarak dinamik koşullar altında gerilme-kayma deformasyonlara bağlı olarak oluşabilecek yatay ve düşey yer değiştirme değerlerine göre deformasyon tanımları yapılacaktır. Bu analizler sonlu elemanlar yöntemi ile Rocscience Phase<sup>2</sup> (V 9.029) programı ile gerçekleştirilmiştir. Dinamik analizde

deprem yatay kuvveti olarak 21.Nisan 2017 tarihinde Manisa Selendi bölgesinde meydana gelen ve  $M_w=5$  olan depremin 5 farklı Kuvvetli Yer hareketi istasyonuna ait ivme kayıtları kullanılmıştır.

## ZEMİN MÜHENDİSLİK ANAKAYA MODELLEMESİ

İzmir kent alanı içinde örnek bir zemin mühendislik anakaya modeli hazırlamak için, için ortalama 200m. derinlik için zemin sondaj loğu bulunan bir alan seçilmiştir. Ayrıca bu alanda 2D boyutlu zemin mühendislik anakaya modeli hazırlamaya yönelik olarak kuyu içi sismik, mikrotremor array ve nokta ölçümleri ile MASW ve mikrogravite yöntemleri ile ölçümler yapılmıştır. Yapılan bu çalışmalardan elde edilen verilere göre zemin mühendislik anakaya modeli elde edilmiştir (Tablo 1)

Tablo 1. Zemin Anakaya Modeli

Tanım	$V_p$ (m/s)	$V_s$ (m/s)	Kalınlık(m)
Zemin1	345	200	45-150
Zemin2	778	450	14-37
Zemin3	475	275	75-370
Zemin4	953	550	60-90
Müh. Anakayası	1861	1075	

Bu hız değerleri ve çalışma alanında daha

önceden yapılan jeoteknik amaçlı sondajlar dikkate alınarak 1., 2. ve 3. tabakalar denizel kökenli alüvyonal zemin tabakaları, 4. tabaka Miyosen yaşlı volkanik birim, 5. tabaka ise Miyosen yaşlı tortul birim ve daha derin seviyeleri Miyosen öncesi temel kayaları olarak değerlendirilmiştir.

## DİNAMİK ANALİZ ÇALIŞMALARI

Dinamik deprem kuvveti ile oluşacak gerilme – makaslama deformasyonları, gerilme – şekil değiştirme özellikleri, buna bağlı olarak gelişen yatay ve düşey yöndeki yer değiştirmeler bilgisayar destekli sayısal çözümlene yöntemleri kullanılarak analiz edilir. Bu çalışmada statik ve dinamik koşullarda Phase<sup>2</sup> (V9.029) programı kullanılarak analizler yapılmıştır. Analizlerde ortalama 500 m derinlik, 5000 m uzunluğa sahip 2D zemin anakaya model kullanılmıştır (Akgün ve diğ., 2015). Dinamik analizler için 2 farklı kabuüle göre hazırlanan zemin anakaya modeli kullanılmıştır. Model 1 için jeofizik çalışmalar sonucunda saptanmış olan zemin tabakalarının yatay yöndeki doğal dağılımı, model 2 için de yatay ve homojen dağılım gösterdiği kabulü yapılmıştır.

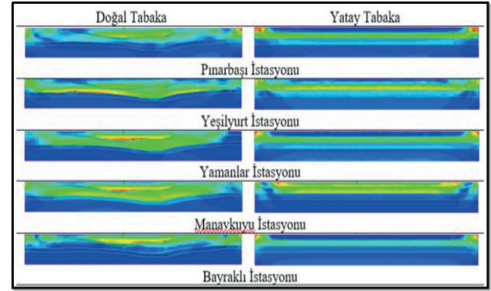
Deprem yükü olarak 21 Nisan 2017 tarihinde Manisa-Selendi bölgesinde meydana gelen 5 büyüklüğündeki (Mw=5) deprem kullanılmıştır. Ayrıca aynı deprem verisi üzerindeki deprem istasyon noktalarına ait zemin özelliklerinin etkisini vurgulamak için, İzmir Büyük Şehir Belediyesi sınırları içinde bulunan Pınarbaşı, Yamanlar, Manavkuyu, Yeşilyurt ve Bayraklı Kuvvetli Yer Hareketi (KYH) istasyonlarında kaydedilmiş ivme zaman kayıtları kullanılarak ayrı ayrı dinamik analizler yapılmıştır.

Bu amaçla zemin tabakalarının yatay ve yatay olmama kabullerine göre hazırlanan 2 farklı zemin anakaya modeli üzerinde aynı deprem için farklı 5 KYH istasyon verisi kullanılarak

zemin yüzeyinde alınan bir noktanın maksimum yanal yer değiştirmesi ayrı ayrı hesaplanmış ve Tablo 2 ve Şekil 1’de sunulmuştur.

Tablo 2. Zemin Yüzeyinde Alınan Bir Noktanın Maksimum Yatay Yer Değiştirme Değerleri

KYH İstasyonu	Model 1	Model 2
Pınarbaşı	0.16m.	0.18m.
Yeşilyurt	0.10m.	0.085m.
Yamanlar	0.23m.	0.23m.
Manavkuyu	0.22m.	0.18m.
Bayraklı	0.49m.	0.53m.



Şekil 1. Makaslama deformasyonlarının dinamik koşullarda doğal ve yatay tabakalanma durumunda kesit üzerindeki dağılımları.

Şekil 1 verilen kesitler değerlendirildiğinde, mavi tonlarda gösterilen renkler makaslama deformasyonlarının düşük, kırmızı renk tonu ile gösterilen bölgeler ise makaslama deformasyonlarının yüksek olduğu ve yoğunlaştığı bölgeleri göstermektedir.

Doğal ve yatay tabakalanma durumları değerlendirildiğinde, dinamik koşullarda makaslama deformasyonlarındaki dağılımı etkileyen parametreler, jeolojik yapı, birimlerin litolojik, jeolojik ve jeoteknik özellikleri ile KYH istasyon noktalarındaki zemin özellikleridir.

## SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Bu çalışmada, aynı deprem verisi için kayıt edilmiş 5 farklı KYH istasyon verisi ve iki farklı varsayıma göre hazırlanmış olan zemin anakaya modeli kullanılarak dinamik koşullar altında gerilme-kayma deformasyonları, yatay ve düşey yer değiştirmeleri bilgisayar destekli sayısal analiz yöntemleri ile irdelenmiştir. Aynı deprem verisi kullanılarak elde edilen analiz sonuçlarının jeolojik yapı, birimlerin litolojik, jeolojik ve jeoteknik özellikleri ile KYH istasyon noktalarındaki zemin özelliklerden etkilenebileceği saptanmıştır. Sonuç olarak, bu analizlerin mevcut sabit GPS istasyon noktaları için tanımlanacak zemin anakaya modelleri kullanılarak hem mevsimsel değişimler hem de farklı büyüklüğe sahip deprem verileri ile dikkate alınarak yapılması gerekir. Çünkü aynı ortam için mevsimsel etkilerle değişecek sismik S dalga hızı değişimleri zemin ve mühendislik anakayası olarak farklı tanımlar oluşturma olasılığı vardır.

## KAYNAKLAR

Akgün, M., Özdağ, Ö.C., Arslan, A.T., Gönenç, T., Kuruoğlu, M., 2015. Nakamura Harsar Endeksi Parametresinin Zemin Dinamik Analizlerinde Ön Bilgi Olarak Kullanılabilirliği. 3. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı 14-16 Ekim 2015 İzmir

**JEODEZİ / GEODESY**

Haluk ÖZENER - Bahadır AKTUĞ-İbrahim TİRYAKİOĞLU

---

**Poster/Posters**

---

***TAM METİN BİLDİRİLER/  
PROCEEDINGS***





## Farklı GPS/GNSS Parametrelerinin Heyelan İzlemede Konumlamaya Etkisi

### *The Impact of Different GPS/GNSS Parameters on Landslide Monitoring*

Deniz Güngördü<sup>1</sup>, R. Cüneyt Erenoğlu<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Canakkale Onsekiz Mart University, Faculty of Engineering, Department of Geomatics, 17020, Canakkale, Turkey.

(denizgungordu@comu.edu.tr)

**Abstract:** Landslides are one of the most dangerous types of natural disasters. In last decades, the Global Positioning System (GPS/GNSS) technology has shown that it is capable to monitor sub-centimeter landslide deformations. In this study, it is aimed to observe an active landslide area with the help of a micro-geodetic GPS/GNSS network and to determine statistically significant point deformations. In addition to this purpose, it is aimed to develop an optimum measurement and evaluation strategy for effective monitoring of active landslides by studying some parameters such as observation time, baseline lengths and altitude differences depending on the selected GPS/GNSS measurement technique. In this context, a micro-geodetic GPS/GNSS network was established after the geodetic network optimization. In the evolution of GPS/GNSS data, academic research software were used. The data obtained from the field were divided into subgroups and the effect of observation period, multipath effect, phase shift, atmospheric effects were investigated. As a result, it was determined that deformation occurred at some points of the landslide area.

**Keywords:** Landslide, Static, Rapid-Static, RTK, Deformation Monitoring, Natural Disasters.

**Öz:** Heyelanlar doğal felaketlerin en tehlikeli türlerinden biridir. Son yıllarda Global Konumlama Sistemi (GPS/GNSS) teknolojisi, santimetre altı heyelan deformasyonlarını izleyebildiğini göstermiştir. Bu çalışmada, mikro-jeodezik bir GPS/GNSS ağı yardımıyla aktif bir heyelan alanını gözlemek ve istatistiksel olarak önemli nokta deformasyonlarını belirlemek amaçlanmıştır. Bu amacın yanısıra seçilen GPS/GNSS ölçüm tekniğine bağlı olarak gözlem süresi, noktalar arasındaki baz uzunlukları ve yükseklik farkları gibi bazı parametreler çalışılarak pilot bir aktif heyelanın etkin olarak gözlenmesi için optimum ölçme ve değerlendirme stratejisinin geliştirilmesi hedeflenmektedir. Bu bağlamda, jeodezik ağ optimizasyonu sonrasında bir mikro-jeodezik GPS/GNSS ağı kuruldu. GPS/GNSS verilerinin değerlendirilmesinde akademik yazılımlar kullanıldı. Araziden elde edilen veriler alt gruplara ayrıldı ve gözlem süresinin etkisi, multipath etkisi, faz kayıklığı, atmosferik etkiler araştırıldı. Sonuç olarak, heyelan alanının bazı noktalarında deformasyon olduğu tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Heyelan, Statik Ölçme, Hızlı Statik Ölçme, RTK, Deformasyon İzleme, Doğal Afetler.

### INTRODUCTION

According to Bates and Jackson (1987), landslide is the downward transport of soil and

rock material under the influence of gravity. Landslides are frequently seen in our country as well as other countries and cause signifi-

cant damages. Due to the climatic changes, geological structure, geographic features, wrong land use and engineering structures of our country, landslides are frequently seen and are frequently repeated and transformed into a disaster. The most important reasons for our increasing losses are the changing climatic conditions, population growth, roads in landslide areas and wrong land use. Monitoring of landslide deformation and ground surface displacements can be achieved using different systems and techniques. These techniques can be classified as remote sensing or satellite techniques, photogrammetric techniques, geodetic techniques and geotechnical methods (Savvaidis, 2003).

In this study, it is planned to monitor the change in an active landslide field by using geodetic measurement approach in a time-dependent manner, three-dimensional modeling and to introduce relative displacements in the region. For this purpose, high accuracy GPS/GNSS measurement technique is used.

### Study Area and GPS/GNSS Measurements

Sevketiye was chosen as the study area which is located in Canakkale province, on the Bursa-Çanakkale highway and parallel to this road (Figure 1).

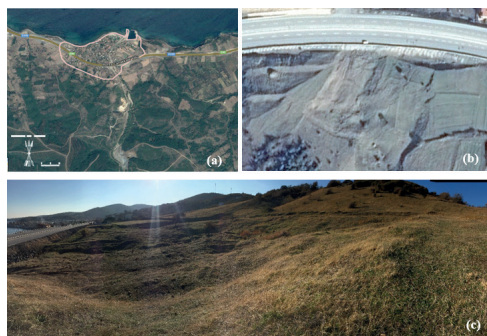


Figure 1. Location of Sevketiye village (a), Landslide area (b) and Panoramic photo of landslide area (c)

Eocene sediments are commonly seen in the Sevketiye region. The Eocene units were first defined as the Fiçitepe unit; then they named Fiçitepe formation. In the sandstone and conglomerate units of Fiçitepe formation, slip movements are observed, especially in the order of meters. Sliding movements in Sevketiye region are formed on yellowish brown colored sandstone and conglomerate units of Fiçitepe formation (Erenoğlu, 2013).

The landslide area is mostly open land without trees. Due to the double road construction in 2000s, landslide movement has started in the region and has grown gradually. As a result of this growth, some cracks occurred on the Bursa-Çanakkale highway. In the landslide area covering approximately 7300 m<sup>2</sup>, the height varies between 18 and 36 m and has an inclination angle of approximately 12 degree. In 2010, the highest precipitation was observed in the last 30 years. Rainfall that continues in high trends after 2010 is among the reasons that negatively affect landslides with road constructions.

GPS/GNSS measurements were performed in November, December, March and May, taking into account periodic changes as possible. A total of 19 points, 1 reference point and 18 of which were in the landslide area, were established. Between 2016 and 2017, GPS/GNSS measurements were carried out for approximately 2 years (Table 1). Each campaign was conducted on repetitive days as much as possible and at each observation session about 8 hours of static measurement was performed. The coordinates were obtained from these 19 points and evaluated with Bernese v.5.2 software. The parameters such as measurement method affecting the accuracy of GPS measurements, environmental factors, number of satellites, satellite geometry, distance from fixed receiver, ionospheric conditions, quality of the GPS receiver and time of measurement were evaluated according

to the current literature. Before planning the measurements, some of the above parameters were tried to be minimized by selecting the appropriate measurement time, the appropriate measuring receiver and the measurement method. In this direction, GPS / GNSS points to be established in the landslide area were selected in the regions that will not be reflection and static method was used as the measurement method in order to avoid the signal reflection error. Approximately 2 hours of observations were carried out at every point in 30 seconds. It will be possible to identify the two-year movement to occur at points with these measurement campaigns.

Date/Day of GPS	17.11.2016/322 16.12.2016/351 22.03.2017/81 17.05.2017/137
Method	Static
Receiver Type	SATLAB GPS reciever
Antenna Type	İntegrated
GPS Observations	C1, P2, L1, L2
Data Interval	30 second
Elevation Angle	15°
Baseline	Varies between 3 and 105 m
Atmospheric Model	Saastamoinen Model
Ephemeris Files	igs57709.eph igs57738.eph igs57834.eph igs57890.eph

Table 1. Key parameters for GPS/GNSS campaigns.

### Deformation Analysis

The evaluation and interpretation of deformation measurements is called deformation analysis (Tanır, 2000). Measurements of mic-

ro-geodetic monitoring networks were carried out with GPS/GNSS measurement technique. The GPS data collected by the static method was evaluated with Bernese v.5.2 academic software. Thus, coordinate information and accuracy criteria for each measurement period of the points in the landslide monitoring networks were obtained. The main purpose here is to use statistical data collected from separate campaigns to prove whether there are any movements. By evaluating the data get by these measurements, it is aimed to obtain geodetic network point positions and velocity vector components. A deformation analysis was carried out using MATLAB software program. In addition, the orthogonal coordinates obtained from the adjustment were converted to the local orthogonal coordinate system. The velocity components between 4 periods were calculated separately and in total. Maximum values of velocities from the evaluation of GPS/GNSS data; it reaches between 17.11.2016 and 16.12.2016 horizontally -4.96 cm, vertical -3.64 cm; Between 16.12.2016 - 22.03.2017 horizontally -6.99 cm, vertical -8.65 cm; Between 22.03.2017 - 17.05.2017 horizontally -10.35 cm and -12.92 cm vertical. Total horizontal and vertical velocity vectors between 2016-2017 were calculated (Figure 2).

### Results

According to these results, in the landslide area, the horizontal movements determined as a result of deformation analyzes are seen as compatible with the landslide structures determined by geological and geophysical techniques. It is seen that there is a big collapse movement in vertical direction and there is swelling depending on ground structure in places. All of the point velocities are generally in the decreasing slope direction, ie from the crown to the heel. It has been determined that continuous data obtained on the same



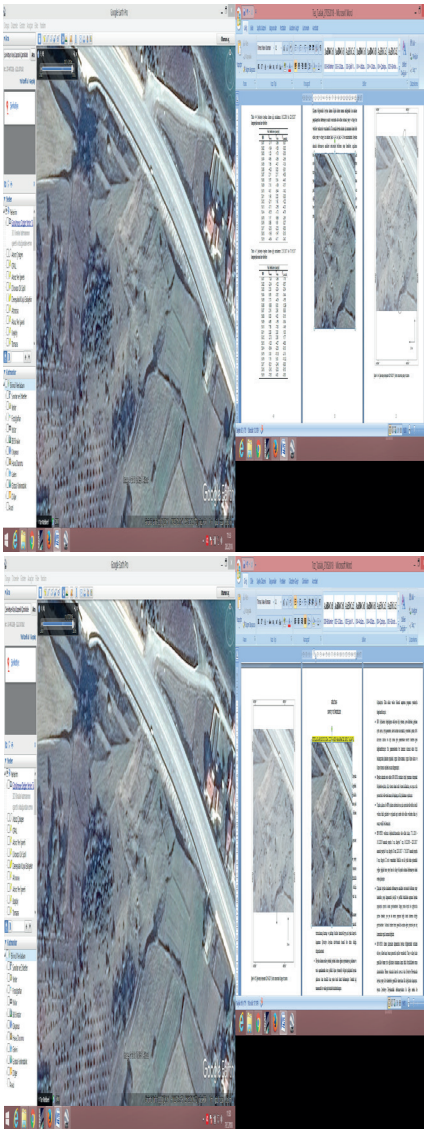


Figure 2. Horizontal and vertical velocity vectors between 2016-2017.

day in GPS observation times are better than data obtained on equal days and in total in the same period. Horizontal and vertical velocities usually occur in different sizes, although they tend to be similar. Horizontal mass movements are generally perpendicular to

the highway. In addition, another cause of deformations in the Sevketiye Landslide is the slope of the landslide areas by collecting the existing surface and groundwater triggering the deformation in this region.

## DISCUSSION AND CONCLUSION

Within the scope of the results obtained from the study; temporal monitoring of landslide activity should be continued in the region. As a fundamental problem in the field of landslide, suitable drainage of surface water should be performed to drain the surface water. Before the construction of art and engineering structures such as viaducts, bridges and roads, the landslide mechanism should be unearthed by appropriate techniques and necessary measures should be taken.

## REFERENCES

- Savvaidis P. D., 2003. Existing Landslide Monitoring Systems and Techniques. From Stars to Earth and Culture. In honor of the memory of Professor Alexandros Tsiumis pp. 242-258.
- Bates, R.L., and Jackson, J.A., 1987, Glossary of geology (3ded.): Alexandria, Va., American Geological Institute, p. 788.
- Erenoglu R.C., Akcay O., Sengul E., Komut T., Erenoglu O., 2013. Monitoring of landslides using geomatics and geophysical methods: the first findings from Sevketiye landslide, Canakkale, NW Turkey, International Symposium Modern Technologies, Education And Professional Practice In Geodesy And Related Fields, Sofia.

Tanır E., 2000. Deformasyon Analizinde Statik Değerlendirme Yöntemleri. Master Thesis. Karadeniz Technical University, Turkey.



## Ayvacık Mikrodeformasyon İzleme Ağının Jeodezik Yapısının Değerlendirilmesi

### *Evaluation of Geodetic Structure of Ayvacık Microdeformation Monitoring Network*

**Oğuzhan Bozkurt<sup>1</sup>, H. Edanur Çınar<sup>1</sup>, Deniz Güngördü<sup>1</sup>,  
Ramazan Cüneyt Erenoğlu<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Terzioğlu Kampüsü,  
Çanakkale

(ceren@comu.edu.tr)

**Öz:** Jeodezinin amacı zamana bağlı olarak fiziksel yeryüzünü ve çekim alanlarını belirlemektir. Bunun için fiziksel yeryüzüne ilişkin gözlemlerden yararlanılarak geometrik yöntemler yardımıyla dünyanın tamamının ya da bir kısmının şekli belirlenir. Teknolojik gelişmelere paralel olarak uydu jeodezisi yöntemleriyle de nokta koordinatları, koordinat farkları ve çekim alanları saptanmaktadır. Bu çalışmada, 06.02.2017 tarihinde Çanakkale ili Ayvacık ilçesinde meydana gelen deprem sonrası bölgedeki yüzey deformasyonları ve topoğrafyanın modellenmesi amacı ile ÇOMÜ-TUSAGA aktif sabit noktası ve bölgede bulunan fayların etrafında tesis edilen 9 adet karakteristik nokta kullanılarak oluşturulan ağ konfigürasyonundan belirli periyotlarla statik ölçü ile toplanan verilerden elde edilen mikrodeformasyon izleme ağı jeodezik yaklaşım ile ele alınmıştır. Bu amaçla ölçü sayısı, nokta ve bilinmeyen sayıları, serbestlik derecesi gibi parametrelerin sonuçlara etkileri araştırılmıştır. Çalışma sonuçlarına göre baz bileşenlerinin önsel standart sapmaları değişiminin, global stokastik yapıdaki değişimin güvenilirliğe, yaklaşık koordinat seçiminin etkisi yoktur. Ağdaki baz bileşeni sayısı ve istasyon sayısındaki değişimin ise güvenilirliğe ve kestirilen parametreler üzerinde farklı etkileri mevcuttur.

**Anahtar Kelimeler:** Deprem , Deformasyon , Stokastik, Serbestlik derecesi, MATLAB , GNSS

**Abstract:** The purpose of geodesy is to determine the physical earth and gravitational fields depending on time. For this purpose, the shape of the whole or part of the world is determined by using geometric methods by using the observations on physical earth. In parallel with the technological developments, point coordinates, coordinate differences and gravitational fields are determined by satellite geodesy methods. In this study, in order to model surface deformations and topography in the region of Ayvacık in Çanakkale province on 06.02.2017, ÇOMÜ-TUSAGA active static point is collected by using 9 static points with fixed points and 9 characteristic points around the region. The microdeformation monitoring network obtained from the data is discussed with the geodetic approach. For this purpose, the effect of parameters such as number of points, point and unknown numbers, degree of freedom on the results were investigated. It has benefited. According to the results of the study, there is no effect of the change of the standard standard deviations of the base components, the change in

the global stochastic structure, the reliability of the change in the global stochastic structure. The number of base components in the network and the change in the number of stations have different effects on reliability and estimated parameters.

**Keywords:** Earthquake, Deformation, Stochastic, Degree of freedom, MATLAB, GNSS

## GİRİŞ

Çalışma bölgesi olan Tuzla ve yakın çevresine en yakın noktada meydana gelen en büyük deprem 18 Mart 1953 tarihli Yenice-Gönen depremidir. Bölgedeki diğer büyük depremler incelendiğinde Marmara Bölgesi'nin çoğunlukla doğrultu atımlı faylanma ile ilişkili bir deformasyon etkisinde şekillendiği açıktır. Ayrıca, özellikle KAF'ın kuzey kolu boyunca ve Marmara Bölgesi'nin güneyinde normal faylanma ve güney kol üzerinde ters bileşenli depremler oluşmaktadır. Biga Yarımadası Güneybatı ucunda yer alan Ayvacık (Çanakkale) – Tuzla merkezli 6 Şubat 2017 tarihinde meydana gelen deprem (Mw=5.4) bu bölgenin tektonik davranışını ön plana çıkarmıştır. Ana deprem öncesi başlayan ve deprem sonrasında yoğun bir şekilde devam eden sismik aktivitenin gözlemlenmesi amacı ile başta Ayvacık köyleri olmak üzere yakın çevresine 10 adet sayısal 3-Bileşen geniş periyot sismometreler kurulmuştur. Geçici istasyonların yanında ulusal kurumlara ait farklı sismik ağındaki istasyonlarına ait açık veri tabanından da faydalanılarak sismolojik sonuçları yanında sismotektonik değerlendirilmesi yapılmıştır. Çalışma alanındaki ulusal sismik ağı istasyonlarının sayısının az olması sismolojik çözümlerin çözünürlüğünü etkilemektedir (Zheng-Kang, ve ark., 1994). Hem ulusal sismik ağına hem de geçici istasyonlara ait verinin birlikte değerlendirilmesi bölgenin tektonik niteliğinin anlaşılmasına katkılar sağlayacaktır (Bliham ve Gaur, 2000, Bürgmann ve ark., 2002; Politz ve ark., 2001)

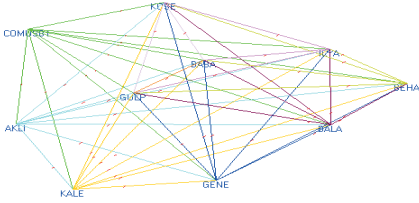
. İksel sonuçlar, ana şok ve episantr dağılımlarına göre kurulan geçici istasyonların sabit

ağlar ile karşılaştırıldığında özellikle mikrodrepremlerin tespit edilmesi ve yerlerinin belirlenmesinde önemli iyileştirmeler sağladığını göstermektedir. Bunun yanında ve orta büyüklükteki deprem verisine ait kaynak mekanizması çözümlerinde, ağırlıklı olarak KB-GD yönlü normal atım bileşeni baskın faylanma karakteri belirgindir. Tuzla fayında 14 Ocak 2017 (Mw=4.4) ile meydana gelen ve Babakale ve Kocaköy'ün güneyine doğru göç eden depremlerin mekanizma çözümleri normal faylanma gerilme rejimi ile uyumlu bir patern sergilemektedir (KOERİ, 2018, AFAD, 2018).

Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü kayıtlarına verilerine göre, Çanakkale-Ayvacık depremleri Tuzla Köyü'nün içinde bulunduğu bölgede, Ocak/Şubat 2017 döneminde büyüklüğü 5.3 ve daha küçük olan 1000'e yakın deprem meydana gelmiştir. Depremlerin önemli bir bölümü Tuzla Fayı'nın deformasyon zonu boyunca oluşmuştur. Söz konusu depremlerin bir bölümünün büyüklüğü 4 ve üzerindedir (KOERİ, 2018, AFAD, 2018).

## AMAÇ VE KAPSAM

Bu çalışmanın amacı 06.02.2017 tarihinde Çanakkale ili Ayvacık ilçesinde meydana gelen deprem sonrası bölgedeki yüzey deformasyonları ve topoğrafyanın modellenmesi amacı ile ÇOMÜ-TUSAGA aktif sabit noktası ve bölgede bulunan fayların çevresinde tesis edilen 9 adet karakteristik nokta kullanılarak değişik kombinasyonların sonsal varyansa etkisi gözlenmeye çalışılmıştır (Şekil 1).



Şekil 1. Jeodezik mikrodeformasyon izleme ağı

Jeodezik ağı yapısı incelenirken oluşturulmuş mikrodeformasyon ağı fayların etrafına karakterize bir biçimde tesis edilmiştir. Çalışmanın amacı ölçü sayısı, nokta, bilinmeyen sayısı ve serbestlik derecesi gibi parametrelerin değişiminin sonuçlara etkisi gözlemlemektir.

## MATERYAL VE YÖNTEM

Jeodezik ağ yapısının değerlendirmesinde ÇOMÜ-TUSAGA aktif noktası ile birlikte tesis edilen 9 adet noktanın matlab ortamında farklı kombinasyonlar ile bazı noktaları ağdan dışlayarak dengeleme sonucunda elde edilen sonuçlar gözlemlenmiştir. Gerekli hassasiyete ulaşmak için obje noktalarının sayısı yeterli olmalıdır. Oluşturulacak ağda ölçü güvenilirliği ve koordinat doğruluğu sağlanmalıdır. Ağı şekli ise çalışmanın amacına bağlı olarak deformasyon araştırılan bölgenin geometrisine veya cismin şekline bağlı olarak değişir. Bu nedenle deformasyon olduğu öngörülen alanın zamana bağlı hareket değişimi, hareketin doğrultusu ve büyüklüğüne ilişkin önsel veriler analiz sonuçlarının güvenilirliği açısından önemlidir. Deformasyon analizinde yapılacak olan çalışmaya göre noktaların hareketlerinin izlenebilmesi amacıyla klasik ölçme yöntemleri yada GNSS gözlemleri yapılabilir. Nokta koordinatları bilinmeyen olarak seçilerek EKK kestirimine göre dengelenir. Dengeleme

işlemden sonra uyuşumsuz ölçü testi yapılarak güvenilirlik sağlanır. Dengelemenin matematiksel modeli oluşturulurken her ölçü periyodu kendi içinden tüm nokta koordinatları bilinmeyen kabul edilerek serbest dengelenir. Datum birliği sağlanabilmesi için her periyotta noktaların yaklaşık koordinatları aynı alınır ve matematiksel ve stokastik model oluşturulur. Daha sonra ölçüler uyuşumsuz ölçü testine tabi tutularak uyuşumsuz olan ölçü var ise tespit edilip eğer ağ geometrisini bozmuyor ise dışlanması gerekmektedir. Bu şekilde ölçülerdeki kaba hatalar belirlenir. Baarda testinde önsel varyans t testi ve pope testinde ise sonsal varyans kullanılmaktadır (Demirel, 2003). Klasik deformasyon analizinde öncelikle global uyumluluk testi ile araştırılır. Global uyumluluk testi iki ölçüm periyodu arasında bölgeye temsilen tesis edilmiş noktalarda anlamlı konum değişimi olup olmadığı kontrol edilir. Ayrıca bu şekilde sıfır hipotezi öngörülür. Son olarak lokalizasyon işlemi uygulanıp noktaların tek tek dışlanıp varyans üzerindeki etkileri gözlenir. Bu şekilde hangi noktalarda anlamlı deformasyon olduğu tespit edilir (Erenoğlu, 2018).

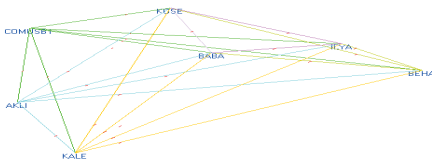
## UYGULAMA

Bu çalışmada, 06.02.2017 tarihinde Çanakkale ili Ayvacık ilçesinde meydana gelen deprem sonrası bölgedeki yüzey deformasyonları ve topoğrafyanın modellenmesi amacı ile ÇOMÜ-TUSAGA aktif sabit noktası ve bölgede bulunan fayların etrafında tesis edilen 9 adet karakteristik nokta kullanılarak oluşturulan ağ konfigürasyonundan belirli periyotlarla statik ölçü ile toplanan verilerden elde edilen mikrodeformasyon izleme ağı jeodezik yaklaşım ile ele alınmıştır. Jeodezik ağda değişik kombinasyonlar yaparak ölçü sayısı, nokta ve bilinmeyen sayıları, serbestlik derecesi gibi parametrelerin sonuçlara etkileri araştırılmıştır (Tablo 1).

Tablo 1. Jeodezik ağı değerlendirilmesinde oluşturulan kombinasyonlarda dışlanan noktalar.

K	K	G	A	B	B	G	B	I	K
M	A	E	K	A	E	U	A	L	O
B	L	N	L	L	H	L	B	Y	S
#	E	E	I	A	A	P	A	A	E
1				+					
2			+						
3					+			+	
4	+					+			
5		+		+		+			
6	+				+			+	
7			+	+				+	+
8	+				+	+	+		
9	+				+	+		+	+
10		+	+	+			+		+

Öncelikli olarak ağda 1. ve 2. Kombinasyonlarda 1'er nokta dışlanarak sonuçlar değerlendirilmiş 3. ve 4. Kombinasyonlarda ise 2'şer nokta ağdan dışlanmış ve sonuçlar gözlenmiştir. Toplam olarak 10 adet kombinasyon şekli belirlenmiş ve kombinasyonlar sonucunda elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir (Şekil 2).



Şekil 2. 5 no'lu kombinasyon ağında dışlanan GENE, BALA ve GULP noktaları

## SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Biri sabit alınan ÇOMÜ-TUSAGA noktası ve 9'u yaklaşık olmak üzere toplam 10 adet nokta kullanılarak kabuk hareketleri ve oluşturulmuş ağı yüzeyinde deformasyonların incelenmesi hedeflenmiştir. GNSS cihazları

kullanılarak periyodik olarak yapılan statik oturumlarda 8-10 saat aralıklarla veri toplanmış ve bu veriler MATLAB ortamında araştırılmış ve sonuçlar değerlendirilmiştir. Ölçü sayısı, nokta ve bilinmeyen sayıları, serbestlik derecesi gibi parametrelerin sonuçlara etkileri araştırılmıştır. Çalışma sonuçlarına göre baz bileşenlerinin önsel standart sapmaları değişiminin, global stokastik yapıdaki değişimin güvenilirliğe, yaklaşık koordinat seçiminin etkisi yoktur. Ağdaki baz bileşeni sayısı ve istasyon sayısındaki değişimin ise güvenilirliğe ve kestirilen parametreler üzerinde farklı etkileri mevcut olduğu görülmüştür.

## KAYNAKLAR

AFAD (Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı), 2018. <https://www.afad.gov.tr>, 28 Kasım 2018.

Bliham, R., and Gaur V. K. (2000). Geodetic contribution to the study of seismotectonics in India

Bürgmann, R., S. Ergintav, P. Segall, E. Hearn, S. McClusky, R. Reilinger, H. Woith, and J. Zschau (2002). Time-space variable afterslip on and deep below the İzmit earthquake rupture, Bull. Seism. Soc. Am. 92, no. 1, 126-137

Demirel, H.,(2003) Dengeleme Hesabı Ders Kitabı.

Erenoğlu, R.,C., (2018) Deformasyon Analizi Ders Notları

KOERI (Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü), 2018. <https://www.koeri.boun.edu.tr>, 28 Kasım 2018.

Pollitz F.F., Wicks C, Thatcher W., (2001) Mantle Flow Beneath a Continental Strike-Slip Fault: Postseismic Deformation After the 1999 Hector Mine Earthquake

Zheng-Kang S., David D. J., Yanjie F., Michael C., Mercedes K., Peng F. and Yehuda B. (1994) Postseismic Deformation Following the Landers Earthquake, California, 28 June 1992, Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 84, No. 3, pp. 780-791.

**JEOFİZİK YÖNTEMLER VE JEOLJİK UYGULAMALARI**

***GEOPHYSICAL METHODS AND THEIR APPLICATIONS TO GEOLOGICAL PROBLEMS***

Hans THYBO - Hayrullah KARABULUT - Argun KOCAOĞLU - Neslihan OCAKOĞLU GÖKA-  
ŞAN - Turgay İŞSEVEN - Emin ULUGERGERLİ- Ebru ŞENGÜL ULUOCAK

---

***Sözlü Sunumlar/Oral Presentations***

---

***TAM METİN BİLDİRİLER/***

***PROCEEDINGS***







## Sahaya Özgün Sismik Tehlike Analizi Çalışmalarının Önemi : İzmir/ Gürçeşme Örneği

*Importance of In-Situ Seismic Risk Analysis: Case Study of İzmir/Gürçeşme*

**Mustafa Akgün<sup>1</sup>, Özkan Cevdet Özdağ<sup>2</sup>, Hasan Sözbilir<sup>3</sup>, Mehmet Utku<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeofizik Mühendisliği Bölümü, Buca/İZMİR

<sup>2</sup>Dokuz Eylül Üniversitesi, Ege Bölgesi Uygulama ve Araştırma Merkezi, İnciraltı/İZMİR

<sup>3</sup>Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Buca/İZMİR  
([mustafa.akgun@deu.edu.tr](mailto:mustafa.akgun@deu.edu.tr))

**Öz:** Hasar ve can kaybı yaratabilecek büyüklükte bir depremin belli bir yer ve zamanda meydana gelme olasılığına Sismik (Deprem) Tehlike denir. Herhangi bir bölge veya ülkede deprem kaynaklı afet zararlarının azaltılması yönünde yapılacak tüm çalışmaların başarısı deprem tehlikesinin en güvenilir şekilde tanımlanmasına bağlıdır. Bir bölge için deprem tehlikesi araştırılırken hedef alınan konular 3 başlık altında toplanır. Bu başlıklar; gelecekte deprem 1. nerede, 2. hangi büyüklükte ve 3. ne zaman olarak tanımlanır. Bu maddelerin tamamının en güvenilir şekilde tanımlanması sahaya özgün sismik tehlike analizi çalışmalarıyla mümkündür. Bu çalışmalarda öncelikle çalışma alanının zemin koşullarının belirlenmesi gereklidir. Bu koşulun belirlenmesiyle ilk soru cevaplanmış olur. Sonrasında 100 km yarıçaplı bir alan içerisinde bulunan sismik kaynaklar tanımlanır ve geçmiş deprem kayıtları kullanılarak istatistiki işlemler sonucunda hangi büyüklükte ve ne zaman soruları cevaplanarak sahaya özgün sismik tehlike analizi tamamlanır. Bu çalışma kapsamında İzmir ili, Gürçeşme ilçesinde gerçekleştirilen sahaya özgün sismik risk analizi çalışmaları sunulacaktır.

**Anahtar Kelimeler:** Sahaya özgün sismik risk analizi, deprem, İzmir

**Abstract :** Seismic (Earthquake) Hazard is the probability of occurrence of a certain amount of place and time of an earthquake, which can cause damage and loss of life. The success of all efforts to reduce earthquake damages in any region or country depends on the most reliable definition of earthquake hazard. While the earthquake hazard is investigated for a region, the targets are grouped under 3 headings. These titles; 1.where the earthquake is , 2. which is size, and ,3. when . The most reliable identification of all these substances is possible through site-specific seismic hazard analysis studies. In these studies, it is necessary to determine the ground conditions of the study area. When this condition is determined, the first question is answered. Afterwards, seismic sources are defined within a 100 km radius area and the site-specific seismic hazard analysis is completed by answering the questions of the size and time of the process by using the historical earthquake records. Within the scope of this study, site specific seismic risk analysis studies will be presented in Gürçeşme, İzmir.

**Keywords:** In-Situ Seismic risk analysis, earthquake, İzmir



## GİRİŞ

Yeraltında elastik enerji birikimine ve daha sonra yayılımına neden olan tüm olaylar deprem kaynağı olarak tanımlanır. Tektonik depremleri oluşturan enerji kaynağı, yer kabuğu içinde zamanla depolanan potansiyel enerjidir. Elastik yenileme kuramına göre; yer kabuğunda birbirine komşu olan blokların, tektonik kuvvetlerin etkisiyle birbirlerine göre yavaş yavaş kaymaları sonucu, yer kabuğu içinde bu hareket sınırlarında elastik deformasyon enerjisi depolanır. Deformasyonla ilgili bu gerilmelerin küçük bir bölgede sürünme direncini aşması sonucu yerel bir kayma oluşur. Bu şekilde açığa çıkan enerjinin bir kısmı elastik dalgalar halinde yer içerisinde yayılır, bir kısmı ise ısı ve mekanik enerji halinde kaynak civarında harcanır. Sonuç olarak; ya mevcut fay tekrar hareket eder veya yeni faylar oluşur.

Deprem kaynağından çıkan deprem dalgaları yer içinde yayılmasını tanımlarken enerjinin korunumu yasası kullanılır. Kuramsal olarak, enerjinin deprem kaynağından zemin yüzeyine kadar yapacağı seyahat boyunca sabit kalması temel alınır. Bu varsayımın geçerli olması için deprem dalga hareketi zemin yüzeyine yaklaştıkça enerji bağıntısında yer alan açılma hız ( $w$ ) sabit kalırken, doğanın yasası gereği azalan yoğunluk ( $\rho$ ) ve sismik hız ( $v$ ) değerlerini karşılamak için genlik ( $A$ ) değerinde artışlar oluşur. Böylece enerji korunumu olur (Yalçınkaya 2010). Bu olaylar (genlik değişimleri) sismik ana kaya olarak tanımlanan ( $V_s > 3000\text{m/s}$ ) tabakanın üst sınırından itibaren başlar (Pamuk vd. 2017a, Pamuk vd. 2017b, Pamuk vd. 2018, Özdağ vd. 2015).

Depremin kaynaktan çıkan enerjisi magnitüd ile tanımlanır. Bu enerji miktarı uzaklıkla azalır. Bu azalma üzerinde etkili olan yerel zemin koşulları koşulları olur. Çünkü zemin özellikleri zemin yüzeyindeki sarsıntı

etkisini büyütebilir veya küçültebilir. Zemin yüzeyinde oluşan deprem hareketini zaman ve frekans ortamında tanımlamak için bazı parametreler kullanılır. Bu parametrelerden deprem mühendisliğinde en çok kullanılanı yatay ivme değeridir. Bu çalışma kapsamında İzmir ili Gürçeşme ilçesinde yer alan yaklaşık 200 Ha'lık bir alan için sismik risk analizi çalışmaları sunulmuştur. Hesaplamalar gerçekleştirilirken zemin özelliklerinin belirlenebilmesi için çok kanallı yüzey dalgaları analizi (ÇKYD) ve kırılma mikrotremor ölçümlerinden yararlanılmıştır. Çalışma alanı şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Çalışma Alanı

## UYGULAMA

Çalışma kapsamında gerçekleştirilen sahaya özgün sismik risk analizi çalışmaları 3 temel adımda gerçekleştirilmiştir. Bunlardan birincisi zemin etkisinin araştırılması için sahaya özgün  $V_{s30}$  hız değerleri Çok Kanallı Yüzey Dalgaları Analizi (ÇKYD) ve Kırılma Mikrotremor (KM/ReMi) ölçümleri yapılarak hesaplanmıştır. Bunun için 6 farklı noktada yapılan ölçümler kullanılmıştır (Şekil 1). Bu ölçüm sonuçlarından elde edilen  $V_{s30}$  hız değerleri Tablo 2'de verilmiştir. Tablodaki değerler irdelendiğinde alanın genelinde  $V_{s30}$  hız değerleri 400-600m/sn'nin arasında olduğu görülmektedir. Bu sonuca göre Türki-

ye Bina Deprem Yönetmeliği (2018) kapsamında tanımlanan zemin cinslerine göre ZC zemin sınıfına girmektedir.

Tablo 1. Çalışma Alanında Sahaya özgün Hesaplanmış Vs30 Hız Değerleri

Nokta Adı	X (UTM WGS84)	Y (UTM WGS84)	Ortalama AVs30 (m/sn)
Sis 1 Baş	513492	4250896	396.05
Sis 1 Son	513553	4250930	
Sis 2 Baş	513707	4251079	451.425
Sis 2 Son	513773	4251177	
Sis 3 Baş	513953	4251307	606.825
Sis 3 Son	513972	4251375	
Sis 4 Baş	513928	4251353	525.575
Sis 4 Son	513962	4251464	
Sis 5 Baş	513820	4251400	662.75
Sis 5 Son	513861	4251507	
Sis 6 Baş	513458	4251297	434.6
Sis 6 Son	513515	4251297	

Çalışmanın ikinci aşamasında alan için tehlike arz eden en yakın sismik kaynak tanımlaması yapılmıştır. Bu aşamada çalışma alanına kuş uçuşu 7 km mesafede olan İzmir Fayı sismik kaynak olarak tanımlanmıştır.

Çalışmanın üçüncü aşamasında ise alana özgün olarak hesaplanan Vs30 hız değerleri ve yeni nesil bir ivme azalım ilişkisi (Graizer, V. ve Kalkan, E., 2016) kullanılarak sahaya özgün yapay ivme tepki spektrumları hesaplanarak DD-2 ve DD-3 deprem seviyeleri için

PGA değerleri hesaplanmıştır (Tablo 2).

## SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Çalışma kapsamında İzmir ili Gürçeşme ilçesinde bulunan bir alanda sahaya özgün sismik risk analizi çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Alanın zemin koşullarının belirlenmesi amacıyla 6 profil üzerinde ÇKYD ve ReMi ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen ölçümler sonucunda 6 nokta için Vs30 hız değerleri elde edilmiştir. Elde edilen Vs30 hız değerleri 396 – 662 m/sn aralığında değişmektedir. Bu durum sahada ilk 30 m derinlik içinde ana kaya özelliği gösteren bir birimin bulunmadığını göstermektedir. TDY göre sahanın bütününde ZC sınıfı zeminler bulunmaktadır. Sahaya özgün sismik risk analizi çalışmaları sonucunda DD-2 deprem seviyesi için 0.42-0.48 g aralığında DD-3 deprem seviyesi için 0.41-0.46 g aralığında yatay ivme değerleri hesaplanmıştır. Bu tip çalışmalarda özellikle zemin parametreleri belirlenirken mevsimsel değişimlerden kaynaklanabilecek parametre değişimlerinin göz önünde bulundurulması önerilmektedir.

## KAYNAKLAR

Graizer, V., & Kalkan, E. 2016. Summary of the GK15 ground motion prediction equation for horizontal PGA and 5% damped PSA from shallow crustal continental earthquakes. Bulletin of the Seismological Society of America, 106(2), 687-707.

Pamuk, E., Akgün, M., Özdağ, Ö. C., & Gönenç, T. 2017a. 2D soil and engineering-se-

Tablo 2. DD-2 ve DD-3 Deprem seviyeleri için hesaplanan yatay ivme değerleri.

Nokta Adı	X (UTM WGS84)	Y (UTM WGS84)	Ortalama AVs30 (m/sn)	Grazier ve Kalkan (2016) DD-2 g	Grazier ve Kalkan (2016) DD-3 g
Sis1	513489.749	4250897.346	396.05	0.46	0.48
Sis2	513705.056	4251079.091	451.425	0.45	0.46
Sis3	513951.786	4251305.664	606.825	0.42	0.43
Sis4	513928.28	4251349.697	525.575	0.43	0.45
Sis5	513817.046	4251399.366	662.75	0.41	0.42
Sis6	513474.122	4251262.843	434.6	0.45	0.47

ismic bedrock modeling of eastern part of İzmir inner bay/Turkey. *Journal of Applied Geophysics*, 137, 104-117.

Pamuk, E., Özdağ, Ö. C., Özyalın, Ş., & Akgün, M. 2017b. Soil characterization of Tınaztepe region (İzmir/Turkey) using surface wave methods and Nakamura (HVSr) technique. *Earthquake Engineering and Engineering Vibration*, 16(2), 447-458.

Pamuk, E., Özdağ, Ö. C., Tunçel, A., Özyalın, Ş., & Akgün, M. 2018. Local site effects evaluation for Aliğa/İzmir using HVSr (Nakamura technique) and MASW methods. *Natural Hazards*, 90(2), 887-899.

Türk Deprem Yönetmeliği, (2018). Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında

Yönetmelik. AFAD.

Özdağ, Ö. C., Gönenç, T., & Akgün, M. 2015. Dynamic amplification factor concept of soil layers: a case study in İzmir (Western Anatolia). *Arabian Journal of Geosciences*, 8(11), 10093-10104.

Yalçınkaya, E. (2010). Zemin neden bu kadar önemli. *Jeofizik Bülteni*, 63, 77-80.



## İzmir Körfezi K-G Aksı Boyunca Derin Amaçlı Jeolojik ve Jeofizik Çalışmalar

### *Deep Geological and Geophysical Studies Throughout the Gulf of Izmir K-G Axis*

Mustafa Akgün<sup>1</sup>, Aykut Tunçel<sup>1</sup>, Özkan Cevdet Özdağ<sup>2</sup>, Hasan Sözbilir<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeofizik Mühendisliği Bölümü, Buca/İzmir

<sup>2</sup>Dokuz Eylül Üniversitesi, Ege Bölgesi Uygulama ve Araştırma Merkezi, İnciraltı/İzmir

<sup>3</sup>Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Buca/İzmir

(mustafa.akgun@deu.edu.tr)

**Öz:** Bu çalışma kapsamında İzmir körfezini K-G yönlü kesen 20.5 km uzunluğunda bir hat boyunca makaslama dalgası hızları, yoğunluk ve sondaj logu verileri kullanılarak yapısal model belirlenmeye çalışılmıştır. Belirlenen hat güneyde Balçova ilçesinden başlayıp İzmir körfezini geçerek kuzeyde Çiğli ilçesine uzanmaktadır. Çalışma alanında profilin başlangıç ve bitiş noktalarında Geliştirilmiş Uzaysal Özilişki Yöntemi (GUÖY) kullanılarak makaslama dalgası hızları (Vs) elde edilmiştir. GUÖY yöntemi uygulanırken maksimum merkez uzaklığı Balçova noktasında 150m Çiğli noktasında ise 500m olarak belirlenmiştir. Elde edilen Vs hızları kullanılarak çalışma alanındaki birimlerin yoğunlukları hesaplanmıştır. Hesaplanan yoğunluklar gravitede Talwani modellemesi yapılırken giriş parametresi olarak kullanılmıştır. Çalışma sonucunda elde edilen gravite modeline bakıldığında el altta metamorfik kayalar, üzerinde sırasıyla filiş, andezit, andezit/filiş çakılı ve alüvyon birimlerin olabileceği şeklinde modellenmiştir. Modelde birimlerin derinlik ve kalınları da elde edilmeye çalışılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** GUÖY, mikrogravite, modelleme, İzmir körfezi

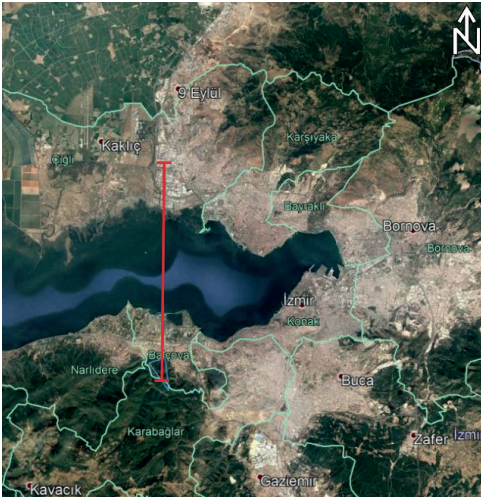
**Abstract:** Within the scope of this study, it was tried to determine the structural model by using shear wave velocities, density and drilling log data along a 20.5 km long line which cuts İzmir bay along K-G direction. The determined line starts from Balçova district in the south and passes the İzmir bay and extends to the Çiğli district in the north. At the study, the shear wave velocities (Vs) were obtained by using the Extended Spatial Authentication (ESPAC) Method at the beginning and finish points on the profile. The maximum center distance was determined as 500m at the point of Çiğli point and 150m at Balçova point. By using the obtained Vs velocities, the density of the units in the study area was calculated. The calculated densities were used as input parameters in Talwani modelling in gravity. When the gravity model obtained from the study is examined, the metamorphic rocks at the bottom are modeled on the flysch, andesite, andesite / flysch and alluvial units. Depths and thicknesses of the units were also obtained.

**Keywords:** ESPAC, microgravity, modelling, İzmir Bay

## GİRİŞ

Yeraltı tabakalarının fiziksel özellikleri (yoğunluk, gravite çekimi, hâkim titreşim frekansı, makaslama modülü, elastisite modülü) makaslama dalgası hızı ile doğrudan ilişkilidir. Bu sebeple, yeraltı tabakalarının makaslama dalgası hızı (Vs) değişimlerinin belirlenmesi tabakaların modellenmesi için oldukça önemlidir. Bu parametrelerin elde edilmesinde yerinde (in-situ) yöntemler kullanılmalıdır. Bu çalışmaların içeriği mühendislik ana kayası derinliğine bağlı olarak tanımlanır.

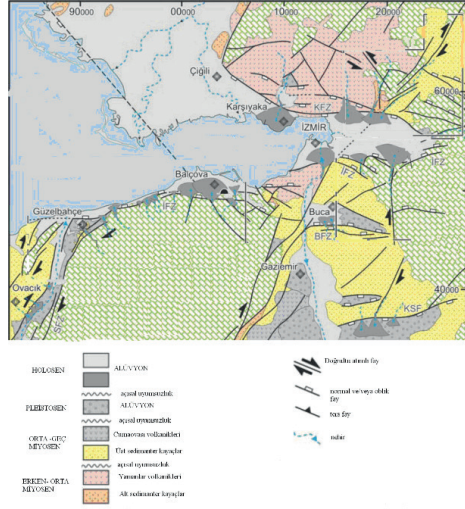
Bu çalışma Şekil 1’de gösterilen hat boyunca jeofizik yöntem, jeolojik bilgi ve tahminlerden yararlanılarak elde edilen bir yeraltı modelini elde etmeyi amaçlamıştır. Bu amaç kapsamında güneyde Balçova kuzeyde ise çığlı ilçeleri arasında K-G bir hat ile körfezi geçecek şekilde profil belirlenmiştir. Profilin başında ve sonunda derin hedefli Vs hızlarını elde etme amaçlı GUÖY yöntemi kullanılmıştır.



Şekil 1. Yerbulduru haritası, kırmızı renkli çizgi çalışma yapılan K-G yönlü profili göstermektedir.

## Bölgenin Jeolojisi

İzmir ve yöresinde temeli, Üst Kretase yaşlı Bornova Melanjı oluşturur (Özbek, 1981). Melanjın matriksinden daha yaşlı kireçtaşı mega-olistolitleri Bornova Melanjı’nın matriksi içinde gelişigüzel bir düzen içinde bulunurlar. Bornova Melanjı (karmaşığı), kumtaşı/şeyl-kalkerli şeyl ardalanmasından oluşmuş matriks içerisinde yüzen platform türü kireçtaşı ve diyabaz bloklarından ve çakıltası merccek/kanal dolgularından meydana gelmiştir (Erdoğan, 1990). Neojen yaşlı gösel tortullar Bornova Melanjı’nın üzerine açısal uyumsuz olarak gelir. Yamanlar volkanitleri de mevcut birimleri uyumsuz olarak örter. Kuvaterner yaşlı alüvyon alanda mevcut tüm birimleri uyumsuz olarak üstler (Kıncal, 2005).



Şekil 2. İzmir iç körfezi ve çevresinin ayrıntılı jeoloji haritası (Uzel 2012 den değiştirilerek).

Temelde aynı karasal dolgular üzerinde gelişmekle birlikte, İzmir Körfezi çevresindeki bugünkü alüvyal düzlükler jeomorfolojik oluşumları bakımından farklılıklar gösterir. İç körfez kıyılarında, güneyde Balçova



ve Alsancak, kuzeyde Karşıyaka deltaları dağ derelerinin önünde gelişmiş basit delta düzlükleridir. Buna

## Yöntemler

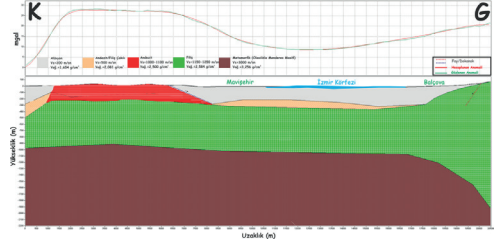
GUÖY yöntemi ile arazide ölçü alma işleminde minimum 4 adet sismometre kullanılmalıdır. Bu sismometreler her bir daire çevresine en az üç ve daire merkezine de bir adet olarak yerleştirilir. En az farklı yarıçaplı 3 daire üzerinde ölçüler alınması gerekir. Bu ölçümler sırasında daire merkezindeki sismometre daima sabit konumda bırakılır. Okada (2003) çalışmasında her bir daire üzerine yerleştirilecek sismometre sayısı arttıkça (3 den fazla) daha iyi sonuçlar elde edildiği vurgulanmıştır.

Mikrogravite ölçümleri Scintrex CG-5 gravite cihazı kullanılarak saha koşullarına göre 250-300 m örnekleme aralığı ile gerçekleştirilmiştir. Ölçüm noktalarındaki yükseklik değişim bilgileri CorsTr bağlantılı olarak Leica 1200++ GNSS cihaz seti kullanılarak toplanmıştır. Veri toplanması sırasında 60 sn süreli 5 tekrarlı okuma yapılmıştır.

## SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Çalışma alanında GUÖY ile toplanan verilerden elde edilen hızlar 200 m/sn ile 3000 m/sn arasında değişmektedir. En düşük hızlı zon alüvyon tabakası olarak tanımlanmış ve hızı 200 m/sn civarındadır. Çalışma alanında en üst tabaka olarak modellenmiştir. Alüvyon tabakanın altında hızları 500 m/sn civarında değişen andezit/filiş çakıllarının yer aldığı tahmin edilmektedir. Kuzeyde yüzlek veren andezitler ise 1000 m/sn civarında makaslama dalgası hızına sahip olup 350 m derinliklere kadar devam ettiği tahmin edilmektedir. Bu birimlerin altında Filiş tabakası modellenmiştir. Filiş tabakasının makaslama dalgası hızı 1200 m/sn civarında ve derinliği 350 metreden 1000 metrelere kadar devam etmektedir. Güneyde Filiş tabakasının uzandığı derinlik kuzeye göre daha fazladır ve bu

tabaka yüzlek vermektedir. Tüm bu birimlerin altında ise sismik anakaya olarak nitelendirilebileceğimiz metamorfik birimler yer almaktadır ve Vs değerleri 3000 m/sn'den daha büyüktür (Şekil 3.).



Şekil 3. Tüm verilerin sentezinden elde edilen jeolojik birimlerin derinlikle değişimi modeli.

Elde edilen bu modele göre güneyde çok kalın bir filiş tabakası görülmektedir. Kuzeyde ise filiş tabakasının üzerine volkanik kayalar şapka gibi oturmuş izlenimi vermektedir. Yerleşimin yoğun olduğu Mavişehir ve Balçova ise büyük oranda alüvyon üzerinde kurulmuştur. Bu çalışma büyük ölçekli hassasiyeti sınırlı bir çalışma olarak nitelendirilmeli ve daha ayrıntılı küçük ölçekli çalışmalara ışık tutmayı hedeflemektedir. Parsel bazında yapılacak çalışmalar için yerinde jeofizik, jeolojik ve jeoteknik çalışmalar birlikte yürütülmelidir.

## KATKI BELİRTME

Teşekkür edilecek Bu çalışma 2008-2011 yılları arasında yürütülen TÜBİTAK-KAMAG 106G159 numaralı proje desteklenmiştir. Ayrıca yazarlar projede görev alan personele teşekkür ederler.

## KAYNAKLAR

- Erdoğan, B., 1990. İzmir-Ankara Zonu'nun İzmir ile Seferihisar arasındaki bölgede stratigrafik özellikleri ve tektonik evrimi: TPJP Bülteni. c. 2/1-Aralık 1990, 1-20.
- Kıncal, C., 2005. İzmir iç körfezi çevresinin

de yer alan birimlerin coğrafi bilgi sistemleri ve uzaktan algılama teknikleri kullanılarak mühendislik jeolojisi açısından değerlendirilmesi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, İzmir.

Okada, H., 2003. The microtremor survey method, geophysical monograph series 12, Society Engineering Geophysics, Tulsa.

Özbek, D., 1981. Altındağ Köyü (İzmir) çevresinin jeoloji ve Altındağ taş ocaklarının mühendislik jeolojisi, Bitirme Ödevi, Ege Üniversitesi Yerbilimleri Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, İzmir.

Uzel, B, Sözbilir, H. ve Özkaymak, Ç., 2012. Neotectonic evolution of an actively growing superimposed basin in Western Anatolia: The

inner bay of İzmir, Turkey Turkish Journal of Earth Sciences, 21, 439-471



## Mikrotremor Ölçümlerinin Zemin-Ana Kaya Ayrımı Çalışmalarında Kullanımı

### *Soil Bedrock Identification by using Microtremor Surveys*

Özkan Cevdet Özdağ<sup>1</sup>, Mustafa Akgün<sup>2</sup>, Yaprak İpek<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Dokuz Eylül Üniversitesi, Ege Bölgesi Uygulama ve Araştırma Merkezi, İnciraltı/İZMİR

<sup>2</sup>Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, Buca/İZMİR

<sup>3</sup>Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enst., Jeofizik Mühendisliği ABD, Buca/İZMİR  
(mustafa.akgun@deu.edu.tr)

**Öz:** Depreme dayanıklı yapı tasarımı depremlerin oluşturacağı can ve mal kayıplarının önlenmesinde yegane yöntemdir. Bu tasarımların yapılmasında zemin – ana kaya modelleri hayati önem taşımaktadır. Zemin – Ana kaya arasındaki ortamın fiziksel parametrelerinin belirlenerek tasarımların yapılması gereklidir. Bu modellerle ile olası bir deprem sırasında yapıya gelebilecek yatay kuvvetlerin tanımlanması ve zemin yüzeyinde oluşabilecek deformasyon düzeylerinin tanımlanması mümkün olmaktadır. Deprem mühendisliğinde ana kaya tanımı ikiye ayrılır. Bunlarda birincisi mühendislik ana kayasıdır ve S- Dalga Hızının 760 m/sn'den büyük olduğu ortamları tanımlar. Diğeri ise Sismik Ana kayadır ve S- Dalga Hızının 3000 m/sn'den büyük olduğu ortamları tanımlar. Mikrotremor tek istasyon yönteminden elde edilen yatay/düşey spektral oran eğrilerinin ters çözümü ile bu modeller kalın alüvyonel ortamlarda dahi mümkün kılınmaktadır. Bu çalışma kapsamında İzmir ili Konak ilçesinde bir sahada bir profil üzerinde mikrotremor tek istasyon ölçüleri alınarak zemin – ana kaya modelinin 2 Boyutta çözümüne bir örnek oluşturulmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Zemin – Ana Kaya, modelleme, mikrotremor.

**Abstract :** Earthquake resistant structure design is the only method to prevent the losses of life and property caused by earthquakes. Ground - bedrock modeling is vital in making these designs. It is necessary to determine the physical parameters of the environment between the ground and the main rock. With these models, it is possible to define the horizontal forces that may occur during a possible earthquake and to define the deformation levels that may occur on the ground surface. In earthquake engineering, the definition of main rock is divided into two. The first one is the engineering bedrock and defines the environments where the S-Wave Speed is greater than 760 m / s. The other is seismic bedrock and defines environments where S-Wave velocity is greater than 3000 m / s. These models are made possible in the case of thick alluvial environments by the inverse solution of the horizontal / vertical spectral ratio curves obtained from the microtremor single-station method. Within the scope of this study, an example of a solution of ground - base rock model in 2 dimensions was taken by taking the microtremor single station measurements on a profile in a site in Konak district of İzmir province.

**Keywords:** Soil- Bedrock, modelling, microtremor.



## GİRİŞ

Türkiye topraklarının % 42'si I. derece, % 24'ü II. derece, % 18'i III. derece ve % 16'sı IV. derece deprem bölgesinde yer almaktadır. Bunun sonucu olarak ta toplam nüfusun yaklaşık % 70'i de deprem olma riski yüksek olan bölgelerde (I. ve II. derece deprem bölgelerinde) yaşamaktadır (Özmen ve diğ., 1997). Bu tanımların içinde İzmir Körfez çevresi hem 1. Derece deprem bölgesi içinde yer alıyor hem de yakın geçmişte (tarihsel dönemlerde) çok sayıda yıkıcı özelliği olan tarihsel depremler etkisinde kalmış bölge konumundadır. Buna karşın aletsel dönemde yıkıcı deprem etkisinde kalmamıştır. Ayrıca son yıllarda İzmir Körfez Çevresi zeminleri üzerinde statik yükleri ve kat yükseklikleri çok değişken olan yapıların sayısı da hızla artmaktadır.

Zemin yüzeyinde deprem etkisinin sonuçlarını önceden tahmin etmek için deprem-zemin-yapı ortak davranışının yapı yapılacak alanın zemin özelliklerini de dikkate alarak tanımlanması gerekir. Bu konularda gerekli olan çalışmalarda önce zemin-anakaya modelinin yapı yapılacak alana özgün tanımlanması gerekir. Bunun için de araştırılması gereken en önemli parametre düşey yöndeki Vs hız değerleridir. Çeşitli çalışmalarla elde edilecek Vs hız değerleri de 2 farklı amaç için kullanılır.

**1.Amaç:** Sismik anakaya ( $V_s > 3000\text{m/s.}$ ) sınırını tanımlanmasıdır. Çünkü bu sınırdan itibaren zemin büyütme olayları oluşmaya başlar. Bu durumu araştırmak için de Vs hızı temel alınarak zemin transfer spektrum hesaplamaları yapılır.

**2.Amaç:** Zeminin dinamik yük etkisindeki davranış analizler için mühendislik anakaya sınırının ( $V_s > 760\text{m/s.}$ ) tanımlanmasıdır. Çünkü bu sınırın altında kalan ortam dinamik yük etkisinde elastik ve lineer deformasyon

etkisinde kalırken bu seviyenin üstünde kalan ortamda nonlineer davranış ve elastoplastik veya plastik seviyelerde deformasyon oluşma olasılığı oluşur. Vs hız değerlerinden elde edilecek olan Gmax değeri bize bu konu hakkında bilgi verebilir.

Nakamura Tek İstasyon yöntemi ile nokta bazında 3 bileşenli sismometreler ile ölçü alınır. İkinci, aşamada fourier dönüşümleri ile elde edilen kayıtlardan hesaplanan frekans ortamındaki H/V (yatay bileşenler ortalaması/düşey bileşen) oran değerleri elde edilir. H/V oran değerlerinin frekansa bağlı olarak elde edilen sonuç grafikleri zemin transfer fonksiyonu olarak tanımlanır. Bu grafiklerin yorumundan, zemin yüzeyine ulaşan deprem dalgalarının zemin içinden geçerken hangi frekanslarda etkileneceği bulunmuş olur (Kepçeoğlu, Ö., 2008). Ayrıca bu eğrilerin ters çözümü ile zemin – ana aya arasındaki ortamın fiziksel özellikleri ( $V_p$ ,  $V_s$ ,  $\rho$ ,  $h$ ,  $Q_p$ ,  $Q_s$ ) tanımlanmış olur (Okada, 2003; Herak, 2008). Bu çalışma kapsamında İzmir ili Konak ilçesinde bir sahada bir profil üzerinde mikrotremor tek istasyon ölçüleri alınarak zemin – ana kaya modelinin 2 Boyutta çözümüne bir örnek oluşturulmuştur (Şekil 1).



Şekil 1. Çalışma Alanı

## UYGULAMA

Dinamik özellikli hareket oluşturan deprem hareketi sonucunda oluşacak olan deprem-zemin ortak davranışına bağlı olarak, zemin yüzeyi ile mühendislik anakayasası arasında

kalan alan içinde oluşacak gerilim deformasyon değişimlerini araştırmak için zeminin mühendislik anakaya derinliği boyunca Vs dalga hız yapısının ortamın jeolojik yapısını da dikkate alarak modellenmesi gerekir (Pamuk vd. 2017a, Pamuk vd. 2017b, Pamuk vd. 2018, Özdağ vd. 2015). Bu konuyla ilgili Foti 2000, Kramer 1996 yaptığı çalışmalarda, depreme karşı hazırlıklı olmak için yalnızca depremin büyüklüğüne bağlı kalmadan yapı kalitesine ve zemin özelliklerine bağlı olarak da oluşabilecek hasarların dikkate alınmasını ve bunun içinde yüzey dalgası yöntemlerinin kullanılmasını önermiştir. Ayrıca temel kaya derinliği ve bunun üzerinde bulunan zemin tabakaların kalınlık ve hızlarının da araştırılmasını ve modellenmesini belirtmişlerdir.

Genellikle zemin tabakalarının (zemin-yapı temeli ve/veya zemin-ana kaya-yapı ilişkilerinin araştırılması) Vs dalga hızını araştırmak için, yüzey ve kuyu içi sismik çalışmalar yapılır. Ana kayanın 30 m. den sığ olduğu bölgelerde yüzeyden yapılacak sismik çalışmalar ile sonuca gidilebilir (Whiteley 1994). Bu konunun NEHRP (2003) yönetmeliklerinde ayrıntılı tanımlaması yapılmıştır. Ancak yüzey sismik çalışmalarında Vs hız modelleri oluşturulması aşamasında, yüksek hızlı tabakaların altındaki düşük hız tabakalarının olma olasılığının da araştırılması gerekir.

Bu amaçla yapılacak yüzey ve kuyu içi sismik çalışmalarda sismik enerji kaynağına bağlı olarak araştırma derinliğinin kısıtlanması ve kuyu derinliğine bağlı olarak oluşabilecek düşey sapmalarının (kuyu eğiminin) kontrol edilememesi, zemin sondaj çalışmalarında numune alma zorluğu ve tüm bu işlemler için maliyetin fazla olması konuları dikkate alındığında bu problemler zemin mühendislik anakaya ilişkisinin araştırılmasında karşılaşılabilecek çok sayıda problemlerden bazılarıdır.

Bu sonuçlar dikkate alınarak son yıllarda söz konusu S dalga hızının gerekli derinliğe ka-

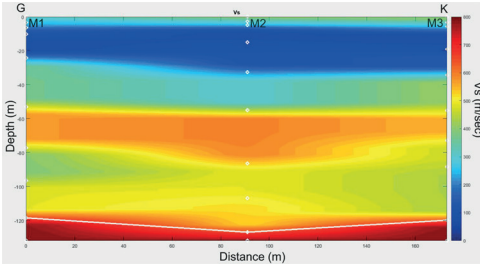
dar elde edilmesi konusunda çalışmalar yapılmakta ve başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Böylece zemin çalışmalarında aktif ve pasif kaynaklı yüzey dalgaları analizleri yöntemleri birlikte kullanılarak gerekli derinliğe kadar S dalga değerlerinin in-situ (yerinde) yöntemlerle elde edilmesi sağlanmıştır.

Zemin özelliklerini araştırma amaçlı arazi çalışmalarında yüzey dalgası analizi yöntemleri, aktif ve pasif kaynaklı olmak üzere iki türlü uygulanabilir. Kaynak gücüne bağlı olarak aktif kaynaklı yöntemler iyi sonuçlar üretebilir. Ancak yine de aktif kaynaklı çalışmalarda araştırma derinlikleri pasif kaynaklı yöntemlere göre daha azdır. Zeminin doğal titreşimini enerji kaynağı olarak kullanan pasif kaynaklı yöntemlerle daha derinlere ulaşma olasılığı artar.

Mikrotremor ölçümleri ayrı noktalarda ayrı zamanlarda alınabildiği gibi bir bölgedeki titreşim özelliklerinin noktalar arasında ya da seçilen bir bağıl noktaya göre gösterdiği değişimin belirlenmesi istendiğinde, genellikle bir çizgi üzerine yerleştirilen çok sayıda sismometreden oluşan düzenlerle eş zamanlı olarak da alınabilir. Nakamura (1989), yeryüzündeki tortul katmanın düşey sismik dalgaları büyütemeyeceğinden yola çıkarak sismik hareketteki Rayleigh dalgasının etkilerini düşey bileşen algılarında kestirilebileceğini belirtir. Yapılan birçok araştırma, tek bir yerdeki mikrotremorların yatay spektrumlarının düşey spektrumlarına oranlanmasıyla bölgesel yer etkilerinin hesaplanabildiğini göstermiştir (Mirzaoğlu ve Dikmen, 2003).

Bu çalışma kapsamında şekil 1’de görülen çalışma alanında belirlenen 3 noktada mikrotremor ölçümleri alınarak yatay/düşey spektral oran eğrileri elde edilmiştir. Ölçümler Guralp Systems CMG-6TD geniş bant hız ölçerler ile eş zamanlı olarak kayıt süresi en az 1 saat olacak şekilde alınmıştır. Çevresel gürültülerden kaçınmak için ölçümler gece 00:00’dan

sonra toplanmıştır. Toplanan zaman kayıtları 81,92 sn'lik pencerelere ayrılarak hızlı fourier dönüşümüne tabii tutularak yatay/düşey spektral oran eğrileri elde edilmiştir. Elde edilen bu eğriler Bignardi vd. 2016'da tanımlanan esaslara göre OpenHVSR yazılımı ile modellenmiştir. Modelleme sonucunda 2B zemin – ana kaya modeli elde edilmiştir (Şekil 2).



Şekil 2. 2B Zemin – Ana Kaya Modeli

## SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Çalışma alanında 3 noktada yapılan Mikrotremor ölçümlerinden elde edilen Vs Hız – Derinlik kesiti yorumlandığında düşey yönde genel olarak 140m. kalınlık içinde Vs hız değerlerinde yanal ve düşey yönde farklı seviyeler gözlenmiştir (Şekil 2). Kesitler yorumlanırken İzmir Körfez çevresinde zemin oluşumunda etkili olan akarsu yatakları da dikkate alınmıştır. Bu alanda zemin oluşumunda Arap Deresi ve Melez Çayının baskın etkisi gözlenmektedir. Bu duruma göre yanal ve düşey yönde ve küçük ölçeklerde zemin özelliklerinde (tane çapı ve dağılımı) ani değişimler oluşmuştur. Bu durum Vs hız değerlerini de etkilemektedir. 7. Zeminin dinamik davranışını etkileme yönünden düşey yöndeki S dalga hızı değişimleri dikkate alındığında, deprem spektrumundaki genlik frekans değişimleri yaratması yönünden, düşey yönde zemin tabakaları içerisinde akustik empedans farklılıkları içeren (yoğunlukları farklı olabilecek) tabaka sınırları gözlenmiştir. 9. Çalışma alanı genelinde deprem-

selliği, yakın çevresinde yeralan deprem kaynakları (İzmir fayı, Tuzla Fayı vd. gibi) ve zeminin 30m. den kalın olması dikkate alındığında, yeni nesil ivme azalım ilişkileri de kullanılarak sahaya özgün Sismik Tehlike Analizi hesaplamalarının yapılması önerilir.

## KATKI BELİRTME

Bu çalışma Özkan Cevdet Özdağ'ın Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora tezinin bir kısmını kapsamaktadır. Ayrıca bu çalışma Dokuz Eylül Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi (BAP) 2018.KB.FEN.040 'nolu proje ile desteklenmiştir.

## KAYNAKLAR

- Bignardi, S., Mantovani, A., & Zeid, N. A. 2016. OpenHVSR: imaging the subsurface 2D/3D elastic properties through multiple HVSR modeling and inversion. *Computers & Geosciences*, 93, 103-113.
- Foti, S. 2000. Multistation Methods for Geotechnical Characterization using Surface Waves, Ph.D. Diss., Politecnico di Torino, 230 p., Milano.
- Herak, M. 2008. ModelHVSR—A Matlab® tool to model horizontal-to-vertical spectral ratio of ambient noise. *Computers & Geosciences*, 34(11), 1514-1526.
- Kepçeoğlu, Ö. 2008. Bursa İli Güzelyalı Belediyesi için Mikrotremor Ölçümlerine Dayanan Bir Mikrobölgeleme Uygulaması
- Kramer, S.L., 1996, *Geotechnical Earthquake Engineering*, Prentice-Hall, Inc
- Nakamura, Y., 1989., A method for dynamic characteristics estimation of subsurface using microtremor on the ground surface. *Quarterly Report of the Railway Technical Research Institute* 30(1),25-33.

- NEHRP 2003. Recommended Provisions for Seismic Regulations for New Buildings, (Fema 450), (2003).
- Pamuk, E., Akgün, M., Özdağ, Ö. C., & Gönenç, T. 2017a. 2D soil and engineering-seismic bedrock modeling of eastern part of Izmir inner bay/Turkey. *Journal of Applied Geophysics*, 137, 104-117.
- Pamuk, E., Özdağ, Ö. C., Özyalın, Ş., & Akgün, M. 2017b. Soil characterization of Tınaztepe region (İzmir/Turkey) using surface wave methods and Nakamura (HVSr) technique. *Earthquake Engineering and Engineering Vibration*, 16(2), 447-458.
- Pamuk, E., Özdağ, Ö. C., Tunçel, A., Özyalın, Ş., & Akgün, M. 2018. Local site effects evaluation for Aliğa/İzmir using HVSr (Nakamura technique) and MASW methods. *Natural Hazards*, 90(2), 887-899.
- Okada, H., 2003. The microtremor survey method, geophysical monograph series 12, Society Engineering Geophysics, Tulsa.
- Özdağ, Ö. C., Gönenç, T., & Akgün, M. 2015. Dynamic amplification factor concept of soil layers: a case study in İzmir (Western Anatolia). *Arabian Journal of Geosciences*, 8(11), 10093-10104.
- Whiteley, R.J. 1994. Seismic refraction testing – a tutorial: in Woods, R.C. (ed.). *Geophysical Characterization of sites*, Balkema, p. 45-47.



## Bir Boyutlu S-Dalgası Hız Yapısının Yüzeysel Dalgası Ters Çözüm Yöntemi ile Belirlenmesi

*Determination of 1D S-Wave Velocity Structure by Surface Wave Inversion Method*

**Faruk Biçek<sup>1</sup>, Özlem Karagöz<sup>2</sup>, Onur Eysisüren<sup>3,4</sup>,  
Emin Uğur Ulugergerli<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeofizik Mühendisliği Bölümü,  
Yüksek Lisans Öğrencisi, Çanakkale, TÜRKİYE

<sup>2</sup>Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü,  
Çanakkale, TÜRKİYE

<sup>3</sup>Çanakkale Belediyesi, İmar ve Şehircilik Müdürlüğü, Çanakkale, TÜRKİYE

<sup>4</sup>Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği  
Bölümü, Doktora Öğrencisi, Çanakkale, TÜRKİYE

(farukbicek@gmail.com; ozlemkaragoz@comu.edu.tr; emin@comu.edu.tr)

**Öz:** Bu çalışmada Çanakkale ili ilçelerinde Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD) Deprem Dairesi Başkanlığı tarafından işletilmekte olan altı kuvvetli yer hareketi istasyonunda bir boyutlu S-dalgası hız yapısını ve mühendislik ana kaya derinliğini belirlemek amacıyla MASW ölçümleri yapılmıştır. Gözlemsel olarak elde edilen Rayleigh dalgası dispersiyon eğrisinden belirlenen uygun başlangıç hız modeli en küçük kareler yöntemiyle geliştirilen ters çözüm programına girdi olarak kullanılmıştır. Hem Occam türünde hem de tabakalı model ile ters çözüm yapılmış elde edilen bir boyutlu S-dalgası hız modelleri elde edilmiştir. Sonuçlar ayrıca bir ticari programın sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Bulgular yüzeysel, ince, düşük hızlı birime işaret ederken genelde derinlikle artan Vs hızları elde edilmiştir. Çalışmada ilk 30m deki Vs hızları hedeflenmiş ve 120-700 m/s aralığında değiştiği görülmüştür. Mühendislik açısından sismik anakaya olarak tanımlanabilecek Vs=700 m/s hızındaki birim iki istasyonda gözlemlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Çanakkale, MASW, Rayleigh dalgası faz hızı dispersiyonu, tabakalı model, sürekli model

**Abstract:** In this study, MASW measurements were performed in order to determine the 1D S-wave velocity structures and the depth of the engineering bedrock at the six strong ground motion stations operated by the Disaster and Emergency Management Authority of Turkey (AFAD) in Çanakkale province. The appropriate initial velocity model that was obtained from observed Rayleigh wave dispersion curve was used as input to the developed least-squares inverse program. Inversion was done both Occam's and layered models and obtained 1D S-wave velocity models were compared with the outputs of the a commercial program. The results show a thin, low-velocity unit beneath near the surface, and generally increased S-wave ve-



locities with depth were obtained. In this study, first 30m Vs was targeted were found to vary between 120 and 700 m/s. The layer with Vs=700m/s which is called as an engineering bed-rock was observed at two stations.

**Keywords:** Çanakkale, MASW, dispersion of Rayleigh wave phase velocity, layered model, continuous model.

## GİRİŞ

Mühendislik jeofiziği yöntemlerinin amacı, mühendislik yapılarını taşıyacak olan zeminin dayanımı, tabakaların kalınlığı, su içeriği, dinamik yük altındaki davranışlarını vb. özelliklerini belirlemeye çalışmaktır. Bu amaçla yapılan yüzey dalgası analizleri, sığ yüzeyden ana kayaya kadar olan zeminin S-dalga hızı (Vs) modellemesinin hızlı ve ekonomik bir şekilde yapılmasına olanak sağlar.

Günümüzde yüzey dalgaları deprem sismolojisi dışında aktif ve pasif sismik yöntemler aracılığıyla ile toplanabilmektedir. Sismik veya uygulamalı sismoloji yöntemleriyle toplanan veriler değerlendirilerek uzaklığa bağlı

olarak farklı frekans aralıklarında faz hızı bilgisi edinilmesini sağlar. Düşük ve yüksek frekanslardaki faz hızları, farklı derinliklerdeki yer içi tabakalarının hız ve kalınlık değişimi hakkında bilgi verir. Aktif sismik yöntemlerden çok kanallı yüzey dalgası yöntemi (Multi-channel Analysis of Surface Waves, MASW) ile toplanan Rayleigh dalgasının özel bir türü olan “ground roll” dalgası göreceli olarak, düşük hız, düşük frekans ve yüksek genlikle tanımlanır. Yatay hareket eden ground roll dalga alanları, belirli aralıklarla yüzeye yerleştirilmiş alıcılardan tarafından kaydedilir. Her bir ground roll dalgasına ait frekans bileşeninin doğrusal ayrışımı, her bir frekans bileşeninin doğrusal eğiminin ölçülmesiyle faz hızlarının hesaplanmasını sağlar. Elde edilen faz hızlarının ters çözüm yöntemleri kullanılarak



Şekil 1. AFAD kuvvetli yer hareketi istasyonlarının lokasyonları

modellenmesiyle bir boyutlu (1B) Vs modeli elde edilir.

Bu çalışmada Çanakkale ilçelerinde yer alan altı adet AFAD kuvvetli yer hareketi istasyonlarının (Şekil 1) 1B Vs yapısını belirlemek amacıyla MASW ölçümleri yapılmıştır. Gözlemsel Rayleigh yüzey dalgası dispersiyon eğrileri ticari program kullanılarak elde edilmiştir. Olafsdottir, vd. (2018) tarafından MASW analizi için yazılan MATLAB tabanlı açık kodlu yazılımın düz çözüm kısmı kullanılarak ters çözüm algoritması geliştirilmiştir. Elde edilen ters çözüm sonuçları, günümüzde MASW ölçümlerinin hızlı değerlendirilmesi amacıyla kullanılan bir ticari yazılımın sonuçları ile de karşılaştırılmıştır.

## YÖNTEM ve VERİ TOPLAMA

MASW yönteminde ‘Ground Roll’ dalgaları ağırlık düşürme, balyoz türü sismik kaynaklar kullanarak elde edilir. MASW yönteminin temel hedefi, Rayleigh dalgasının faz hızının derinliğe ve frekansa bağlı değişiminden elde edilen dispersiyon eğrilerinden yer içinin 1B Vs yapısını belirlemektir. MASW verisi 24 kanallı ECHO24/2010 sismik kayıtçı ve 4.5 Hz’lik jeofonlar kullanılarak toplanmıştır. Bir çok araştırmacı bu yöntemi zeminin 1B sığ Vs hız yapısını belirlemek için etkin bir şekilde kullanmıştır (örn. Park vd., 1999; 2002; Yılmaz, 2015). Bu yöntemde kaynak noktası uzaklığı ve jeofon aralıkları, hedeflenen derinliğe ve tabaka kalınlıklarına göre tasarlanır. Bu da dalga boyu ile yakından ilgilidir. Hedef derinlik, maksimum dalga boyu kadar ve çözülmesi istenen minimum tabaka kalınlığının da minimum dalga boyu kadar alınması tavsiye edilmiştir (Park vd., 1999).

Veri toplamada, kaynakla ilk jeofon arası uzaklığı, net bir kural olmasa da, kayıt içerisinde yakın ofset kirliliğine meydan vermemek için genel olarak hedeflenen en büyük derinliğin %20’si kadar alınması yeterli ola-

caktır (Park vd., 1999). Arazi ölçümlerindeki jeofon serimlerinde, seçilen jeofon aralığı (dx), elde edilen 1B Vs yer altı tabaka modelinin çözünürlüğü ile ilişkilendirilir. Daha yüksek çözünürlük, daha küçük dx gerektirir. Jeofon aralığının en büyük araştırma derinliğinin (Zmax) onda birinden daha küçük olması önerilir (Stokoe vd., 1994). Alıcıların birinci ve sonuncu jeofon arasındaki uzaklık olarak verilen toplam serim uzunluğu(X),  $X \geq Z \max$  koşuluna dayanılarak hesaplanır (Nazarian vd., 1983).

Kaydedilen verinin işlenmesi iki aşamadan oluşur; 1-Veri işlem tekniği kullanılarak dispersiyon eğrisi elde edilir. 2-Elde edilen dispersiyon eğrisine ters çözüm uygulanarak 1B derinlik Vs modeli elde edilir (Şekil 2).

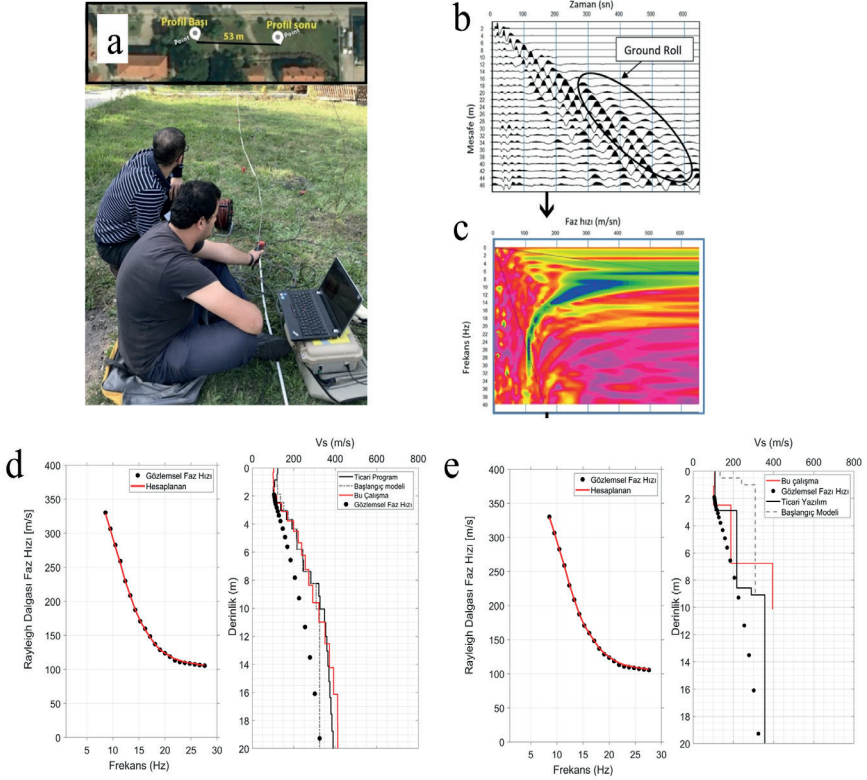
Bu çalışmada tetikleyici olarak bir adet 4.5 Hz jeofon ve 8 kg.’lık balyoz aktif sismik kaynak olarak kullanılmıştır. Ofset ve yığma işlemi ölçüm yapılan zeminin özelliklerine göre değişkenlik göstermiştir. Zemin koşullarına göre ofset 2, 8 ve 15 m olarak, jeofonlar arası mesafe 1-2m seçilmiştir (Şekil 2).

## Ters çözüm

Doğrusal olmayan ters çözüm yöntemiyle (örn Menke 1984, Meju 1994) iki farklı teknik kullanılarak veriler işlenmiştir. İlk teknikte veri sayısı kadar ince tabaka kullanılmış (Occam yaklaşımı, Constable vd 1987) ve katman kalınlıkları ters çözümde sabit tutulmuştur. Bu yaklaşımla sadece hızların değişimi araştırılmıştır. İkinci teknikte tabakalı model için (hem kalınlık hem de hızlar) için çözüm araştırılmıştır. Occam türü yaklaşımda amaç sürekli bir modelin elde edilmesinin yanı sıra, tabakalı model için katman sayısı ve hızları hakkında ön bilgi edinilmesidir.

## SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada Çanakkale ilçelerinde konuşlanmış 6 adet AFADkuvvetli yer hareketi



Şekil 2. (a) 1716 Ayvacık istasyonu önü MASW ölçümü. (b) MASW arazi kaydı (c) MASW verisinden elde edilen normalize edilmiş genlik spektrumu ve seçilen gözlemsel faz hızı-frekans değerleri (d) Dispersiyon eğrisinin 25 ince katman (Occam türü) kullanılarak ters çözümü sonucu 1B Vs-derinlik eğrisi (e) 3 tabaka 1 yarı sonsuz ortam için ters çözüm sonucundan elde edilen 1B Vs - derinlik eğrisi.

istasyonunda (Şekil 1.) 1B sığ Vs yapısını belirlemeye yönelik MASW yöntemi uygulanmıştır. MASW kayıtlarından elde edilen Rayleigh dalgası faz hızı dispersiyon eğrileri ve belirlenen 1B Vs başlangıç modelleri geliştirmekte olduğumuz ters çözüm programı ile çözülüp istasyonların konuşlandığı zeminlerin 1B Vs yapısı belirlenmeye çalışılmıştır. Bulunan sonuçlar ticari program sonuçları ile

karşılaştırılmıştır. Çalışmada kullanılan serim boyu ile ilk 20 m 'deki  $120 \geq Vs \geq 700$  m/s aralığında elde edilmiştir. Çalışmanın hedeflerinden biri olan sismik ana kaya ( $Vs \geq 700$  m/s) iki istasyonda gözlemlenmiştir.

#### KATKI BELİRTME

Bu çalışma 118Y003 nolu TÜBİTAK-3001



projesi tarafından desteklenmektedir. Katkılarından dolayı Rober Yıldız' Ayetullah Ercel, Fatih Arslantürk ve Samet Aslan'a (ÇOMÜ) teşekkür ederiz.

## KAYNAKLAR

Constable, S. C., R.L. Parker, and C.G. Constable, 1987, Occam's inversion: A practical algorithm for generating smooth models from electromagnetic sounding data: *Geophysics* 52(3), 289-300

Park, C.B., Miller, R.D., and Xia, J., 1999. Multi-channel analysis of surface waves (MASW). *Geophysics*, 64, 800-808.

Park, C.B., Miller, R.D., Miura, H. 2002. Optimum field parameters of an MASW survey [Exp. Abs.]: SEG-J, Tokyo, May 22-23, 2002.

Menke, W., 1984, *Geophysical data analysis: Discrete inverse theory*: Academic Press Inc.

Meju, M. A. (1994). *Geophysical data analysis: understanding inverse problem theory and practice*. Society of Exploration Geophysicists.

Nazarian, S., Stokoe, K.H., and Hudson, W.R., 1983. Use of spectral analysis of surface waves method for determination of modulus and thicknesses of pavement systems. *Transportation Research Record*, 930, 38-45.

Olafsdóttir, E.A., Erlingsson, S., & Besson, B., 2018. Tool for analysis of MASW

field data and evaluation of shear wave velocity profiles of soils. *Canadian Geotechnical Journal* 55 (2), 217-233. (<https://doi.org/10.1139/cgj-2016-0302> ET 01/11/2018)

Stephenson, W.J. Louie, J.N. Pullman manappallil, S. Williams, R.A. Odum, J.K. 2005. Blind shear-wave velocity comparison of ReMi and MASW results with boreholes to 200 m in Santa Clara Valley: implications for earthquake ground motion assessment, *Bull Seism Soc Am.* 95, 2506-2516.

Stokoe, K.H., II, Wright, G.W., James, A.B., and Jose, M.R., 1994. Characterization of geotechnical sites by SASW method. In: *Geophysical Characterization of Sites*, R.D. Woods, (ed.), Oxford Publishers, New Delhi.

Yılmaz 2015, *Engineering Seismology with Applications to Geotechnical Engineering* Society of Exploration Geophysicists, Tulsa, OK USA (954 pp).

**JEOFİZİK YÖNTEMLER VE JEOLJİK UYGULAMALARI**  
***GEOPHYSICAL METHODS AND THEIR APPLICATIONS TO GEOLOGICAL PROBLEMS***  
Hans THYBO - Hayrullah KARABULUT - Argun KOCAOĞLU - Neslihan OCAKOĞLU  
GÖKAŞAN - Turgay İŞSEVEN - Emin ULUGERGERLİ- Ebru ŞENGÜL ULUOCAK

---

***Poster/Posters***

---

***TAM METİN BİLDİRİLER/  
PROCEEDINGS***





## Modelling of Sinkholes in Karapınar (Konya) by 2D Seismic Refraction Method

### *Karapınar (Konya) Obruklarının 2B Sismik Kırılma Yöntemi ile Modellenmesi*

N. Gözde Okut-Toksoy<sup>1</sup>, Karolin Firtana-Elcomert<sup>2</sup>, Aysun Boztepe-Güney<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Division of Geophysical Engineering, Graduate School of Science, Engineering and Technology, İTÜ Maslak 34469, Maslak, İstanbul

<sup>2</sup>Department of Geophysical Engineering, Faculty of Mines, İTÜ, Maslak 34469, İstanbul  
(firtana@itu.edu.tr)

**Abstract:** The number of sinkholes in Karapınar (Konya) has increased rapidly in the last 40 years. They are presently threatening the life and the property. The sinkholes in the area have formed because of both natural processes (karstification, acidic ground water flow, and climate) and human activity (opening high number of deep ground water wells). The geophysical methods such as gravity, ground penetrating radar, frequency domain electromagnetic, electric and seismic refraction can be used to investigate the filled and/or empty sinkholes. In this study, the seismic ray tracing method has been used for the forward modelling of the filled sinkholes in Karapınar with SeisImager/2D<sup>TM</sup> program and the success of the method has been investigated before the seismic refraction survey is done in the field. The results of 2D seismic refraction tomography show that the increase in the number of shot points along the profile provides a better resolution for the model.

**Keywords:** Forward modelling, karstification, seismic ray tracing method, seismic refraction, sinkhole.

**Öz:** Karapınar'da (Konya) bulunan obrukların sayısı son 40 yılda hızla artış göstermiştir. Bölgedeki obruklar günümüzde hayatı ve yaşam alanlarını tehdit etmektedirler. Obruklar, hem doğal süreçlerin (karstlaşma, asidik yeraltı suyu akışı ve iklim) hem de insan aktivitesinin (çok sayıda derin yeraltı suyu kuyularının açılması) bir sonucu olarak oluşmuştur. Jeofizik yöntemlerden gravite, yer altı radarı, frekans ortamı elektromanyetik, elektrik ve sismik kırılma gibi yöntemler dolu ve/veya boş obrukları araştırmak için kullanılabilir. Bu çalışmada, Karapınar'daki dolu obrukların düz çözüm modellemesi için SeisImager/2D<sup>TM</sup> programındaki sismik ışın izleme yöntemi kullanılmış ve yöntemin başarısı sahada sismik kırılma çalışması yapılmadan önce araştırılmıştır. 2B sismik kırılma tomografisinin sonuçları profil boyunca atış noktalarının sayısının artırılması ile modelin daha iyi çözümlendiğini göstermektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Düz çözüm, karstlaşma, obruk, sismik ışın izleme yöntemi, sismik kırılma yöntemi.

## INTRODUCTION

Acidic rainwater moves through the weakness zones of the limestone or dolomite, dissolves them and creates air and/or water filled caves. This process is known as a karstification. When the ceilings of the caves drop down, the life and property threatening sinkholes occur. The sinkholes can form because of both natural processes and excessive usage of the ground water by people. Karst areas in Turkey cover about one third of the total land surface and include hundreds of sinkholes. They are widely observed in Taurus and Konya Closed Basin (Doğan and Yılmaz, 2011). The purpose of this study is to design a seismic refraction survey and investigate the success of the seismic refraction method to detect the filled sinkholes in Karapınar, Konya.

## GEOLOGY

The study area is in a sub-watershed of the Konya Closed Basin and encompassed Karapınar and located in the Central Anatolia Region of Turkey. Konya Closed Basin (53,850 km<sup>2</sup>) is surrounded by Konya plain sub-basin in the south, the Tuz Lake sub-basin in the north and the Obruk Plateau between these two sub basins.

The geological setting of the study area is given in Figure 1 (Ulu 2009a, b; Özdemir 2016). The western side of the Karapınar Graben which is a part of the Konya Graben is bordered by the Seyithacı Fault, extending in NE–SW direction. In the previous studies, 182 sinkholes were identified in Karapınar and its surrounding area (Ulu 2009a, b; Özdemir 2016). These sinkholes are formed within the Upper Miocene and Pliocene age İnsuyu formation which consists of limestone in the upper section and limestone, marl, clay, tuff and silt intercalation in the lower section (Ulu, 2009 a, b; Koçyiğit, 2005). A 200 m

thick-fractured limestone creates a suitable zone for the formation of the sinkholes (Canik and Çörekçiöğlü, 1986). There are Miocene-Quaternary volcanic mountains in the vicinity of Karapınar (Ulu, 2009a, b).

The factors causing the sinkholes in the area are the existence of the lake sediments, the northward flow of the ground water from Taurus Mountains to Konya Closed Basin reaching Tuz Lake, the chemistry of the ground water and the rapid drops in the ground water level (Doğan and Yılmaz, 2011; Tapur and Bozyiğit, 2015). We have searched previously published studies to define the most common size of the sinkholes in the study area formed in the last years since the scale of the seismic refraction survey is directly proportional to the cost effectiveness of the applied method.

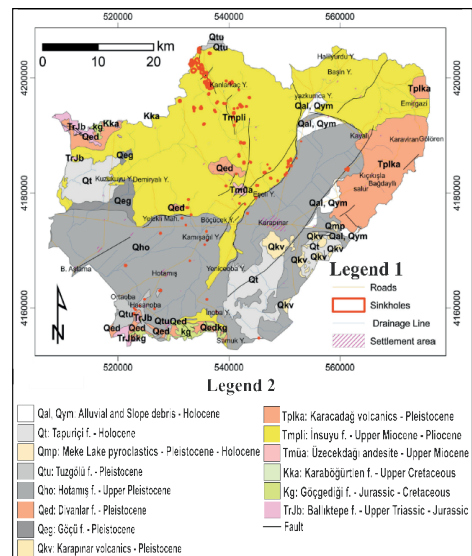


Figure 1. Geology map (modified from Ulu 2009a, b; Özdemir 2016) with distribution of sinkholes in the study area.

Tapur and Bozyiğit (2015) listed 43 sinkholes in Konya formed in the last years including their locations, diameters and depths. About 84% of the 35 sinkholes near Karapınar have a depth of 9 m (maximum depth 80 m) and about 64% of them have a diameter of 10-19 m (maximum 55 m).

## SEISMIC REFRACTION MODELLING

A 9 m thick and 23 m wide sinkhole is taken as a representative model for the sinkholes in Karapınar. 24 geophones along a line on the surface with 2.5 m geophone intervals are used. The geophone interval is an important parameter for the resolution. The length of geophone spread (57.5m) is selected more than three times of the depth of sinkhole. Geophone with natural frequencies of 10 and 14 Hz and a 8 kg sledge hammer are a suitable for the shallow seismic refraction studies. The selecting type of seismic source is very important for this study because of the hazard risk of the sinkholes. Therefore, the safety regulations must be obeyed in the field in addition to the cost, spectral characteristics, repeatability, use convenience efficiency and energy. The stacking sequential records gathered from the same shot point increases the data quality by improving signal to noise ratio (Brom and Stan-Kleczek, 2015). Two source locations are used as forward and reverse shots, since the number of source locations has a significant effect on the cost of the project in terms of time required both data acquisition and interpretation steps. If the budget of the project is not too tight, increasing number of shot locations gives better results.

The conventional seismic refraction interpretation methods (Delay time, generalized reciprocity, etc) are based on the constant velocity layer assumption. Since the karst area includes large and sudden changes in the geometry of the bedrock and existence of the localized filled and/or empty sinkholes, the as-

sumptions used for the conventional method do not work for the sinkholes. Therefore, the seismic ray tracing methods should be used.

The P-wave velocity-depth model for the filled sinkholes and surrounding rocks are constructed based on the type of formation in the area and corresponding P-wave velocity given in the published studies (Doğan and Yılmaz, 2011; URL1). The P-wave velocities for the three layered shallow earth model are chosen as 350 m/s for loose sediments, 2200 m/s for the Quaternary sediments (clay, silt and sand) surrounding the sinkholes, 1400 m/s for the dry sediments in the sinkholes and 4000 m/s for the Upper Miocene Pliocene İnsuyu formation (limestone, silt, marl, tuff) at the base of the model. The travel-time data of the direct waves from the first layer and the refracted waves from the second and third layers are calculated by (Figure 2) the seismic ray tracing method of the SeisImager/2D™ program (2009).

In P-wave velocity-depth model, the second layer includes a sinkhole with both vertical and horizontal velocity variations (Figure 2b). The travel-time data of the direct arrivals (red circles) and refracted arrivals (green and blue circles) versus distance are calculated and shown in Figure 2a. We can detect the signature of the sinkhole on the travel-time data of the first arrivals as two different slopes related to two different formations and the crooked shapes indicating the sinkhole. Tomography results (Figure 2c-d) including the grid cells and the ray paths show that 5-shot model provides a better resolution for the sinkhole and the top of the bedrock.

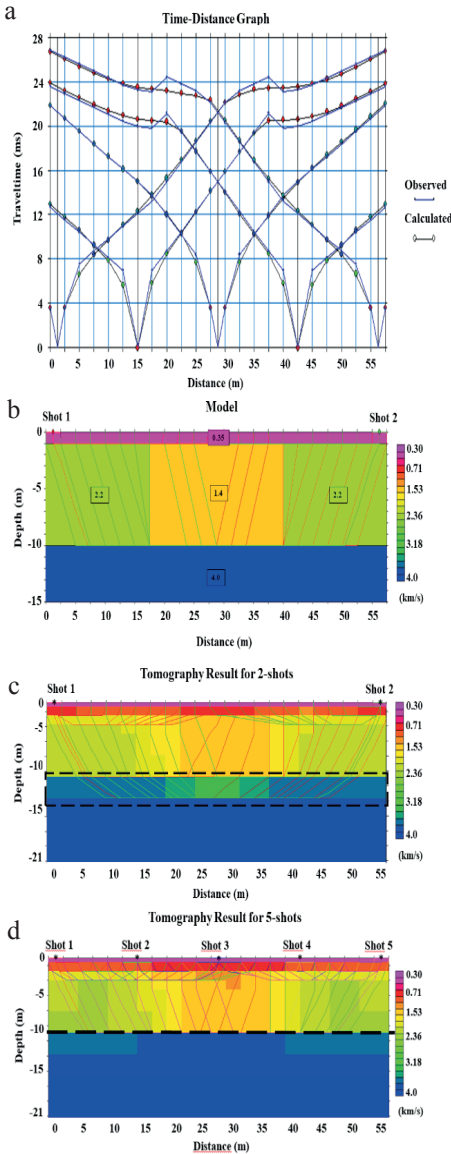


Figure 2. a) Observed and calculated first arrival times for 2-shot and 5-shot models b) a three layered P-wave velocity-depth model with the sinkhole and the ray paths for 2-shot model c) tomography results for 2 shots (iteration number: 10; rms: 0.29 ms) and d) for 5 shots (iteration number: 10; rms: 0.37 ms).

## DISCUSSION AND CONCLUSIONS

In this study, a 9 m thick and 23 m wide sinkhole is taken as a representative model for the sinkholes in Karapınar. 24 geophones with 2.5 m geophone spacing along 57.5 m profile are used. A three layered model with P-wave velocities 350 m/s, 2200 m/s and 4000 m/s including a sinkhole in the second layer with P-wave velocity 1400 m/s is used.

SeisImager2D code creates variable cell sizes for tomography (Figure 2c-d). The grid cells are smaller at the shallow depth and larger at the greater depths (Sheehan et al, 2005). Therefore, the shallow part of the model is better resolved than the deeper parts. Tomography result of the 2-shot model shows that the depth of the sinkhole cannot be determined exactly since the actual depth of the sinkhole-basement contact (10 m) is represented by a 3000 m/sec layer (dashed box in Figure 2c). However in 5-shot model, the depth of the sinkhole-basement contact can be calculated more accurately (dashed line in Figure 2d). Therefore tomographic results show that the increase in the number of the shot points along the profile provides a better depth resolution for both the sinkhole and the top of the bedrock.

The results of the model studies provide the valuable information for the cost effectiveness of the project and the safety application of the method. For a detailed study, fan-shooting approach can be used to investigate the possible locations of the sinkholes with low velocities that minimize the cost of the project by reducing the number of the profiles.

## ACKNOWLEDGEMENTS

We would like to thank Department of Geophysical Engineering of İTÜ for providing us the SeisImager/2D™ program licence.

## REFERENCES

- Brom, A., Stan-Kleczeck, 2015. Comparison of seismic sources for shallow seismic: sledge hammer and pyrotechnics, *Contemp. Trends. Geosci.* 4(1), 39-47.
- Canik, B., Çörekçiöglü, İ., 1986. The formation of sinkholes (obruk) between Karapınar and Kızören-Konya. In: Karst water resources (Proceeding of Ankara-Antalya Symposium, July 1985). IAHS Publ. No 161, pp 193-205.
- Doğan, U., Yılmaz, M., 2011. Natural and induced sinkholes of the Obruk Plateau and Karapınar-Hotamış Plain, Turkey, *Journal of Asian Earth Sciences*, 40, 496-508, Doi: 10.1016/j.jseaes.2010.09.014.
- Geometrics, Inc., 2009. SeisImager/2D Seismic Refraction Data Analysis Software Manual and Examples Booklet (ver 3.3).
- Koçyiğit, A., 2005. The Denizli graben-horst system and the eastern limit of western Anatolia continental extension: basin fill, structure, deformational mode, throw amount and episodic evolutionary history SW Turkey. *Geodinamica Acta* 18 (3-4), 167-208.
- Özdemir, A., 2016. Sinkhole susceptibility mapping using a frequency ratio method and GIS technology near Karapınar, Konya Turkey. *Procedia Earth and Planetary Science*. 15, 502-506.
- Sheehan, J. R., Doll, W. E., Mandell W. A. 2005. An Evaluation of Methods and Available Software for Seismic Refraction Tomography Analysis. *JEEG*, 10, 1, 21-34.
- Tapur, T. and Bozyiğit, R., 2015. Konya ilinde güncel obruk oluşumları (Current sinkhole formations in Konya province). *Marmara Coğrafya Dergisi*, 31, 415-446.
- Ulu, Ü., 2009a. Geologic Maps of Turkey Karaman-M30 Sheet. General Directorate of Mineral Research and Exploration, Ankara (in Turkish).
- Ulu, Ü., 2009b. Geologic Maps of Turkey Karaman-M31 Sheet. General Directorate of Mineral Research and Exploration, Ankara (in Turkish).
- URL1:<http://www.jsg.utexas.edu/tyzhu/files/Some-Useful-Numbers.pdf>.





## Yeryüzeyinden Çok Disiplinli Yaklaşım ile Heyelan İzlemelerinin Değerlendirilmesi Üzerine Bir İnceleme

### *Assessment of Ground-Based Multi-Discipline Monitoring Approach for Landslide Investigations*

Ayşe Yılmaz Turgal<sup>1</sup>, Ramazan Cüneyt Erenoğlu<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Çanakkale 18 Mart Üniversitesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, Terzioğlu Kampüsü, Çanakkale

<sup>2</sup>Çanakkale 18 Mart Üniversitesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Terzioğlu Kampüsü, Çanakkale

(ayilmaz2186@gmail.com)

**Öz:** Heyelanlar çeşitli nedenlerle meydana gelen, toprak parçaları veya kaya parçalarının genellikle düşey yönde hareketidir. Depremler kadar heyelanların yıkıcı bir etkisi olmamasının nedeni önceden tahmin edilebilmesi ve yapılan çalışmalarla heyelanların yıkıcı etkilerinin belli oranlarda önlenmesidir. Heyelanların incelenmesinde tek bir teknikten yararlanmak veya tek bir araçtan yararlanmak yeterli değildir. Birden fazla teknik ve araçtan faydalanmak konunun daha iyi bir şekilde anlaşılması için gereklidir.

Bu çalışma kapsamında Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Terzioğlu Yerleşkesi yakınında ki bir bölgede meydana gelen aktif heyelanın incelenmesi amacıyla jeodezi ve jeofizik alanlarının ortak çalışması kapsamında arazi çalışması, veri değerlendirme ve modelleme gerçekleştirilmiştir. GPS teknolojisinin gelişmesiyle uydulardan yayılan ve eş zamanlı olarak alıcılarda toplanan kod ve faz ölçümleri yardımıyla gerçek zamanlı olarak yüksek doğrulukta konum belirlenmenin gerçekleştiği sistemler kullanılmaktadır. Yersel ölçme yöntemlerinin aksine konumlama hızlı, etkin ve ekonomik olarak gerçekleştiğinden yer bilimlari dahil pek çok alanda yaygın olarak kullanılmaktadır. Jeodezik GPS yöntemi ile yeryüzündeki heyelanın hareketi yüksek doğrulukla tanımlanıp jeofizik yöntemlerden elektrik özdirenç yöntemiyle de yeraltında meydana gelen değişim incelenerek analiz yapılmış ve heyelanın mekanizması ve etkileri belirlenmiştir. Çalışma kapsamında iki aşamalı ölçüm alınmıştır. Ölçümlerin planlanmasında mevsimsel etkiler göz önüne alınmıştır. Ölçümlerde “Dipole-Dipole” elektrot dizilimi kullanılmış ve heyelanın kayma doğrultusunda bir hat üzerinde ölçüm alınmıştır. Bu ölçümler programlarla desteklenerek yorumlanmıştır. Çalışma sonucunda kampanya tipi gerçekleştirilen ölçümlerden elde edilecek jeodezik ve jeofiziksel modellemelerle heyelan alanının güncel hareketinin yönü ve büyüklüğünün yanısıra heyelanın kayma düzleminin konum ve tüm bu parametrelerin ilişkileri ortaya çıkarılmıştır. Yaz başında alınan elektrik özdirenç verileri kısmen yorumlandığında bölgede cm boyutunda kaymalar tespit edilmiş olup, zemin- yüzey ilişkisiyle doğrulanmıştır. Bu çalışmada kullanılan çok elektrotlu DAÖ ölçümlerinin yeraltı litolojisinin tahmin edilmesinde ve kayma düzleminin yerinin tespit edilmesinde faydalı sonuçlar verebileceği sonucuna varılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Deformasyon, GPS, Heyelan, Modelleme, Rezistivite

**Abstract:** Occured by various reasons, landslides are generally vertical movement of a land or rocky. The reason it doesn't have devastating impact like earthquake is because it is predictable and it's devastating impact is avoidable at some level with the works that were done. Only one technique or equipment is not enough for examining landslides. More than one technique and equipment are necessary for understanding the subject better.

Within the scope of this study, field study, data evaluation and modelling had been implemented as part of a joint work of geodesy and geophysics for the purpose of examining an active landslide in an area near Çanakkale Onsekiz Mart University Terzioğlu Campus. With the advance in GPS technology, systems that give the most accurate location in real time are being used with the help of code and phase evaluation that are gathered in real time in the receivers that are spreaded from satellites. It is commonly used in multiple fields including earth sciences because the locating is fast, efficient and economic unlike the terrestrial evaluating methods. With the geodesic GPS method, landslide movement on earth had been defined with high accuracy and with one of the geophysics method electric resistivity method, underground changes had been analyzed by examining and mechanism and impact of landslide had been determined. Within the scope of the study, two phased evaluation had been obtained. Seasonal impacts had been considered in planning evaluations. "Dipole-Dipole" electrode array had been used and measurements had been made on a line in the direction of slip of the landslide. These measurements had been interpreted with the support of the programs. As a result of the study, position of the slip plane of the landslide and the relation of all these parameters had been revealed as well as the direction and magnitude of the current movement of the landslide area with the geodetic and geophysical models obtained from the campaign type measurements. When the electric resistivity data that were obtained in the beginning of the summer were interpreted, slides in cm size had been established in the area and they had been confirmed by ground- surface relation. It was concluded that multiple electrode DCR measurements that were used in this study might have given useful results to predict undersoil lithology and to establish to the location of the sliding base.

**Keywords:** Deformation, GPS, Landslide, Modelling, Resistivity

## GİRİŞ

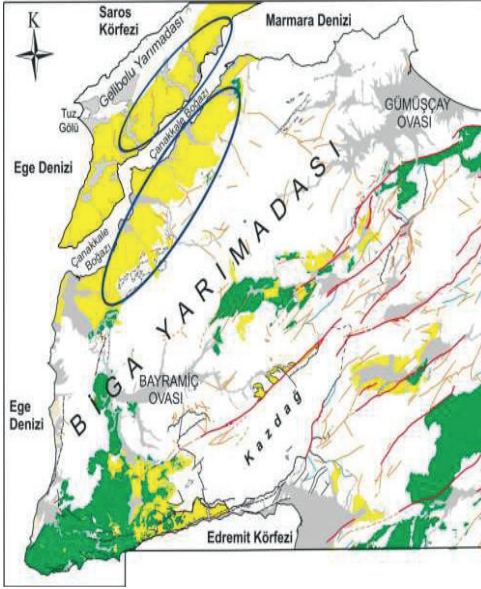
Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Terzioğlu Yerleşkesi ve yakın çevresinde, 5 yıl içerisinde meydana gelen yapı stoğundaki artış ve topografik değişimlerin sonrasında belirli alanlarda yüzeyde gözle görülebilir çatlak, kütle kayması gibi deformasyonlar ortaya çıkmıştır. Bu değişimlerin zamansal ve mekansal olarak izlenmesi heyelan biçiminde tanımlanmalarının yapılması ve önleyici tedbirlerin alınması açısından önem taşımaktadır. Mekansal izlenme kapsamında yüksek doğruluklu sonuçlar veren yöntemlerin seçilmesi heyelan karakteristiğinin ve sınırlarının

hatasız biçimde belirlenmesini sağlamaktadır (Erenoğlu.R.C at 2016).

## HEYELANLARIN JEODEZİK VE JEO-FİZİK YÖNTEMLERLE ARAŞTIRILMASI

Heyelan geometrisinin belirlenmesi, zemin ve yüzey ilişkisinin somut olarak saptanabilmesi için jeofizik yöntemlerle, yeryüzünde meydana gelen yapısal değişimler de GPS verileri kullanılarak saptanabilir. Bölgenin heyelan yoğunluğunu gösteren harita incelendiğinde heyelanların önemlenecek afetler

içerisinde olduğu anlaşılmaktadır (Uyanık.O ve ark. 2014) (Şekil 1).



Şekil 1. Biga ve Gelibolu Yarımadaalarında heyelan yoğunluğunun görüldüğü alanların haritası.

## Amaç ve Kapsam

Bu çalışmanın amacı Terzioğlu Yerleşkesi çevresinde son zamanlarda meydana gelen yapı fazlalığının, bölgede 5 yıl boyunca aktif olan heyelan bölgesinde ne gibi bir değişim yarattığını, bu değişimin yapılacak olan yapılara ya da daha önce yapılmış olan yapılara ne gibi etkileri olduğunu jeodezik ve jeofizik yöntemlerle belirlemektir.

## Materyal ve Yöntem

Bu çalışma kapsamında heyelanın olası etkileri CBS dahilinde GPS kullanılarak heyelanın bulunduğu alanda yeryüzünde meydana gelen yapısal değişimin gözlenmesi hedeflenmiştir. CBS'nin yanı sıra yeraltı değişimini gözler önüne sermesi amacıyla jeofizik yöntemlerden elektrik öz direnç yöntemine başvurulmuştur (Işık ve ark., 2012). Bu yöntem

de Dipol - Dipol dizilimi uygulanmış ve çok elektrotlu rezistivite aleti kullanılarak ölçüm alınmıştır. Tüm bu veriler gerekli haritalama işlemleri yapılarak yorumlanmıştır.

## Uygulama

Bu çalışma alanında heyelan yapısı bakımıyla GPS çalışmalarıyla kod ve faz verileri elde edilerek ve bu veriler uygun yazılımlarla modellenerek heyelanın analizi yapılmıştır. CBS kullanılarak konumsal veri yönetimi, konumsal analiz ve grafik görüntüleme uzaktan algılamının geniş alanlarda sağlanan bilgilerin etkileşimi sonucu olarak haritaların hazırlanması heyelan alanı hakkında hem hızlı hemde sağlıklı veri elde edilmesine neden olmaktadır (Bekler ve ark., 2011, Çorumluoğlu ve ark., 2007, Ercan, 2001, Yalçın, 2007, Yüceses ve ark., 2016, Zeybek, 2013).

Bu çalışmada Elektrik Öz direnç yönteminde 1 profil üzerinde Dipol-Dipol elektrot dizilimi kullanılarak ölçüm alınmıştır (Gürbüz, 2003). Çok elektrotlu rezistivite cihazı ile ölçü alımı gerçekleştirilmiştir. Elektrod aralığı 5 m, profil uzunluğu yaklaşık 200 m'dir. Her profil için görünür öz direnç değerleri toplandıktan sonra, yer elektrik kesiti elde edebilmek için RES2DINV (Loke ve Barker 1996) adlı tomografik ters çözüm programı kullanılmıştır. Çalışma kapsamında iki aşamalı çalışma uygulanarak yaz başı ve yaz sonunda zeminin suya doygunluğu ve kuruluşu baz alınarak ölçüm yapılmıştır. Bu ölçüm sonucunda yerin DAÖ haritasını çıkartmaya ve öz direnç değerlerindeki ani değişimlerden ve zıtlıklardan yararlanarak yeraltının litolojisi hakkında bilgi elde edilmiştir. Çalışma alanı Google Earth'den indirilerek paylaşılmıştır (Şekil 2).



Şekil 2. Çalışma Alanı (Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Terzioğlu Yerleşkesi).

## SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Çalışma sonucunda kampanya tipi gerçekleştirilen ölçümlerden elde edilen jeodezik ve jeofiziksel modellemelerle heyelan alanının güncel hareketinin yönü ve büyüklüğünün yanısıra heyelanın kayma düzleminin konum ve tüm bu parametrelerin ilişkileri ortaya çıkarılmıştır. Yaz başında alınan ölçülerin bir kısmı değerlendirilmiş, olumsuz hava şartları ve çok elektrotlu rezistivite cihazının BAP projesi kapsamında henüz elimizde olmaması nedeniyle yaz sonu ölçümleri alınmadığı için bir karşılaştırma yapılamamıştır. Yaz başı alınan ölçüler yorumlandığında cm boyutunda noktasal kütle hareketleri tespit edilmiş olup, bu hareketler zemin- yüzey ilişkisiyle doğrulanmıştır.

## KATKI BELİRTME

Bu çalışma Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından desteklenmektedir (Proje No:FYL-2018-1111).

## KAYNAKLAR

Bekler, T., Ekinci, Y, L, Demirci, A, Erginal, A, E, Ertekin, C., 2011. Characterization of A Landslide Using Seismic Refraction, Electrical Resistivity and Hydrometer Methods, Adatepe- Çanakkale, NW Turkey. Journal of Environmental and Engineering Geophysics, 16 (3), 115 - 126.

Çorumluoğlu, Ö, İ, Kalaycı ve M, B, Ceran, 2007. Bilgi Toplularında Modern Tarım Yaklaşımı: Hassas Tarımda Uydu Ve Bilgi Sistemi Teknolojileri (GPS, Uzaktan Algılama ve CBS). Konya'da Tarım Ve Tarım Sanayi Sorunlarının Tespiti” Sempozyumu, 2007, Konya, s. 333-343.

Ercan, A, 2001. Yer Araştırma Yöntemleri. Bilgiler Kurallar. TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası Yayını, s. 339.

Google Earth, 2018. [https:// earth.google.com / web / search](https://earth.google.com/web/search) , 28 Kasım 2018.

Gürbüz, M., 2003. Jeofiziksel Yaklaşımlarla Heyelan Yapısının Araştırılması. Kocaeli Deprem Sempozyumu, 2003, Kocaeli.

Işık, N, S, Özer, M, Orhan, M, Adil, F, 2012. Heyelan Etütlerinde Elektrik Özdirenç Ölçümlerinin Kullanılmasına Yönelik Bir Uygulama: Yıldırım Beyazıt Parkı. Hacettepe Üniversitesi Yerbilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi Bülteni, 33 (3), 283-293.

Şirin, A, Anaçali, İ, Demir, B, 2016. Karayolları Genel Müdürlüğü, Heyelan Tanımlama ve Veri Oluşturma Kılavuzu, Ankara. (42 pp)

Uyanık, O, Çatlıoğlu, B, 2014. Elektrik Özdi-

renç ve Sismik Kırılma Yöntemlerinden Heyelan Geometrisinin Belirlenmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 18(3): 22-29.

Yalçın, A, 2007. Heyelan Duyarlılık Haritalarının Üretilmesinde Analitik Hiyerarşi Yönteminin ve CBS'nin Kullanımı. Selçuk Üniversitesi Mühendislik - Mimarlık Fakültesi Dergisi., c.23, s.3, 2.

Yüceses, O, Erenoğlu, R, C, Erenoğlu, O, 2016. GPS/GNSS Verileriyle Heyelanların CBS Ortamında Üç Boyutlu Modellenmesi ve Analizi. 6. Uzaktan Algılama- CBS Sempozyumu (UZAL-CBS 2016), 5-7 Ekim 2016, Adana, s. 213.

Zeybek, M, 2013. Heyelanların İzlenmesinde GNSS ve Yersel Lazer Tarama Tekniklerinin Birlikte Kullanılması. Selçuk Üniversitesi, Fenbilimleri Enstitüsü, Harita Mühendisliği, Yüksek Lisans Tezi, 138s (yayınlanmamış).

Zhdanov, M, S, Keller, G, V, 1994. The Geoelectrical Methods in Geophysical Exploration, Methods in Geochemistry and Geophysics. Elsevier. Amsterdam, London, New York, Tokyo.

**JEOKRONOLOJİ VE İZOTOP JEOLJİSİ / *GEOCHRONOLOGY AND ISOTOPE GEOLOGY***  
Nilgün GÜLEÇ - Ersin KORALAY - Quentin CROWLEY - İsmail Onur TUNÇ

---

***Sözlü Sunumlar/Oral Presentations***  

---

***TAM METİN BİLDİRİLER/***  
***PROCEEDINGS***







## Sepiyolit ve Paligorskit Mineralleriyle Birlikte Bulunan Gölsel Karbonatların Duraylı İzotop Jeokimyası: Çetinkaya (Sivas) ve İlyaspaşa (Sivrihisar) Bölgeleri

*Stable Isotope Geochemistry of Lacustrine Carbonates Coexisting with Sepiolite and Palygorskite Minerals: Çetinkaya (Sivas) and İlyaspaşa (Sivrihisar) Regions*

Ünal Özbaş<sup>1</sup>, Rezan Birsoy<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Dokuz Eylül Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Tınaztepe Kampüsü, Buca, İzmir  
(unal.ozbas@deu.edu.tr)

**Öz:** Sivrihisar-İlyaspaşa bölgesinde (Eskişehir) sepiyolitler küçük playa göllerinin bataklık ortamında sepiyolitli dolomit tabakaları arasında çökelmiştir. Organik maddece zengin kahverengi-siyah sepiyolitler, bej ve beyaz dolomitik sepiyolitler değişen oranlarda sepiyolit minerali içerirler. Sivas-Çetinkaya bölgesinde yaygın parajenez smektit, paligorskit ve eşlik eden karbonat (dolomit, kalsit) minerallerinden oluşur. Paligorskitler çözeltiden kristalleşerek ve smektitlerden dönüşerek oluşurken, smektitler karbonatlarla birlikte çözeltiden kristalleşerek oluşmuşlardır. Çalışma alanının doğusunda ve alt seviyelerde sepiyolit minerali de parajeneze katılmaktadır.

Sepiyolit ve paligorskitle birlikte bulunan karbonat minerallerinin <sup>18</sup>O ve <sup>13</sup>C izotop sonuçları bölgelerdeki oluşum ortamlarının ve iklimsel koşulların belirlenmesinde oldukça önemli bilgiler sunmaktadır. Sivrihisar-İlyaspaşa bölgesinde alt seviyede bulunan jipsli, karbonatlı yeşil killerin pozitif  $\delta^{18}\text{O}$  ve  $\delta^{13}\text{C}$  değerlerine sahip olduğu ve buharlaşmanın en yüksek seviyede olduğu, kurak iklim koşullarında çökeldiklerini göstermektedir. Bu birimin üzerine gelen dolomit-yeşil marn ardalanması daha düşük  $\delta^{18}\text{O}$  ve  $\delta^{13}\text{C}$  değerine sahiptir. İstifin üst seviyelerinde sepiyolitlerle birlikte çökelen dolomit minerali ve dolomit aratabakalarında, ağır oksijen ve karbon izotoplarınca tekrar zenginleşme gözlenmesi, ortamda tekrardan, kurak-yarı kurak iklim koşullarının hakim olduğunu göstermektedir.

Sivas-Çetinkaya bölgesinde, havzanın kenar kısımlarına ait örneklerdeki kalsit mineralleri pozitif  $\delta^{18}\text{O}$  ve  $\delta^{13}\text{C}$  değerlerine sahip, buharlaşmanın yüksek olduğu koşullarda çökelmişlerdir. Havza merkezine doğru karbonatların  $\delta^{18}\text{O}$  ve  $\delta^{13}\text{C}$  değerlerinde azalma olması, havzanın taze sularla beslendiği ve  $\delta^{18}\text{O}$  izotopunca fakirleştiği yarı-kurak iklim koşullarında çökmenin meydana geldiğini göstermektedir. Buharlaşmaya bağlı <sup>18</sup>O zenginleşmesi ve taze meteorik suların göl suyuna eklenmesiyle bağlı olarak <sup>18</sup>O izotopunun fakirleşmesi bölgenin değişen iklim koşullarından etkilendiğini göstermektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Gölsel karbonat, karbon izotopu, oksijen izotopu, paligorskit, sepiyolit.

**Abstract:** In the Sivrihisar-İlyaspaşa region (Eskişehir) sepiolites are deposited in swamp of the small playa lake between sepiolitic dolomite layers. Organic matter rich brown-black se-



sepiolites, beige and white dolomitic sepiolites contain different amount of sepiolite minerals. Mineral assemblages in Sivas-Çetinkaya region are mainly smectite and palygorskite and associated carbonate minerals (dolomite, calcite). Palygorskites are formed by crystallization from pore water and transformation of smectites. Smectites are formed by precipitation from water with carbonates. Sepiolite also found in the mineral paragenesis in the lower layer at the east of the study area.

The  $^{18}\text{O}$  ve  $^{13}\text{C}$  isotope results of the carbonate minerals coexisting with sepiolite and palygorskite are very important in determining the formation environments and climatic conditions in the regions. The, calcereous green clays with gypsum found at the lower level in Sivrihisar-İlyaspaşa region have positive  $\delta^{18}\text{O}$  ve  $\delta^{13}\text{C}$  values indicating that they were deposited in arid climate and evaporation is at the highest level. Dolomite-green marl alternating this unit has lower  $\delta^{18}\text{O}$  and  $\delta^{13}\text{C}$  values. Dolomite and dolomite intercalated with sepiolites in the upper levels of the deposit showing re-enrichment by heavy oxygen and carbon isotopes indicate that the climate is dominated by arid-semi-arid climate conditions.

In the Sivas-Çetinkaya region, the calcite minerals in the samples belonging to the margins of the basin were deposited under high evaporation conditions with positive  $\delta^{18}\text{O}$  ve  $\delta^{13}\text{C}$  values. The decrease in  $\delta^{18}\text{O}$  ve  $\delta^{13}\text{C}$  values of carbonates towards the basin center indicates that the basin is fed with fresh water and becomes poor by the  $\delta^{18}\text{O}$  isotope and precipitation occurs in semi-arid climatic conditions. The  $^{18}\text{O}$  enrichment due to evaporation and impoverished due to the addition of fresh meteoric waters to the lake shows that the  $^{18}\text{O}$  isotope is affected by the changing climatic conditions of the region.

**Keywords:** Carbon isotope, lacustrine carbonate, oxygen isotope, palygorskite, sepiolite

## GİRİŞ

Sepiyolit ve palygorskit grubu kil mineralleri birçok kullanım alanına sahip olmalarının yanında, oluştukları ortamın jeokimyasal ve iklimsel koşulları hakkında bilgi vermelerinden dolayı da oldukça önem taşırlar. Gerekli kimyasal koşullar sağlandığında farklı jeolojik ortamlarda oluşabilirler fakat doğada diğer kil mineralleri kadar yaygın olarak bulunmazlar.

Karasal göl ortamında karbonat mineralleri ile birlikte çökerek oluşan, sedimentler sepiyolitlerin bulunduğu İlyaspaşa (Sivrihisar-Eskişehir) bölgesi ve palygorskitin yaygın olarak bulunduğu Çetinkaya (Kangal-Sivas) bölgeleri çalışma alanları olarak belirlenmiştir. Bu minerallere eşlik eden kalsit ve dolomit minerallerinin oksijen ve karbon izotop

analizleri ile oluştukları iklim ve gölsel ortamları yorumlanmaya çalışılmıştır.

## JEOLOJİ VE MİNERALOGİ

Orta Anadolu'da Sivrihisar ve çevresinde geniş alanları kaplayan Orta Miyosen-Pliyosen yaşlı karbonatlı, killi ve jipsli karasal göl çökelleri ekonomik değere sahip birçok sepiyolit yatağı içermektedir. İnceleme alanı olan İlyaspaşa ve yakın çevresinde temel kayaların üzerinde çörtlü kireçtaşı, kireçtaşı, marn ve kıltaşı ardalı birimler yer alır. Bu birimleri düşük açılı bir uyumsuzlukla Sakarya Formasyonuna ait jips kristalleri içeren beyaz-yeşil renkli dayanımı düşük kıltaşı, marn ve dolomit ardalımları üzerler (Karakaş, 1992). Gastropod, Ostrocod içeren dolomitler ve kahverengi sepiyolit, dolomitli sepiyolit ve dolomit ardalımları istifin üst

seviyelerinde yer alır. İnce-kalın tabakalı kireçtaşları ile istif son bulur.

Sedimenter sepiyolit oluşumları arazide kahve- siyah renkleriyle tanınan organik madde içeriği yüksek sepiyolitler masiv, üst seviyelere doğru breşik yapıda ve bol kök izli, en üst seviyedeyse laminalı olarak bulunurlar. Bu sepiyolitlerin üzerine gelen sepiyolit içermeyen dolomit tabakası dereceli olarak dolomitli sepiyolitlere geçer. İstifin alt seviyelerinde yer alan beyaz-yeşil renkli kıltaşı, marn ve dolomit aralanmasından oluşan kayaçlarda dolomit, kalsit, smektit, klorit, jips ve az miktarda paligorskit, illit, kuvars ve feldispat mineral birliktelikleri bulunmaktadır.

Karbonatlarla birlikte önemli miktarda gölssel paligorskit ve smektit oluşumlarının yer aldığı Çetinkaya Bölgesi Sivas'ın yaklaşık 150 km. güneydoğusunda bulunur. Çalışma alanı Kangal havzasının doğu ve kuzeyinde Orta Miyosen-Pliyosen yaşlı gölssel kayaçları kapsamaktadır. Kireçtaşı ve ofiyolitik temel üzerine alt seviyelerde sarımsı, yeşil renkli kıltaşı, karbonatlı killi birimler ve marn aralanmasından oluşan ve havzanın kenar fasiyelerinde kumtaşı ve çakıltaşları içeren Örencik Üyesi (Deliklitaş Formasyonu - Orta-Üst Miyosen) gelmektedir. Havzanın merkezi kesimlerinde gözlenen gölssel gastrapoda fosilleri içeren killi kireçtaşı ve kireçtaşı ara katkılı beyaz renkli killi dolomit ve dolomitler Kulmaç Üyesi olarak tanımlanmıştır (İnan ve diğ., 1993).

Kangal-Çetinkaya havzasında paligorskit ve smektit ile birlikte karbonat mineralleri tektonik açıdan sakin ve alkalın göl ortamında çökelmiştir (Yalçın ve Bozkaya, 1995). Sedimenter kayaçların ana mineral bileşimini karbonatlar (kalsit, dolomit), paligorskit, smektit, klorit ve detritik kuvars, feldispat ve serpantinler oluşturmaktadır. Havzada yaygın mineral parajenezi kalsit, dolomit, smektit ve paligorskit mineralleri oluşturmaktadır.

Smektitler oldukça önemli miktarda ve bazı seviyelerde saf olarak bulunmaktadır. Çalışma alanının doğusundan alt seviyelerde sepiyolit mineralinin varlığında belirlenmiştir. Sepiyolitler bazı örneklerde paligorskitle beraber, bazı örneklerde ise sadece karbonatlarla beraber bulunurlar.

## KARBONAT MİNERALLERİNİN DURAYLI İZOTOP JEOKİMYASI

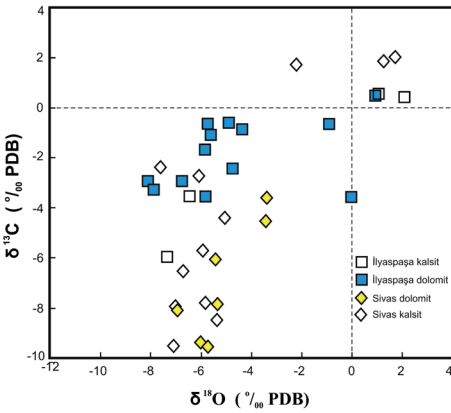
Karasal karbonatlarda oksijen ve karbon izotop sonuçları çökelme ve erken diyajenez sırasında karasal ortamın hidrolojik özellikleri hakkında önemli bilgiler verirler (Talbot, 1990). Bu minerallerin özellikle  $^{18}\text{O}$  içeriği oluştukları göl suyunun izotop içeriğinin ve sıcaklığının bulunmasını sağlar. Kurak iklimlerde göl sularındaki  $\delta^{18}\text{O}$  değeri buharlaşma esnasındaki ayrılaşmadan etkilenir ve daha pozitif değerlere doğru kayma gösterir. Karbon izotop bileşimi birçok koşuldandır etkilenebilir. Çevredeki bitki örtüsü ve buna bağlı olarak oluşan organik malzemelerin göl ortamına taşınması  $\delta^{13}\text{C}$  değerinin azalmasına neden olur. Sulardaki  $\delta^{13}\text{C}$  değerindeki azalma atmosferik koşullarda yeniden dengelenmektedir (Hoefs, 1997). Dolomit tipik olarak kalsitten daha yüksek  $\delta^{18}\text{O}$  ve  $\delta^{13}\text{C}$  değerlerine sahiptir (~0.56 permil).

Çalışma alanlarındaki karbonat minerallerinin oksijen ve karbon izotop değerleri  $\delta^{18}\text{O}$ - $\delta^{13}\text{C}$  grafiklerinde değerlendirilmiştir (Şekil 1).

### İlyaspaşa (Sivrihisar) Bölgesi

Karasal göl ortamı çökellerine sahip olan Sivrihisar-İlyaspaşa bölgesinde en alt seviyeden alınan örnekler, pozitif  $\delta^{18}\text{O}$  ve  $\delta^{13}\text{C}$  değerlerine sahiptir (Şekil 1). Bu değerler Sakarya formasyonunun en alt seviyelerini oluşturan jipsli, karbonatlı yeşil killerin buharlaşmanın en yüksek seviyede olduğu, kurak iklim koşullarında çökeldiklerini göstermektedir. Bu birimin üzerine gelen dolomit-yeşil marn aralanması daha düşük  $\delta^{18}\text{O}$  ve  $\delta^{13}\text{C}$  değerine

sahiptir. Bu azalma ortamın  $\delta^{18}\text{O}$  değeri düşük, taze sularla beslendiği ve biyogenik karbonun göl suyunu etkilediğini işaret etmektedir. İstifin üst seviyelerinde sepiyolitlerle birlikte çökelen dolomit minerali ve dolomit aratabakalarında, ağır oksijen ve karbon izotoplarının tekrar zenginleşme gözlenmesi, ortamda tekrardan, kurak-yarı kurak iklim koşullarının hakim olduğunu göstermektedir. Dolomitli sepiyolit ve dolomit tabakalarındaki  $\delta^{18}\text{O}$  ve  $\delta^{13}\text{C}$  değeri birbirine çok yakın değerleri sunarlar.



Şekil 1. Sivrihisar-Ilyaspaşa ve Sivas-Çetinkaya bölgelerindeki dolomit ve kalsit minerallerinin  $\delta^{13}\text{C}$ - $\delta^{18}\text{O}$  ilişkileri.

Sivrihisar-Ilyaspaşa bölgesinde dolomit minerallerinde yapılan oksijen izotop analizlerine göre en alt seviyede jipsli yeşil marn birimindeki dolomitlerin -2,2 ve -4,5  $\delta^{18}\text{O}$  değerine sahip suların oluştuğu hesaplanmıştır. Diğer örneklerle oranla bu seviyedeki dolomit mineralinin oluştuğu sudaki oksijen izotop zenginleşmesi yüksek buharlaşmanın etkisi altında olduğunu, hatta göl suyunun daha yüksek sıcaklıklarda olduğunu göstermektedir. Üst seviyelerde jips içermeyen yeşil marnlar içerisindeki dolomitler, 15-25 °C sıcaklık aralığında -7 ve -11,3 arası  $\delta^{18}\text{O}$

değerine sahip olan suların çökelmişlerdir. Ortama taze meteorik su girişiyle göl suyunun  $^{18}\text{O}$  izotop değerlerinde azalma meydana gelmiş, birkaç örnekte en düşük değerini almıştır (-8,3 ve -11,3 arası). Sepiyolitlerle birlikte oluşan dolomitler ve sepiyolit üst seviyesinde bulunan dolomitler yaklaşık aynı  $\delta^{18}\text{O}$  değerine (-6, -9 arası) sahip suların oluşmuşlardır.

### Çetinkaya (Sivas) Bölgesi

Sivas-Çetinkaya bölgesinde, havzanın kenar zonlarına ait örneklerdeki kalsit mineralleri pozitif  $\delta^{18}\text{O}$  ve  $\delta^{13}\text{C}$  değerlerine sahip, buharlaşmanın yüksek olduğu koşullarda çökelmişlerdir (Şekil 1). Havza merkezine doğru karbonatların  $\delta^{18}\text{O}$  ve  $\delta^{13}\text{C}$  değerlerinde azalma olması, havzanın taze sularla beslendiği ve  $\delta^{18}\text{O}$  izotopuna fakirleştiği ve durağan ortamda biyogenik karbonun etkisiyle  $\delta^{13}\text{C}$  değerinde azalma olduğu yarı-kurak iklim koşullarında çökmenin meydana geldiğini göstermektedir.

Sivas-Çetinkaya bölgesindeki kalsit mineralleri çok değişken oksijen izotop içeriklerine sahiptir.  $^{18}\text{O}$  izotopuna en zengin sudan oluşan kalsitler havza kenarına yakın karbonatlı yeşil killerde bulunur. Bu kalsitlerin oluştuğu suların izotop değerleri de pozitif ve yaklaşık 1 ve 4 değerleri arasında hesaplanmıştır. Havza içerisinde farklı seviyelerden alınan örneklerde kalsit mineralinin farklı  $\delta^{18}\text{O}$  değerine sahip olması oluştuğu suyun da izotop içeriğinin sürekli değiştiğini göstermektedir. Buharlaşmaya bağlı  $^{18}\text{O}$  zenginleşmesi ve taze meteorik suların göl suyuna eklenmesiyle bağlı olarak  $^{18}\text{O}$  izotopunun fakirleşmesi Çetinkaya gölsel havzasının değişen iklim koşullarından etkilendiğini göstermektedir. Örencik üyesine ait dolomit minerallerinin oluştuğu suların izotop değerleri kalsit minerallerinin oluştuğu sulara oranla daha düşük -7 ve -10,4 arası (15-25 °C'de) değerlere sahiptir. Ancak bir örnekte dolomitin oluştuğu suyun ve he-

men alt seviyesindeki kalsitin oluştuğu suyun izotop değerinin birbirine yakın olarak hesaplanması bu seviyede, dolomit ve kalsitin  $^{18}\text{O}$  izotopunca dengede olduğunu göstermektedir.

## SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Sivrihisar-İlyaspaşa bölgesinde sepiyolitlerle birlikte çökelen dolomit minerali ve dolomit tabakalarındaki  $\delta^{18}\text{O}$  ve  $\delta^{13}\text{C}$  değeri tipik kurak-yarı kurak karasal iklim koşullarında çökdiklerini göstermektedir. Buharlaşımayla göl suyu oksijen izotoplarında zenginleşme olurken, havza zaman zaman besleyen meteorik suları oksijen izotop değerlerinde azalmalara neden olmuştur.

Sivas-Çetinkaya bölgesinde yaygın parajenez smektit, palıgorskit ve eşlik eden karbonat minerallerinden oluşur. Kalsit mineralleri çok değişken oksijen izotop içeriklerine sahiptir. Buharlaşımaya bağlı  $^{18}\text{O}$  zenginleşmesi ve taze meteorik suların göl suyuna eklenmesiyle bağlı olarak  $^{18}\text{O}$  izotopunun fakirleşmesi Çetinkaya gölsel havzasının değişen iklim koşullarından etkilendiğini göstermektedir.

Orta Miyosen-Pliyosen yaşlı her iki karasal havzada da  $\delta^{18}\text{O}$  ve  $\delta^{13}\text{C}$  izotop değerleri kurak, yarı-kurak iklim koşullarında oluşmuş, daha düşük  $\delta^{13}\text{C}$  değerlerine sahip Sivas-Çetinkaya bölgesinde **göl suyu** biyojenik karbonca zengin sularla beslenmiştir.

## KATKI BELİRTME

Bu çalışma, 102Y142 nolu TÜBİTAK ve 03.KB.FEN.032 nolu Dokuz Eylül Üniversitesi BAP projeleri ile desteklenmiştir.

## KAYNAKLAR

Hoefs, J., 1997. Stable Isotope Geochemistry (4. baskı). Berlin, Springer and Verlag.

İnan, S., Öztürk, A., Gürsoy, H., 1993. Ulaş-Sincan (Sivas) yöresinin stratigrafisi. Doğa

Türk Yerbilimleri Dergisi, 2, 1-15.

Karakaş, Z. (1992). Ballıhisar-İlyaspaşa (Sivrihisar-EskişehirGüneyi) yöresini, jeolojik, petrografik ve mineralojik incelenmesi. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 178s (yayınlanmamış).

Talbot, M.R., (1990). A review of the palaeohydrological interpretation of carbon and oxygen isotopic ratios in primary lacustrine carbonates. Chem Geol. (Isot.Geosc. Sed.) 80, 261-279.

Yalçın, H., ve Bozkaya, Ö. 1995. Kangal-Çetinkaya alt baseni (Sivas Baseni) gölsel palıgorskitlerinin mineralojisi ve jeokimyası. VII. Ulusal Kil Sempozyumu Bildiriler kitabı, 105-116. Ankara.



**JEOMORFOLOJİ / GEOMORPHOLOGY**  
Atilla ÇİNER - Cengiz YILDIRIM - Tolga GÖRÜM

---

**Sözlü Sunumlar/*Oral Presentations***  

---

***TAM METİN BİLDİRİLER/***  
***PROCEEDINGS***





## Çine Ovasının Paleocoğrafyası ve Tepecik Höyüğü'nün Jeoarkeolojisi (Çine-Aydın)

### *Paleogeography of Çine Plain and Geoarchaeology of Tepecik Mound*

Rifat İlhan<sup>1</sup>, Serdar Vardar<sup>2</sup>, Aylin Karadaş<sup>3</sup>, Ertuğ Öner<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Adıyaman Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü, Adıyaman

<sup>2</sup>İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi, Sosyal ve Beşeri Bilimler Fak., Coğrafya Böl., Çiğli-İzmir

<sup>3</sup>Ege Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü, Bornova-İzmir

(ertugoner03@gmail.com)

**Öz:** Çine Ovasının ve Büyük Menderes havzasının önemli arkeolojik yerlerinden biri olan Tepecik Höyüğü, Aydın'ın güneydoğusundaki Çine İlçesinin 5 km batısında yer alır. Höyük Çine Çayının taşkın ovasında, akarsu yatağının 0,65 km doğusunda, çevresinden 9 m yükseklikte, 50x120 m ölçülerinde oval küçük bir tepe olduğu için Tepecik adıyla anılmaktadır. Batı Anadolu'nun önemli höyük yerleşimlerinden biri olan Tepecik ilk kez Engin Akdeniz tarafından 1995 yılında Büyük Menderes Ovası ve çevresinde yapılan yüzey araştırmalarında incelenmiştir. Daha sonra Sevinç Günel tarafından 2001 yılında yüzey araştırması kapsamında araştırılmış ve 2004 yılında kazı çalışmalarına başlanmıştır. Konumu ve buluntuları açısından Çine bölgesinin erken dönem kültürel gelişimine ışık tutacağı düşünülen höyükte Geç Neolitik, Kalkolitik ve Tunç Çağı dönemlerine ait yerleşim ve kültür izleri bulunmuştur. Çine Höyüğü ve çevresinin paleocoğrafya ve jeoarkeolojik özelliklerini belirlemek amacı ile 2018 yılı yaz döneminde arazide çalışılmış ve toplamda 26 adet delgi sondaj gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada arazide yapılan araştırmalar ve delgi sondaj çalışmalarının ön sonuçları ele alınmaktadır. Höyüğün merkezinde kültür katmanları doğrudan anakaya üzerine gelmektedir. Höyüğün BGB kesiminde kültür katmanının tabanında 6-8 m derinde Holosen öncesi dolgular bulunmaktadır. GD kesiminde ise kültür katmanının art bataklik sedimanları üzerine geldiği belirlenmiştir. Buna göre Tepecik yerleşimi Çine çayının taşkınları ile şekillenen ova yüzeyindeki sulak ortamın kenarında yer almıştır. Bunun yanında höyüğün batı yamacında yapılan ÇTH-11 sondajında 3 metre derindeki kültür katmanı içinde Santorini (Thera) volkanına ait bir volkanik kül katmanı bulunmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Aydın, Çine, Çine Ovası, Jeoarkeoloji, Paleocoğrafya, Tepecik Höyüğü.

**Abstract:** Tepecik mound, which is one of the archaeological sites of Çine plain and Büyük Menderes basin, is located at 3 km southeast of Çine district of Aydın. The mound is named as Tepecik because it is an oval small hill in the flood plain of Çine Stream, 0,65 km east of the stream bed, 9 m in height and 50x120 m in size. Tepecik, one of the important mound settlements of Western Anatolia, was first explored in 1995 by Engin Akdeniz during the surveys in the Büyük Menderes Plain and its surroundings. It was researched by Sevinç Günel in 2001 within the scope of survey and the excavations were started in 2004. Late Neolithic, Chalcolithic and Bronze age settlements and cultural traces were found in the mound. In order to determine the paleogeography and geoarchaeological characteristics of Çine mound and its surroundings, a total of 26



core drillings were carried out in the summer term of 2018. In this study, preliminary results of the field surveys and core drilling studies are discussed. The cultural layers in the center of the mound are directly on the bedrock. In the WSW section of the mound, there are Pre-Holocene fillings at the base of the culture layer at a depth of 6-8 m. In the SE section, it was determined that the culture layer was formed on the back swamp sediments. According to this, the Tepecik settlement is located at the edge of the wetland environment on the plain surface shaped by the floods of the Çine river. In addition, a volcanic ash layer belonging to the volcanic ash of the Santorini (Thera) volcano was found within a 3 m deep in cultural layer in the core drilling ÇTH-11 on the western slope of the mound.

**Keywords:** Aydın, Çine, Çine Plain, Geoarchaeology, Paleogeography, Tepecik Mound.

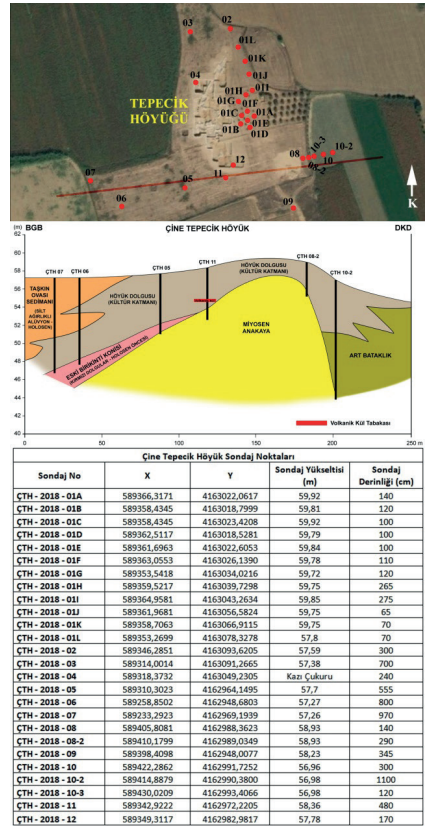
## GİRİŞ

Çine Ovasının doğu kenarındaki Çine (Marsyas) İlçe merkezinin 5 km batısında bulunan Tepecik Höyüğü'nün jeoarkeolojik ve çevresinin paleocoğrafya özelliklerinin araştırılması amacıyla 2018 yılı yaz döneminde höyük ve çevresinde çalışmalarımız başlamıştır (Şekil 1).



Şekil 1. Çine Ovası ve Tepecik Höyüğü'nün lokasyon ve hipsometri haritaları.

Höyükte ilk yerleşimin başladığı Geç Neolitik-Erken Kalkolitik yüzeyden itibaren günümüze kadar doğal çevre değişimlerinin belirlenmesi amaçlanmıştır (Şekil 2).



Şekil 2. Tepecik Höyüğü ve çevresindeki delgi sondaj yerleri, BGB-DKD yönlü kesiti ile sondajlara ait bilgileri.

Tepecik Höyüğü'nün bulunduğu Çine Ovası, Çine Çayının taşıdığı alüvyonlarla çevredeki yamaçlardan gelen kolüvyal materyalin birikim alanıdır. Diğer bir deyişle alüvyal dolguların oluşum ve şekillenmesi büyük ölçüde Çine Çayının kontrolündedir. Çine Ovası ve höyük çevresindeki alüvyon katmanları doğal çevre değişmelerinin izlerini barındırmaktadır. Bu nedenle alandaki doğal çevre değişmelerini ortaya koymak amacıyla höyük ve çevresinde 26 noktada delgi sondaj gerçekleştirilmiştir. Sondajların derinlikleri 65 cm ile 1100 cm arasında değişmektedir (Şekil 2).

## ÇİNE OVASI VE TEPECİK HÖYÜĞÜ

Çine Ovası, Aydın ilinin güneyinde yer alır. Büyük Menderes Irmağının önemli kollarından biri olan Çine Çayının su toplama havzasında bulunan ova yaklaşık 110 km<sup>2</sup> ve yükseltisi ortalama 55 metredir. Etek bölümlerinde çevredeki yüksek kesimlerden taşınan kolüvyal malzemelerin oluşturduğu birikinti koni-yelpazelerinin birleşmesiyle oluşan etek düzlükleri yer alır (Şekil 1). Çine Ovasındaki Tepecik Höyüğü de Çine İlçesi'nin Karakollar ve Kahraman köylerinin 2,5 km batısında Çine Çayı yatağının 650 m doğusunda bulunur. Höyüğün yükseltisi 61 m'yi bulur.

### Çine Ovası ve Yakın Çevresinin Coğrafi ve Arkeolojik Özellikleri

Çine depresyonu KB-GD doğrultusunda uzanmakta ve kuzeyde Bahçearası boğazı ile B-D doğrultusunda uzanan Büyük Menderes depresyonuna bağlanmaktadır (Şekil 1). Çine Ovası, çevresindeki Menderes Masifinin kristalin kayalarından oluşan ve masifin Neotektonik rejimin kontrolünde domlaşması sırasında yükselen blokların arasında oluşmuş genç bir depresyonun tabanında şekillenmiştir. Çine yöresi tektonik açıdan KB-GD ve KD-GB doğrultulu eski yapısal çizgilerin kontrolünde şekillenmiştir. Bunu

Çine depresyonunun kuzey kesiminden Büyük Menderes depresyonunu oluşturan daha genç B-D doğrultulu yapısal çizgiler kesmektedir (İzdar 1971; Hinsbergen, 2010). Çine ve yakın çevresinin iklimi Akdeniz iklimidir. Ege kıyılarına göre nispeten daha az yağış alan Çine Ovasının sıcaklık değerleri yaz aylarında kıyı bölgelerine göre belirgin bir şekilde daha yüksektir. Çine ovasının yakın çevresindeki dağlık kesimlerde maki formasyonu geniş alanlara yayılmaktadır. Bunun üzerindeki daha yüksek alanlarda Kızılcım ve Fıstıkçamı yer alır. Ovanın güney kesiminde Mentеше platosuna doğru maki formasyonu içinde meşe ve ardıç toplulukları bulunur (Günel 1986).

Çine Ovasındaki en önemli arkeolojik kalıntı Tepecik Höyüğüdür. Höyükte Geç Neolitik-Erken Kalkolitik dönemden başlayıp Geç Tunç Çağı sonuna kadar devam eden kültür tabakaları tespit edilmiştir (Günel, 2006). Tepecik Höyüğü arkeolojik kazılarında elde edilen bulgular, alet ve silah yapımında kullanılan obsidyenlerin Yunanistan'ın Milos adasından getirildiğini, bölgede MÖ 5500'lerden itibaren değiş tokuşa dayalı bir ticaretin bulunduğunu ortaya koyar (Günel, 2006; 2016). Höyükte kazılarla açığa çıkarılan sur duvarı, Batı Anadolu'da Troya'dan sonra görkemli bir savunma sisteminin ikinci örneğinin Tepecik'te bulunduğunu göstermiştir (Günel 2016). Tepecik yerleşiminin ekonomik olarak güçlü bir ticaret kenti olduğu ve Anadolu'nun iç kesimleri ile Ege adaları arasındaki ticaret için önemli bir konumda olduğu anlaşılmıştır. Höyükte yapılan çalışmalarda elde edilen iki mühür baskısında iki Hitit hiyeroglifi bulunmuş olup Hititlere ait kültürel izlerin varlığını ortaya çıkarmıştır (Günel 2006; 2016).

### Paleocoğrafya-Jeoarkeoloji Araştırmaları

Tepecik Höyüğü, Çine Ovasında Çine Çayının taşkın alanında yer alır. Bu nedenle höyük ve çevresi ilk yerleşiminden itibaren daha çok

taşkınların kontrolünde şekillenmiş ve akarsu çevresindeki sulak alanların varlığı yerleşim için uygun koşulları ortaya çıkarmıştır. Tepecik Höyüğünde ilk insanların yerleştiği Geç Neolitik dönemden günümüze kadar geçen sürede meydana gelen değişimler, höyük materyali ve doğal süreçlerle biriken sedimanlar içinde izler bırakmıştır. Bu izlerin belirlenmesi için höyük ve çevresinde delgi sondajlar yapılmıştır. Alınan sediman örnekleri arazide ve daha sonrasında laboratuvarında incelenerek biriktikleri ortam özellikleri ile değişimleri yorumlanmış ve BGB-DKD doğrultulu kesit hazırlanmıştır (Şekil 2).

Tepecik Höyüğünün üst bölümünde yapılan 12 adet ÇTH-01A-L sondajlarında birkaç metrelik derinliklerde bulunan kırmızı killi-siltli bir matriksle yapışmış çakılların oluşturduğu kalıplı çok sert katman geçilememiştir. Bu katman, arkeolojik kalıntıları da örtmekte olup kazı çalışmalarını da zorlaştırmıştır. Büyük bir taşkınla getirilen kaba unsurların kırmızı renkli ince taneli matriksle bu denli pekişmesini, höyükte meydana gelen büyük bir yangınla açıklamak mümkündür. Sıcaklık etkisi ile pişen kırmızı ince materyal, çakılları çok sıkı yapıştırmış olabilir. Tepecik Höyüğü sondajlarına göre yerleşim yeşilimsi silt-kilden yapılu küçük bir anakaya tümseği üzerinde başlamıştır. Bu tümseğin doğu yamacı batıya göre daha dik olup asimetrik bir rölyef gösterir. Kültür dolguları merkezde doğrudan anakaya üzerine gelir. Höyüğün DKD'sundaki ÇTH 10-2 sondajı höyüğün bu yöndeki eteklerinde sulak bir ortamın (art bataklık) varlığını göstermiştir. Höyüğün BGB yönünde ise anakaya eteği boyunca Holosen öncesi kırmızımsı sert dolgular (eski birikinti konisi) tespit edilmiştir. Yine BGB yönünde höyüğe ait kültür katmanları Çine Çayının taşkın sedimanları ile ardalanmalı geçiş (interfingering) oluşturur. Bu özellik yerleşim alanının taşkınlardan zaman zaman etkilendiğini göstermektedir (Şekil 2).

ÇTH-11 sondajının 3 m derinliğinde volkanik

kül (tefra) katmanına ulaşılmıştır. Küller kazı alanında da takip edilmektedir. Batı Anadolu'da birçok bataklık, sığ kıyı ve göl ortamlarında bulunan küllerin Bayraklı, Beycesultan ve Tepecik gibi höyüklerde yerleşim alanlarında bulunması özel bir durumdur (Vardar ve Öner 2016). Tefranın kültür katmanları içinde saklanabilmiş olması anlamlıdır. Kazı projesi tarafından yaptırılan element analizleri volkanik küllerin Santorini Volkanının Minoan (GÖ 3650) patlamasına ait olduğunu ortaya koymuştur. Bu nedenle kül katmanı hem kültür dolguları hem de doğal sedimanlar için bir kılavuz seviyedir. Tunç Çağı'nda patlamanın meydana geldiği zamanın yüzeyini vermektedir. Bunun yanında kronostratigrafik göreceli tarihllemeler için anahtar katmandır.

## SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Tepecik Höyüğünün yerleştiği ilk yüzeyi belirlemek açısından delgi sondajlar önemlidir. Günümüzde höyüğün en yüksek noktası 61 m'dir. Höyük merkezindeki sondajlarda kültür katmanını incedir. Buna karşın merkezden çevreye kalınlığı artar. ÇTH 05, 06 ve 07 sondajlarında Holosen öncesi sedimanlara ulaşılmıştır. Bu kesimde kültür katmanları bu sedimanların üzerine gelir (Şekil 2). Sondaj verilerine göre Tepecik Höyüğü K-G yönünde 160 m, B-D yönünde ise 190 m boyuta ulaşır. Batı Anadolu'daki höyüklerin büyük bir kısmı eski yerel su birikintileri, göl, akarsu yatağı yanında bulunur. Höyüğün kenarındaki art bataklığın geçici bir oluşum mu yoksa sürekli küçük bir göl mü olduğu ve höyük katmanlarının yayılışı yeni yapılacak sondajlarla daha iyi anlaşılacak, daha ayrıntılı paleocoğrafya-jeoarkeoloji değerlendirmeleri yapmak mümkün olacaktır.

## KATKI BELİRTME

Çalışmalarımıza desteklerinden dolayı Tepecik Höyüğü kazı başkanı Prof. Dr. Sevinç Günel'e teşekkürü bir borç biliriz. Proje son-

dajlarında özveri ile çalışan öğrencimiz Ümit Günhan'a çok teşekkür ederiz.

## KAYNAKLAR

Günel, N., 1986. Gediz-Büyükmenderes Arasındaki Sahanın Bitki Coğrafyası, İst. Üniv. Deniz Bilimleri ve Coğrafya Enstitüsü, Doktora Tezi, İstanbul (Yayınlanmamış).

Günel, S., 2006. A New Early Settlement on the Plain of Çine (Marsyas) in Western Anatolia: Tepecik Höyük in the Light of Surface Survey. İn: Erkanal-Öktü, A. vd. (Ed.) Hayat Erkanal'a Armağan, Kültürlerin Yansıması, Homer Kitabevi, İstanbul, 401-410.

Günel, S., 2016. Batı Anadolu Tarihi Coğrafyasında Çine-Tepecik Merkezi. İn: Erkut, S., Sir Gavaz, Ö. (Ed.), Studies in Honour of Ahmet Ünal Armağanı, Arkeoloji ve Sanat Yayınları, İstanbul, 281-292.

Hinsbergen, D.J.V., 2010. A key extensional metamorphic complex reviewed and restored: The Menderes Massif of western Turkey, Earth-Science Reviews, 102, 60-76, Elsevier.

İzdar, E., 1971. Introduction to geology and metamorphism of Menderes Massif of Western Turkey. In: Campbell, A. S. (Ed.), Geology and History of Turkey. 495-500, Tripoli, Libya.

Vardar, S., Öner, E., 2016. Batı ve Güneybatı Anadolu'nun Paleocoğrafya ve Jeoarkeolojisinde Santorini (Thera) Küllerinin Önemi. Coğrafi Bilimler Dergisi, 14 (1).



## Çivril Ovasının Paleocoğrafyası ve Beycesultan Höyüğünün Jeoarkeolojisi (Çivril-Denizli)

### *Paleogeography of Çivril Plain and Geoarchaeology of Beycesultan Mound*

**Aylin Karadaş<sup>1</sup>, Serdar Vardar<sup>2</sup>, Rifat İlhan<sup>3</sup>, Ertuğ Öner<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Ege Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü, Bornova-İzmir

<sup>2</sup>İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi, Sosyal ve Beşeri Bilimler Fakültesi, Coğrafya Bölümü,  
Çiğli-İzmir

<sup>3</sup>Adıyaman Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü, Adıyaman  
(ertugoner03@gmail.com)

**Öz:** Çivril Ovasındaki önemli arkeolojik noktalardan biri olan Beycesultan Höyüğü, Yukarı Menderes Havzası'nın kuzeybatısında, Denizli ilinin kuzeydoğusunda, Çivril ilçesinin 5 km güneybatısında bulunur. Beycesultan Höyüğü adını höyük üzerinde bulunan Selçuklu dönemine ait "Behice Sultan" türbesinden alır. Batı Anadolu'nun önemli höyük yerleşimlerinden biri olan Beycesultan'da 1954-1959 yılları arasında yapılmış ilk kazı çalışmalarından 48 yıl sonra 2007 yılında arkeolojik çalışmalar yeniden başlamıştır. Beycesultan yerleşiminde Geç Kalkolitik dönemden başlayıp Geç Tunç Çağ sonuna kadar kesintisiz 40 kültür tabakası belirlenmiş ve yerleşimin bölgenin gerek siyasi gerekse tarihsel süreçleri ile ilgili önemli verileri barındırdığı anlaşılmıştır. Beycesultan Höyüğü ve çevresinin paleocoğrafya ve jeoarkeolojik özelliklerini belirlemek amacı ile 2018 yılı yaz döneminde arazide çalışılmış ve toplamda 9 adet delgi sondaj gerçekleştirilmiştir. Arazide yapılan araştırmalar ve delgi sondaj çalışmalarının ön sonuçları bu yazının içeriğini oluşturmaktadır. Höyüğün ilk yerleştiği noktanın, çevresi kırmızı-kahve renkli, karasal, ince taneli kolüvyal karakterli dolgularla kaplı, batıdan ovaya doğru uzanan küçük bir anakaya sırtı ucunda başladığı belirlenmiştir. Höyüğe ait materyal eteklerde bugünkü yüzeyden 11 m kadar aşağılara inmekte ve steril zemin bunun altında başlamaktadır. Bunun yanında Höyüğün doğu eteğinde yapılan BYC-04 sondajında 3,5 metre derinde 4 cm kalınlığında muhtemelen Santorini (Thera) ya da Nisyros volkanına ait bir volkanik kül katmanı bulunmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Beycesultan Höyüğü, Çivril Ovası, Çivril, Denizli, Jeoarkeoloji, Paleocoğrafya.

**Abstract:** One of the most important archaeological sites on the Çivril Plain, Beycesultan mound is located northwest of the Upper Menderes Basin, 5 km southwest of the town of Çivril in the northeast of Denizli province. Beycesultan mound takes its name from the tomb of Behice Sultan of the Seljuk period on the mound. Archaeological studies began again in 2007, 48 years after the first excavations in Beycesultan, one of the important mound settlements of Western Anatolia, between 1954-1959. 40 cultural strata from the Late Chalcolithic Age to the end of Late Bronze Age were determined in the Beycesultan settlement and it was understood that the settlement had important data about the political and historical processes of the region.



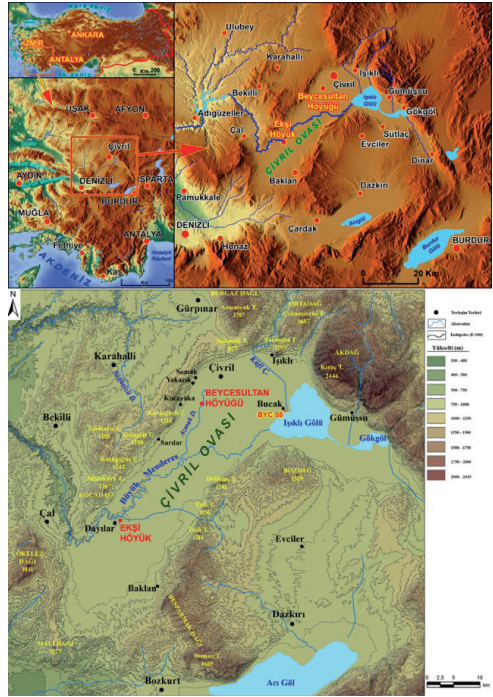
In order to determine the paleogeography and geoarchaeological characteristics of the Beycesultan mound and its surroundings, a total of 9 drilling drillings were carried out in the summer period of 2018. The preliminary results of surveys and core drillings are the content of this study. It was determined that the point where the mound was first settled on a small bedrock extending from west to plain that covered with was red-brown colored, terrestrial, fine grained colluvial fillings. On the foothills of the mound, the material goes down 11 m below the surface and the sterile ground begins below it. In addition, the BYC-04 sounding at the eastern skirt of the mound yielded a layer of volcanic ash of 3.5 meters deep and 4 cm thick, probably belongs to Santorini (Thera) or Nisyros volcanoes.

**Keywords:** Beycesultan Mound, Çivril Plain, Çivril, Denizli, Geoarchaeology, Paleogeography.

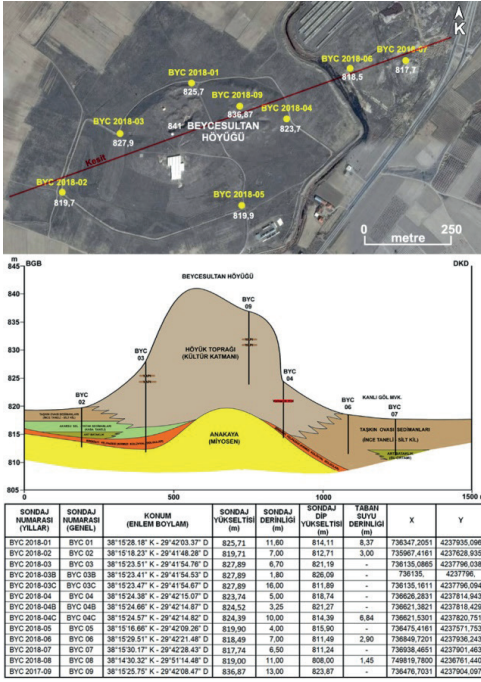
## GİRİŞ

Çivril Ovasının kuzeybatısındaki Çivril İlçe merkezinin 5 km güneybatısında bulunan Beycesultan Höyüğü ve çevresinin paleocoğrafya ve jeoarkeolojik özelliklerini belirlemek amacı ile 2018 yılı yaz döneminde höyük ve çevresinde çalışmalarımız başlamıştır (Şekil 1). Höyüğün bulunduğu alanda ilk yerleşimin başladığı yüzeyden itibaren günümüze kadar başta jeomorfolojik olmak üzere coğrafi özelliklerdeki değişmelerin ortaya konması amaçlanmıştır. Bu alan alüvyal-kolüvyal bir birikim alanı özelliği taşır.

Birikim alanını inceleyebilmek amacıyla höyük ve çevresinde delgi sondajlar gerçekleştirilmiştir (Şekil 2). Yine doğuda bulunan Işıklı Göl ile ilgisinin belirlenmesi için göl kenarında da bir sondaj yapılmıştır. Arazi gözlemleri ve sondajların incelenmesiyle Beycesultan Höyüğü ve yakın çevresinin paleocoğrafya ve jeoarkeolojik özellikleri hakkında ilk değerlendirmeler yapılmıştır. Höyüğün doğu eteğindeki sondajda rastlanan volkanik kül katmanı, henüz tarihlleme sonucuna sahip olmadığımız dönemde arkeolojik verilerle birlikte bir kronoloji oluşturmamıza yardımcı olabilecektir.



Şekil 1. Araştırma alanını oluşturan Çivril Ovası ve Beycesultan Höyüğü'nün lokasyon ve hipsometri haritası.



Şekil 2. Beycesultan Höyüğü ve çevresindeki delgi sondaj yerleri ve sondaj sonuçlarına göre hazırlanan BGB-DKD yönlü kesiti ile sondajlara ait bilgiler.

## ÇİVRİL OVASI VE BEYCESULTAN HÖYÜĞÜ

Beycesultan Höyüğü'nün yer aldığı Çivril Ovası, Büyük Menderes Irmağının yukarı havzasında önemli bir tektonik depresyon olup tabanı oldukça kalın alüvyon katmanı ile kaplıdır (Koçyiğit, 1984). Etek bölümleri ise çevredeki yüksek kesimlerden taşınan kolüvyal karakterli malzemelerin oluşturduğu birikinti koni/yelpazelerinin birleşmesiyle oluşan etek düzlükleri halindedir. Çivril depresyonu kabaca GB-KD doğrultusunda uzanmakta olup Akdağ güneybatısında, Işıklı Göl ve Gököl depresyonları boyunca ise uzanış KB-GD doğrultusundadır (Şekil 1).

## Çivril Ovası ve Yakın Çevresinin Coğrafi ve Arkeolojik Özellikleri

Çivril Ovası, Ege Bölgesi'nde Denizli İlinin İç-batı Anadolu Bölümünde yer alır. Büyük Menderes Irmağının iki önemli kolunun toplanma havzası özelliğindeki Çivril Ovası yaklaşık 400 km<sup>2</sup>'lik bir alana sahip olup denizden yükseltisi ortalama 820 metredir. Çivril Ovası, güneybatısındaki Baklan Ovası ve güneydoğusundaki Işıklı Ovası ile birlikte bumerang şekilli geniş bir düzlük oluşturur (Şekil 1). Denizli-Burdur-Isparta-Afyon arasında yer alan Çivril ovası, jeolojik anlamda Ege horst-graben sisteminin doğu uzantısını oluşturur. Çivril yöresinin tektonik yapısı incelendiğinde, bu bölgenin yaklaşık dik açı ile kesişen iki fay zone ile karakterize edildiği görülür (Koçyiğit, 1984; Taşdelen vd., 2001).

Çivril ve yakın çevresinin iklimi İç-batı Anadolu iklimidir. Bu iklim Ege-Akdeniz ile İç Anadolu iklimi arasında karakteristik bir geçiş teşkil eder. Genel olarak İç Anadolu iklimine daha yakın olduğu söylenebilir. Çivril ilçesinin yakın çevresindeki dağlık kesimlerde seyrek olarak meşe ve ardıç, tarıma uygun düz alanlarda ise meyve ağaçları bulunur. Tarım olarak tahıl, bakliyat, sebze ve meyve üretimi yapılır (Taşdelen vd., 2001).

Çivril ovasına açılan Kufi Çayı vadisi, tarihte Selçuklu Sultanı Kılıç Arslan ile Bizans İmparatoru Manuel Komnenos arasında 17 Eylül 1176 yılında yapılan Myriokephalon Savaşının gerçekleştiği yer olarak anılır (Kayaşınar vd., 2017). Çivril Ovasındaki önemli arkeolojik kalıntılardan biri de Beycesultan Höyüğüdür. Höyükte Geç Kalkolitik dönemden başlayıp Geç Tunç Çağ sonuna kadar kesintisiz 40 kültür tabakası tespit edilmiştir. Aynı zamanda Roma, Bizans, Selçuklu ve Osmanlı dönemlerine ait tabakalar bulunur (Abay ve Dedeoğlu, 2009; Dedeoğlu ve Abay, 2014; <http://www.beycesultan.org>).

## **Paleocoğrafya-Jeoarkeoloji Araştırmaları**

Beycesultan Höyüğü'nün doğal çevre değişimlerini belirlemek amacıyla Çivril Ovası ve höyük çevresinde jeomorfolojik araştırmalar ve özellikle delgi sondaj yöntemli alüvyal jeomorfoloji çalışmaları gerçekleştirilmiştir.

### **Delgi sondaj çalışmaları**

Beycesultan Höyüğü, Çivril Ovasında yer alır. Bu nedenle höyük ve çevresi ilk yerleşiminden itibaren daha çok birikim süreçleri ile şekillenmiştir. Beycesultan Höyüğünde ilk insanların yerleştiği dönemden günümüze kadar geçen sürede meydana gelen değişimler, höyük materyali ve doğal süreçlerle biriken sedimanlar içinde izler bırakmıştır. Bu izlerin belirlenmesi için ekibimiz tarafından höyük ve çevresinde delgi sondajlar gerçekleştirilmiştir. Benzin motorlu çakma makinesi (Atlas Copco, Cobra Mk1) ile zemin özelliğine göre çapları 3,6 cm, 5 cm ve 6 cm arasında değişen 1 metrelik yarı açık uçlar zemine çakılmış, uçlar içine alınan sedimanlar yine benzin motorlu hidrolik çekme makinesi ile yukarıya çekilerek sondajlar gerçekleştirilmiştir. Alınan sediman örnekleri arazide ve daha sonrasında laboratuvar ortamında incelenerek biriktikleri ortam özellikleri ve bunlardaki değişimler yorumlanmıştır. Aynı doğrultudaki sondajlar birleştirilerek kesitler hazırlanmıştır. Beycesultan Höyüğü ve yakın çevresinde 8 adet delgi sondaj gerçekleştirilmiştir (Şekil 2). Sondajların bazılarında (BYC 3 ve BYC 4) aynı yerde taş bloklara denk gelmesi nedeniyle ancak 3. noktada derine inilebilmiştir. Bu denemeler de eklendiğinde sondaj sayısı 13'e ulaşmaktadır (Çizelge 1). Bütün sondajlar dikkate alındığında derinlikler 180 cm ile 1600 cm arasında değişmektedir. Sondajların toplam uzunluğu da 102,85 metreye ulaşmıştır (Şekil 2). BYC 01 sondajı höyüğün kuzeyinde, BYC 02 ve BYC 03 numaralı sondajlar batısında, BYC 04, BYC 06 ve BYC 07 numaralı

sondajlar doğusunda, BYC 05 numaralı sondaj ise güney bölümünde yapılmıştır. BYC 09 numaralı sondaj Beycesultan Höyüğü'nün yüksek kesimi üzerinde gerçekleştirilmiş, ancak bağlantı borularının diğer sondajlarda arızalanıp azalması nedeniyle istenilen derinliğe ulaşamamıştır. BYC 08 numaralı sondaj ise Işıklı Gölü batı kıyısında gerçekleştirilmiş olup, höyük ve göl arasında tarihi süreçte olabilecek ilişkilerin araştırılması amacı ile yapılmıştır.

## **SONUÇLAR VE TARTIŞMA**

Beycesultan Höyüğünde yapılan BYC 02, 03 ve 04 numaralı sondajlarda Neojen anakaya ulaşmıştır (Şekil 2). Anakaya üzerinde steril bir katman olarak kırmızı renkli silt ve kil ağırlıklı Holosen öncesi dolgular bulunur. BYC 01 sondajında ise bu kırmızı dolgularda kalınmıştır. BYC 02, 06 ve 07 numaralı sondajlarda höyüğe ait materyal bulunmamıştır. Bu durum höyüğün yayılış alanını belirlemek açısından önemlidir. BYC 01, 03, 04 ve 09 numaralı sondajlarda kalın bir birikim halinde höyük toprağı bulunmaktadır. BYC 01, 03 ve 04 sondajları Beyce sultan Höyüğü'nün yerleştiği ilk yüzeyi belirlemek açısından önemlidir. Buna göre höyükte ilk yerleşim 815,4 metre kotlarında başlamıştır. Günümüzde höyüğün en yüksek noktası 841 m olduğu düşünüldüğünde 25,6 m'lik höyük dolgusu vardır. Bugün yüzeyde bunun yaklaşık 20 m'lik bölümü gözlenmekte olup 5-6 m'si ova yüzeyi altında bulunur. Beycesultan Höyüğü kabaca uzun eksende BGB-DKD, kısa eksende KBK-GDG yönlerinde uzanan elipsvari bir şekle sahiptir. Bu doğrultularda 520x400 m mesafede sondajlarımızda kültür katmanlarına rastlanılmıştır. Yine uzun eksende yaklaşık 920 m mesafede yer alan sondajlarımızda (BYC 02 ve 06 sondajları) höyük katmanlarına rastlanmamıştır. Bu durumda uzun eksende yerleşim alanı 520 ila 920 m arasında yayılışla sahip olabilecektir. Gelecek dönemde yapılacak yeni sondajlarla höyüğün yayılış alanı



kesin olarak belirlenebilecektir. Höyüğün batı, kuzeybatı ve doğusundaki BYC 02, 03 ve 07 numaralı sondajlarda rastlanan akarsu yatak sedimanları, geçmiş dönemlerde, günümüzde yüzeyde bulunmayan akarsuların varlığını göstermiştir. BYC 04C sondajında 350 cm'lerde volkanik kül tabakası geçilmiş olup küller olasılıkla Santorini ya da Nisyros Volkanına aittir. Kronolojik seviye vermesi açısından bu volkanik kül tabakası önemlidir (Vardar ve Öner, 2016). Höyükle Işıklı Gölü arasındaki ilişkileri araştırmak için yapılan göl kıyısındaki 11 m derinliğe inilen BYC 08 sondajında dönemler halinde göl alanının genişleyip daraldığı gözlenmiştir. Höyük ve göl arasında yapılacak yeni sondajlarla bu ilişki daha ayrıntılı belirlenebilecektir.

## KATKI BELİRTME

Çivril Ovası ve Beycesultan Höyüğündeki çalışmalarımıza destekleri için Beycesultan Höyüğü kazısı başkanı Prof. Dr. Eşref Abay, yardımcısı Dr. Öğr. Üyesi Fulya Dedeoğlu Konakçı'ya teşekkürü bir borç biliriz. Proje sondajlarında özveri ile çalışan öğrencimiz Ümit Günhan'a çok teşekkür ederiz.

## KAYNAKLAR

Abay, E., Dedeoğlu, F. 2009. Beycesultan 2007-2008 Yılları Kazı Çalışmaları Ön Raporu. Arkeoloji Dergisi XIII (1), 53-80, Ege Üniv. Edebiyat Fak. Yay., İzmir.

Dedeoğlu, F., Abay, E. 2014. Beycesultan

Höyük Excavation Project: New Archaeological Evidence from Late Bronze Age Layers. Arkeoloji Dergisi XIX, 1-39.

Kayapınar L., Hocaoğlu B. Vardar S., Cevrioğlu M. H. 2017. Miryakefalon Muharebesinin Mahalli Üzerine Mülhazaralar: Bizans Kaynakları. Uluslararası Selçuklu Araştırmaları Dergisi, Güz 2017; (7): 105-124.

Koçyiğit, A. 1984. Güneybatı Türkiye ve Yakın Dolayında Levha İçi Yeni Tektonik Gelişim. Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, 27 (1), 1-15.

Taşdelen, S., Akyol, E., Bülbül, A. 2001. Çivril İlçesi (Denizli) ve Yakın Çevresinin Hidrojeoloji İncelemesi. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 7 (2), 261-267.

Vardar, S., Öner, E. 2016. Batı ve Güneybatı Anadolu'nun Paleocoğrafya ve Jeoarkeolojisinde Santorini (Thera) Küllerinin Önemi. Coğrafi Bilimler Dergisi 14 (1),

BEYCESULTAN. <http://www.beycesultan.org/?SyfNmb=1&pt=Anasayfa>, 19.11.2018.



**JEOLOJİ MÜHENDİSLERİ ODASI**  
CHAMBER OF GEOLOGICAL ENGINEERS OF TURKEY

Uluslararası Katılımlı 72. Türkiye Jeoloji Kurultayı  
28 Ocak–01 Şubat 2019, Ankara, Türkiye  
72<sup>nd</sup> Geological Congress of Turkey with international participation  
28 January–01 February 2019, Ankara, Turkey



## Göynük-Paleo-heyelanı'nın (KB Anadolu) Doğası, Zamanlaması ve Muhtemel Tetikleyicisi

*Nature, Timing and Probable Trigger of the Göynük Plaeo-landslide (NW Anatolia)*

**Faruk Ocakoğlu**

*Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 26480 Eskişehir, Türkiye  
(e-mail: focak@ogu.edu.tr)*

**Öz:** Göynük yerleşim merkezinin hemen güneyinde Göynük vadisinin sarp güney yamaçlarında Üst Kretase filizi ve üzerleyen karbonat kayalar içinde kilometrik bir heyelan gözlenmiştir. Birikim zonunun tamamen aşınıp gitmesi nedeniyle heyelanın yaşlı olduğu tahmin edilebilmektedir. Bu heyelanın yaşının tam olarak bilinmesi, muhtemel bir tetikleyici büyük depremin yaşını tam olarak belirlemek açısından önemlidir.

Haritalama ve gözlemlerimiz heyelandan etkilenmediği açıkça belli olan geniş alanlarda kaynaklarla beslenen bir tufa gelişiminin mevcudiyetini göstermektedir. Ayrıca heyelanın kenarı boyunca gelişmiş bir vadinin her iki yamacına karşı aşmalar yapan farklı tufa fasiyesleri de gözlenmiştir. Bu vadi dolgusunun orta ve en üst kesimlerinde, tufalarla ardalanan çamurlu koluviyal fasiyeslerdeki odun kömürlerinden elde edilen radyokarbon yaşları (kalibre edilmiş) sırasıyla GÖ 7620 yıl ve GÖ 5680 yıldır. Bu ikinci tarihten sonra vadide tufa çökelinin aniden kesilip bir kazınmanın başladığı anlaşılmaktadır. Heyelan içinde tufa fasiyeslerinin hiç gözükmemesi Göynük heyelanının GÖ 5680 yılında geliştiğine ve heyelanın yol açtığı denge-siz akarsu profili nedeniyle vadideki tufa çökelinin sonlanıp deşilmenin başladığına işaret etmektedir.

**Anahtar Sözcükler:** KB Anadolu, Holosen, paleo-heyelan, radyokarbon tarihlendirmesi, tufa

**Abstract:** I figured out a kilometre-sized landslide that developed within the Upper Cretaceous flysch and the overlying deep-marine carbonate rocks, on the steep slopes of the Göynük valley just to the south of the Göynük town. The expected accumulation zone of the landslide was completely swept out. So, I suggest that the Göynük landslide is quite old. The precise dating of this landslide is considered important since it is supposedly triggered by a large earthquake sourced from the North Anatolian Fault Zone in the further north.

Our observations and mapping studies demonstrate the widespread spring-fed tufa deposition in the areas unaffected by the landslide. Additionally, we discovered onlapping tufa facies against both margins of a fluvial valley located just at the upstream of the landslide. Radio-carbon dating of charcoals from two muddy colluvial levels, one in the middle and the other at the very top, interleaved in the tufa succession yield calibrated ages of 7620 BP and 5700 BP respectively. It seems that after this last date, tufa deposition ceased and incision initiated in the valley. Based on the fact that there is no tufa deposition in the depreciation zone of the

landslide, we suggest that the Göynük landslide occurred at 5700 BP and due to unbalanced river profile resulted from the sliding, tufa deposition ceased and river incision started in the upstream areas.

**Keywords:** NW Anatolia, Holocene, Paleo-landslide, radiocarbon dating, tufa

## INTRODUCTION

Göynük creek is one of the larger tributaries of the Sakarya River and flows from east to west in a landscape (Fig. 1) composed primarily of late Cretaceous marine mudstones. The Göynük valley where Göynük creek flows downstream is developed antecedently following the dip of the underlying successions and has relatively short (5 km) perpendicularly developed tributaries too. The central valley is mostly subdued due to high erodibility of the underlying mudstones, but steep valley slopes as much as 500 m high would occur when the river course crosses the hard carbonate rocks. We figured out a massive (1 km-sized) landslide morphology at the southern steep valley side just at the south of the Göynük town. This contribution concerns the description of this morphology, the age and possible controls and triggers of the landslide.

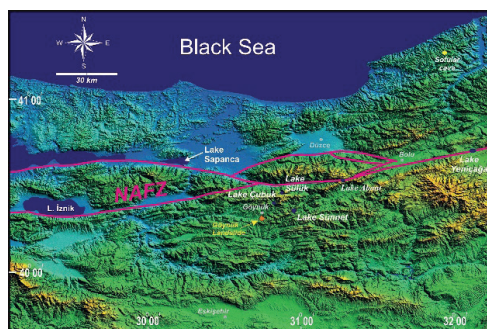


Figure 1. Location map.

## GÖYNÜK PALEO-LANDSLIDE

It is beyond any doubt that the Göynük landslide is an old failure since the detritus from the removal area were not preserved in the main valley, but completely eroded. The lan-

dslide developed in the conjunction where the steep southern side of the Göynük valley meets the western side of the unnamed valley (hitherto the Tepebaşı valley) in the south (Fig. 2). The collapsed slope measures 400 m high. The majority of the scarp is composed of shale and marl alternations, but the uppermost 50 m interval is formed from solid late Cretaceous pelagic carbonates. The landslide resulted in a 30 m high waterfall by removing a considerable part of the northern tip of the Tepebaşı valley.

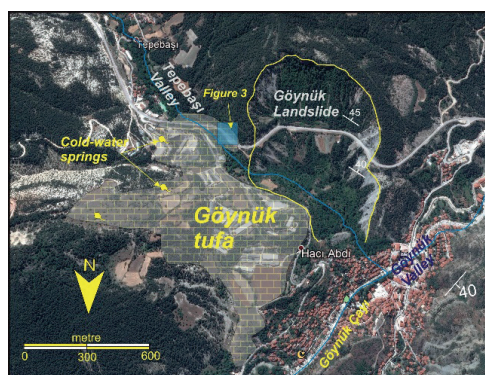


Figure 2. Geomorphological outline of the Göynük landslide and the neighbourhood.

There is no noticeable impact of landsliding at the eastern slope of the Tepebaşı valley. It seems that the application of an exposure dating method, such as the  $^{36}\text{Cl}$  radionuclide, is not suitable in the Göynük landslide since the morphology in the zone of depreciation has mainly been altered after the event. The pelagic limestone cliffs at the crown would have been promising, but they undergo a progressive failure due to extremely steep slopes, so the potential exposure dates from the crown area will be deceiving. In the following chap-

ter, we follow an indirect way out to date the Göynük landslide.

## GÖYNÜK TUFA

The eastern slope of the Göynük valley is covered by a horizontal succession of max. 25 m thick tufa deposits (the Göynük tufa) that form a considerable flat-to-gently dipping surface at 880 m altitude. Local people quoted that the carbonate depositing cold-water springs are sourced from the early Cretaceous carbonates at the upper hillslopes on the eastern side of the Tepebaşı valley (Fig. 2). Actually, these springs are piped beneath the older tufa sediments and flow along the talveg of the slid area by depositing modern tufa facies on the river bed.

The Göynük tufa exhibits good outcrops at both sides of the southern part of the Tepebaşı valley where the Göynük landslide did not penetrate. At the western side, we measured and environmentally interpreted a 20 m thick tufa succession. The measured section is mainly composed of the alternations of at least three paleosol levels and the oncoidal and bioclastic tufa facies (Fig. 3). Thin (25-30 cm) clast-supported gravels are also intercalated. The paleosol intervals are typically formed from angular shale and limestone fragments and display poorly developed soil peds. They locally include perfectly preserved charcoal fragments too. The uppermost paleosol level that also seals the tufa valley-fill succession is bounded to an indistinct riser climbing on the valley-side rocks (Fig. 4). This tufa succession paleoenvironmentally describes a fluvial aggradational valley where the alternations of various types of fluidal-laden tufa facies and siliciclastic facies occur. Paleosol levels represent somewhat decreased sedimentation rates for actually unknown reasons. Two radiocarbon-dated uppermost paleosol levels give 7620 yr BP and 5680 yr BP calibrated ages respectively (Fig. 3).

## AGE OF THE GÖYNÜK LANDSLIDE

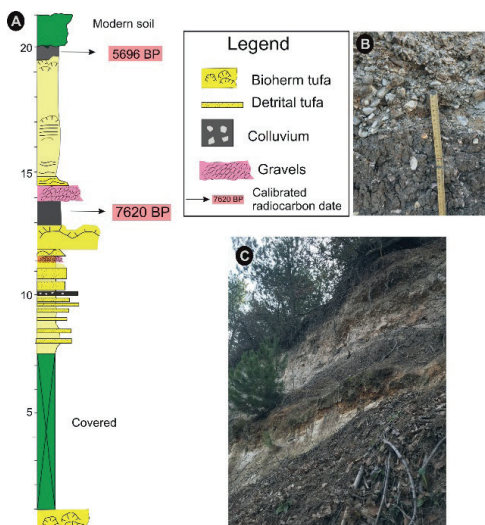


Figure 3. A) Tufa and siliciclastic facies observed in the Tepebaşı valley-fill. B) colluvium topped by gravels C) Overall field view of the section.

Sedimentological data from the Göynük tufa demonstrate that the Tepebaşı valley was filled with up to 25 m thick fluvial tufa and siliciclastic sediments until 5680 BP. So, what caused the cessation of aggradation and even the incision in the Tepebaşı valley? The most reasonable explanation is the impact of Göynük landslide on the creek profile by causing a collapse in the northern tip of the Tepebaşı valley. Then, we suggest that at 5680 BP (more probably somewhat earlier, since the soil formation would ensue for a specific duration after the collapse), the Göynük landslide occurred presumably as a mudflow with large limestone boulders. This slid material was subsequently wholly eroded from the Göynük valley.

## CONTROLS AND TRIGGER OF THE FAILURE

Göynük landslide is too massive to be cau-

sed by excessive rainfall. Actually, we did not observe similar-sized or smaller apparent landslides nearby. A paleoclimatic study in the nearby Lake Sünnet demonstrated that the annual precipitation was significantly reduced compared to early Holocene based on the  $\delta^{18}\text{O}$  isotope data (Ocakoğlu et al., 2011). So we regard the rainfall as a controlling factor but not a trigger. It seems that the earthquake trigger is an attractive hypothesis when considered the proximity (15 km) to the NAFZ and the previously-mapped considerable landslides in the Dokurcun valley (Duman et al., 2005). Earlier, Erturaç (2012) discovered lake sediments of a landslide dam related to a massive landslide (the Yarbaşı landslide) in the Dokurcun valley. He found that the lake formed around 7000-7500 BP and keep alive for almost 1000-1500 years. This data would indicate that the NAFZ produced very destructive earthquakes in almost 1000-1500 year periodicity.

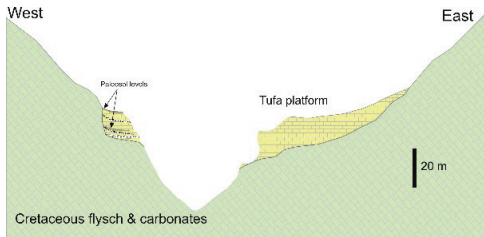


Figure 4. The geomorphological frame of the measured tufa section.

## CONCLUSION AND SUGGESTIONS

The Göynük paleo-landslide is a km-sized colossal failure developed in the late Cretaceous marine mudstones and limestones in the Göynük valley. Tufa stratigraphy and geomorphology confirm that the landslide occurred 5680 BP. We suggest that a mega-earthquake localised about 20 km NE in the Dokurcun valley on the NAFZ triggered the Göynük landslide. We suggest that the geo-mechanical properties of the Göynük lands-

lide would reveal the minimum magnitude for the triggering earthquake that is beneficial criteria for civil engineering and city planning in the neighbourhood.

## ACKNOWLEDGEMENTS

I profited from fruitful discussions on the nature of the Göynük landslide with prof. Ergun Tuncay (Hacettepe University) in the field. TÜBİTAK funds this study with a grand numbered 117Y258.

## REFERENCES

- Erturaç, K., 2012. Kuzey Anadolu Fayı Muddurnu Vadisi Segmenti'nin Kayma Hızının Belirlenmesi. TÜBİTAK Projesi Proje no: 112Y222.
- Ocakoğlu F, Tunoğlu C, Oybak-Dönmez E and Açıklım S (2011) KB Anadolu'daki, Sünnet Gölü GölSEL Arşivinin Sedimentolojik, Jeokimyasal ve Paleoeolojik Araçlarla Paleoklimsel Açından İncelenmesi, Eskişehir Osmangazi University, Research Project no: 200915009, Turkey, 163 pp.
- Duman, T., Emre, Ö., Çan, T., Nefeslioğlu, H.A., Keçer, M., Doğan, A., Durmaz, S., Ateş, Ş., 2005. 1/500 000 ölçekli Türkiye Heyelan Envanteri Haritası: Zonguldak Paftası. MTA Özel Yayın Serisi-4, 24 s.

**JEOTERMAL ENERJİ / GEOTHERMAL ENERGY**

Gültekin TARCAN - Mehmet Furkan ŞENER - Ayşen DAVRAZ -  
Arzu FIRAT ERSOY - Ozan DENİZ

---

***Sözlü Sunumlar/Oral Presentations***

***TAM METİN BİLDİRİLER/***

***PROCEEDINGS***







## Pertek (Tunceli) Termal Sularının Hidrojeokimyasal İncelemesi

*Hydrogeochemical Investigation of Pertek (Tunceli, Turkey) Thermal Waters*

Özlem Öztekin Okan<sup>1</sup>, Tuğbanur Özen Balaban<sup>2</sup>, Taylan Sançar<sup>3</sup>,  
Ayten Öztüfekçi Önal<sup>3</sup>, Gamze Karvar<sup>1</sup>, Latif Eren<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Fırat University, Faculty of Engineering, Geological Engineering Dept., Elazığ, Turkey

<sup>2</sup>İzmir Katip Çelebi University, Central Research Laboratories, İzmir, Turkey

<sup>3</sup>Munzur University, Geological Engineering Department, Tunceli, Turkey

(ooztekin@firat.edu.tr)

**Öz:** Bu çalışmanın amacı Doğu Anadolu bölgesindeki düşük sıcaklıklı Pertek jeotermal alanını hidrokimyasal olarak değerlendirip, termal suların hazne kaya sıcaklığını tahmin etmektir. İnceleme alanında Permo- Triyas'tan Kuvaterner'e kadar değişen yaşlarda litolojik birimler yüzeylemektedir. Termal suların akiferi Permo-Triyas yaşlı metamorfitlelere ait rekrystalize kireçtaşlarıdır. Kırıklı ve karstlaşmış metamorfik kayalar, çatlaklı kireçtaşları ve bazaltlar ile alüvyonlar, soğuk yeraltı suları akiferleridir. İnceleme alanındaki fay ve kırık zonları termal kaynakların dolaşım ve boşalmasını sağlayan hidrolik oluklardır. Hesaplanan kuvars jeotermometrelerine göre, Pertek jeotermal alanı için akifer sıcaklığının 62.74°C ile 92.83°C arasında olduğu tahmin edilmektedir.

İnceleme alanındaki termal suların pH, T ve EC değerleri sırasıyla 5.81 ile 6.69; 20.8°C ile 35.9°C ve 1033 ile 2601 µS/cm arasındadır. İncelenen termal sular, Ca-Mg-HCO<sub>3</sub> ve Ca-HCO<sub>3</sub> su tiplerinde sınıflanırken, soğuk yeraltı suları ise Ca-Mg-HCO<sub>3</sub> su tipindedir. Termal sulardaki B, Fe, Al, As, Sb ve Ba konsantrasyonları, Cs, Rb, Cr, Co, Ni, Cu, Zn ve Pb konsantrasyonlarından daha yüksektir. Sulardaki yüksek As içeriğinin arsenikli sülfid minerallerin oksidasyonu ile ilişkili olduğu düşünülmektedir. Ayrıca, termal ve soğuk sulardaki yüksek Fe konsantrasyonları, magmatik ve metamorfik kayalardaki Fe bileşenli minerallerin çözünmesinden kaynaklanmaktadır. Yapılan hidrojeokimyasal değerlendirmeler, inceleme alanındaki termal suların kimyasal bileşimlerinin su-kayaç ve su- alterasyon mineralleri arasındaki çözünmelerle ilişkili olduğunu göstermektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Hidrojeokimya, Pertek, termal su, iz element

**Abstract:** The aim of this study is to investigate the hydrogeochemistry of low enthalpy Pertek geothermal field in Eastern Anatolia, and to estimate the reservoir temperature of thermal waters. In the study area, lithological units from Permo-Triassic to Quaternary are outcropped. Recrystallized limestones of Permo-Triassic metamorphics are the reservoir rocks for thermal waters. Highly fractured and karstified metamorphic rocks, fractured limestones and basalts, and alluvium are the aquifers for cold groundwaters in the study area. Faults and fractures are act as the hydraulic channels for circulation and discharge of thermal springs in the study area. According to the calculated silica geothermometers, the estimated aquifer temperatures for Pertek geothermal field are ranged from 62.74°C to 92.83°C.



The pH, T (°C) and EC values of the thermal waters in the study area are ranged between 5.81 and 6.69, 20.8°C and 35.9°C, 1033 and 2601 µS/cm, respectively. Thermal and cold waters are classified in Ca-Mg-HCO<sub>3</sub> water type. The B, Fe, Al, As, Sb and Ba concentrations are higher than Cs, Rb, Cr, Co, Ni, Cu, Zn and Pb concentrations in thermal waters. High contents of As in thermal waters might be related to the oxidation processes of As-bearing sulphide minerals. Furthermore, high Fe concentrations in thermal and cold waters are caused by the dissolution of Fe-bearing minerals in magmatic and metamorphic rocks. The results of chemical analysis are indicated that the hydrogeochemistry of thermal waters are effected by groundwater-rock and groundwater- alteration mineral interaction processes.

**Keywords:** Hydrogeochemistry, Pertek, thermal water, trace element

## INTRODUCTION

Hydrogeochemical studies carried out in geothermal field are important to define the hydrogeochemical processes and formation mechanisms of thermal waters, mixing process of thermal waters with cold groundwater, scaling and corrosion properties and estimating of reservoir rock temperature. The aim of the present study is to understand the hydrogeochemistry of low-enthalpy Pertek thermal waters in terms of major and trace elements and to estimate the temperature of the fluid in reservoir rock.

The study area is located in Pertek town (Tunceli) in Eastern Anatolia. Pertek geothermal area is a low-enthalpy system. Thermal springs discharge at several points along right and left sides of Singeç River.

## Material and Method

Five thermal waters and nine cold waters were sampled in September, 2017 in this study. The pH, electrical conductivity (EC) and temperature (T) of the waters were measured in the field using a portable instrument. All water samples were collected in high-density polyethylene (HDPE) bottles and stored in a refrigerator at 4°C until sending to laboratories for anion analyses. Samples for cation analyses were acidified to a pH of 2 by adding a few drops of concentrated HNO<sub>3</sub>.

The anion analyses were carried out using ion chromatography, whereas the cation analyses were carried out using Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometer (ICP-MS). The alkalinity of the waters was determined using the titration method.

## RESULTS AND DISCUSSION

### Geological and Hydrogeological Settings

The geology of the study area is very important for the geodynamic evolution of the Eastern Taurus (Bingöl, 1983; Aksoy, 1994).

Permo-Triassic metamorphics, Upper Cretaceous magmatics, Middle Eocene-Upper Oligocene limestone, sandstone-marl intercalation and gravelstone, Upper Miocene-Pliocene tuff, volcanoclastics, lacustrine limestones, andesite, basalt and Quaternary alluvium are located in the study area (Fig. 1). Permo-Triassic metamorphics are the basement of the Tertiary basin and consist of marbles, recrystallized limestones, calc-phyllites, calc-schists and metaconglomerates, which have undergone amphibolite-greenschist facies metamorphism (Turan et al., 1993).

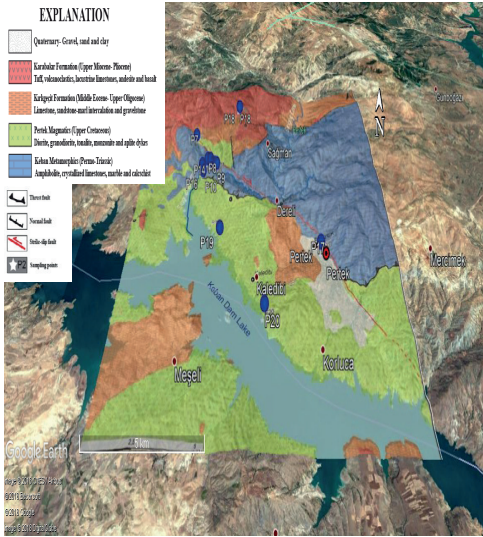


Fig. 1. Geological map of the study area and water sampling locations (geology map is modified from Akkuş, 2016; MTA 1/25000 scaled geology map).

The Upper Cretaceous magmatic complex consists of basalts, andesites, pillow lavas, dacites, agglomerates, and subvolcanic rocks such as aplites, microdiorites, as well as plutonic rocks (Bingöl, 1983; Akkuş, 2016; Sar, 2016).

Permo- Triassic recrystallized limestones of metamorphics are the reservoir rocks of thermal waters. Impermeable layers (marl and clay) of Middle Eocene-Upper Oligocene and Upper Miocene-Pliocene units are the cap rocks of the thermal water aquifer. The heat source of the thermal waters is magma intrusions at depth related to the Upper Miocene–Pliocene volcanism. Highly fractured and karstified metamorphic rocks, fractured limestones, basalts and alluvium are the aquifers of cold groundwaters in the study area.

### Hydrogeochemistry

The pH, T(°C) and EC of the Pertek thermal waters range from 5.81 to 6.69, 20.8°C

to 35.9°C and 1033  $\mu\text{S}/\text{cm}$  to 2601  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , respectively. The electrical conductivity of waters increases with the increasing temperature. The low pH value of thermal waters indicates considerable amounts of free  $\text{CO}_2$ , which emerges from deep faults and causes acidic water (Petrovic et al., 2010).

Thermal and cold waters are classified in Ca-Mg- $\text{HCO}_3$  water type. The high concentrations of Ca, Mg and  $\text{HCO}_3$  in thermal waters are probably dominated by a combination of mixing cold groundwater and/or water-rock interaction and ion exchange reactions in thermal aquifer.

According to K-Mg-Na ternary diagram (Giggenbach, 1988), thermal waters can be categorized as immature waters and partially equilibrated or mixed waters (Fig. 2). It can be suggested that these waters are not in equilibrium with reservoir rocks, and are probably dominated by mixing with cold groundwaters.

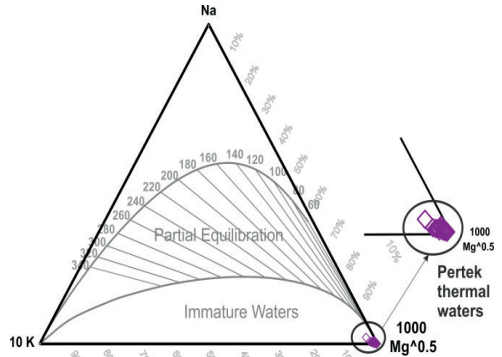


Fig. 2. K-Mg-Na ternary diagram.

Chemical geothermometers give reservoir temperature of geothermal systems. Chemical geothermometers are based on temperature dependent water–rock equilibriums and give the last temperature of water–rock equilibrium attained in the aquifer. Various chemical (silica and cation) geothermometers

were used to estimate the reservoir temperature of the thermal waters. SiO<sub>2</sub> temperatures are minimum temperatures and represent temperatures of last equilibrium with quartz or chalcedony. The equilibrium with chalcedony in thermal waters occurs at low temperatures (<190°C) compared to the quartz and, therefore, silica geothermometers were used to estimate the reservoir temperature in Pertek geothermal area (Arnorsson, 1975; Henley et al., 1985). Furthermore, compared with measured in-situ thermal springs temperatures, it seems that silica geothermometer generally reflect better reservoir temperatures for this field. Calculated silica geothermometers for the reservoir temperatures of Pertek thermal waters were ranged from 62.74°C to 92.83°C.

### 2.2.1. Trace elements

Trace element concentrations of thermal waters are higher than that of cold waters. The B, Fe, Al, As, Sb and Ba concentrations are higher than Cs, Rb, Cr, Co, Ni, Cu, Zn and Pb concentrations in thermal waters. Linear relationships between Fe, Sb and Al contents in thermal waters indicate that these elements originated from the same source. High Fe concentrations (up to 1.38 ppm) in thermal waters might be related to the dissolution of Fe-bearing minerals in magmatic and metamorphic rocks outcrop in the study area. Furthermore, positive relationship also determined between B, Ba and As. The high B contents, up 3394 ppb, in thermal waters might be originated from the dissolution of magmatic rocks in study area.

Positive relationship of As with SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> in thermal and cold waters reflects that sulphide oxidation is the main factor controlling the As mobilization in thermal and cold waters. Oxidation processes of As-bearing sulphide minerals, such as pyrite, arsenopyrite, cause high As concentrations (up to 2674 ppb) in

thermal waters (Mc Arthur et al., 2001; Bundschuh and Maity, 2015). A high positive correlation was determined between K and Rb (r:0,82), K and Cs (r:0,72), Rb and Cs (r: 0,98). Therefore, the predominant source of Rb and Cs in thermal waters is clays and is alteration product of K minerals (Gurav et al., 2016; Öztekin et al., 2018)

## CONCLUSIONS

The circulation and discharge of thermal springs in the study area are controlled by major faults and fracture zones. The predominant processes controlling the major ion composition and trace-element contents in the investigated thermal and cold waters are (i) groundwater–rock interaction and (ii) dissolution of clay and/or alteration minerals existing in fractures and faults.

## ACKNOWLEDGEMENT

This study is financially supported by TÜBİTAK Research Fund (Project no: 115Y466).

## REFERENCES

- Akkuş A., 2016. Hidrogeochemical studies of Pertek geothermal field. Master thesis. Department of Geological Engineering, Munzur University. Tunceli, Turkey.
- Aksoy E., 1994. Geological characteristics of Pertek (Tunceli) surrounding and Pertek fault. *Firat University Journal of Science and Engineering Sciences*, 6, 1-18.
- Arnorsson, S., 1975. Application of silica geothermometer in low-temperature hydrothermal areas in Iceland. *American Journal of Science*, 275, 7 (7).
- Bingöl, A.F., 1983. Geology of the Elazığ area in the Eastern Taurus region. *International Symposium on the geology of the Taurus Belt*, 26- 29 September, ( Edited by Okan Tekeli and M. Cemal Göncüoğlu), Proceedings,

Ankara, Turkey.

Bundschuh J. and Maity J.P., 2015. Geothermal arsenic: Occurrence, mobility and environmental implications. *Renewable and sustainable energy reviews*, 42, 1214- 1222.

Giggenbach, W.F., 1988, Geothermal solute equilibria, derivation Na-K-Mg-Ca geoindicators: *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 52(12), 2749-2765.

Gurav T., Singh H.K., Chandrasekharam D., 2016. Major and trace element concentrations in the geothermal springs along the West coast of Maharashtra, India. *Arabian Journal of Geosciences*, 9: 44.

Henley, R.W., Truesdell, A.H., Barton, P.B. and Whitney, J.A., 1985. Fluid- Mineral Equilibria in hydrothermal Systems. *Reviews in Economic Geology*. 1, 267 p. Socorro, Mexico.

Mc Arthur J.M., Ravenscroft P., Safiullah S., Thirlwall M.F., 2001. Arsenic in groundwater: Testing pollution mechanisms for sedimentary aquifers in Bangladesh. *Water Resources Research*, 37, 1, 109- 117.

Öztekin Okan, Ö.,Kalender, L., Çetindağ, B., 2018. Trace-element hydrogeochemistry of thermal waters of Karakoçan (Elazığ) and Mazgirt (Tunceli), Eastern Anatolia, Turkey. *Journal of Geochemical Exploration*, 194, 29-43.

Petrovic T, Mandic M.Z, Veljkovic N, Vidojevic D., 2010. Hydrogeological conditions for the forming and quality of mineral waters in Serbia. *J Geochem Explor* 107: 373-381.

Sar, A., 2016. The petrology of granitoids in the southeast (Tunceli) Pertek. Master thesis. Department of Geological Engineering, Fırat University. Elazığ, Turkey.

Turan M, Aksoy E, Bingöl A.F., 1993. Characteristics of geodynamic evaluation of East

Taurus in Elazığ, Turkey. *Fırat University Journal of Science and Engineering Sciences*, 7, 1-23.



**KENT JEOLJİSİ / *URBAN GEOLOGY***

Halil KUMSAR - Yılmaz MAHMUTOĞLU - Evren ERDİN

B. Murat DEMİR - Atiye TUĞRUL

---

***Sözlü Sunumlar/Oral Presentations***

***TAM METİN BİLDİRİLER/***

***PROCEEDINGS***





## Batı Anadolu Kentlerinde Son Yıllarda Meydana Gelen Asismik Yüzeysel Deformasyonlarının Yerleşime Uygunluk Açısından Değerlendirilmesi

### *Evaluation of Recent Aseismic Surface Deformations in terms of Land Suitability for Settlements in Western Anatolia*

Çağlar Özkaymak<sup>1,2</sup>, Hasan Sözbilir<sup>3</sup>, İbrahim Tiryakioğlu<sup>2,4</sup>

<sup>1</sup>Afyon Kocatepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Afyon

<sup>2</sup>Afyon Kocatepe Üniversitesi Deprem Uygulama ve Araştırma Merkezi, Afyon

<sup>3</sup>Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, İzmir

<sup>4</sup>Afyon Kocatepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Harita Mühendisliği Bölümü, Afyon  
(caglarozkaymak@aku.edu.tr)

**Öz:** Son 10-20 yıldan beri, Batı Anadolu'da diri faylar üzerine kurulu bazı yerleşim alanlarında, iyi tanımlanmış sarplıklar ile tipik çizgisel gidişli asismik güncel deformasyonları gözlenmektedir. Diri faylar üzerinde yıkıcı deprem olmaksızın gelişen bu tip deformasyonların en iyi gözlemlendiği alanlar, Gediz Grabeni'nin doğusunda yer alan Sarıgöl ve Afyon Akşehir Grabeni'nin orta bölümünde yer alan Bolvadin yerleşim alanlarıdır. Bu alanlarda gözlenen yüzey deformasyonları yaklaşık 4 km uzunluğa ulaşmıştır ve çizgisel deformasyonlar boyunca toplam düşey yer değiştirme miktarları 70-125 cm arasında değişmektedir. Jeolojik ve Jeodezik çalışmalara göre, Sarıgöl ve Bolvadin Bölgelerinde ölçülen deformasyon hızları ise 6-9 cm/yıl aralığındadır. Bu yerleşim alanlarında gelişmeye devam eden yüzey deformasyonları binalara ve yeraltı kanalizasyon sistemlerine zarar vermekte, önemli ekonomik kayıplara neden olmaktadır. Bu çalışmada, Batı Anadolu'da kurulu kentlerde gözlenen asismik yüzey deformasyonlarının tipi ve özellikleri özetlenmektedir. Bununla beraber, asismik yüzey deformasyonlarının Doğal Afet sınıfında değerlendirilmesi önerilmektedir. Böylece gelecekte meydana gelebilecek deprem zararlarını minimuma indirebilmek için, kentsel alanlarda gözlenen bu gibi deformasyon sahalarının afete maruz bölge ilan edilebilmesi ve yapılaşmaya kapatılması gerekmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Asismik yüzey deformasyonu, Batı Anadolu, Yerleşime uygunluk, Kent Jeolojisi

**Abstract:** Some settlements, which are established on active faults, in Western Anatolia have been experienced aseismic surface displacements characterized by a well-defined linear scarps since last 10-20 years. The prominent examples of such deformations that have been formed without a destructive earthquake failure, observed in Sarıgöl and Bolvadin settlement areas, located in the eastern part of the Gediz Graben and the middle part of the Afyon-Akşehir Graben, respectively. Along the progressive surface deformations whose length varies up to 4 kilometers, vertical displacements vary between 70-125 cm. According to the geologic and geodesic data, measured rates of vertical offset in Sarıgöl and Bolvadin ranges between 6-9 cm/y. In Sarıgöl and Bolvadin settlement areas, such surface deformations cause serious da-

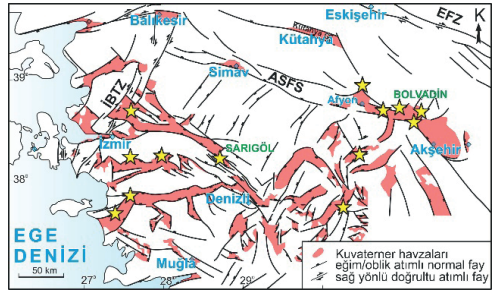


mage to urban buildings, infrastructures and considerable economic impact. In present work, we summarize the properties and types of aseismic surface deformations which have been observed in urban areas in western Anatolia and suggest that aseismic surface deformations have to be evaluated in the status of natural disaster. So aseismic deformation areas in such urban areas should be declared as a natural disaster-prone area, in order to minimize the potential earthquake damage.

**Keywords:** Aseismic surface deformations, Western Anatolia, Land suitability, Urban Geology

## GİRİŞ

Batı Anadolu'nun güncel jeomorfolojisi, özellikle aktif tektonik yapıların kontrolünde şekillenmektedir. Bu alanda yer alan kentler, genel olarak Gediz, Büyük ve Küçük Menderes, Denizli, Acıgöl, Çivril, Burdur, Afyon-Akşehir Grabenleri gibi büyük ölçekli grabenlerin kenarlarını kontrol eden diri faylar üzerinde kurulmuşlardır. Bunun bir sonucu olarak, tarihsel dönemden günümüze değin graben kenar fayları tarafından üretilen yıkıcı depremlerin gölgesinde yaşamışlardır (Ergin vd., 1967; Soysal vd., 1981; Tan vd., 2008). Batı Anadolu'da son yıllarda diri faylar üzerine kurulu bazı kentlerde gözlenen asismik yüzey deformasyonları, diri faylar üzerinde kurulu binaların yıkıcı deprem olmaksızın da deformasyona uğrayabileceği gerçeğini göstermiştir. Batı Anadolu'daki bu tip deformasyonların en belirgin örnekleri, Gediz Grabeni doğusundaki Sarıgöl ve Afyon Akşehir Grabeni Orta bölümünde yer alan Bolvadin yerleşim alanlarında gözlenmektedir (Şekil 1). Bu kentlerde deformasyon hattı üzerinde yer alan yüzlerce bina ve altyapı sistemleri, devam eden deformasyonlardan etkilenmektedirler.



Şekil 1. Batı Anadolu Genişleme Bölgesi'nin (BAGB) ana neotektonik yapılarını ve aktif havzalarını gösteren basitleştirilmiş harita (Özkaymak, 2017). Sarı dolgulu yıldızlar asismik deformasyon lokasyonlarını göstermektedir. Kısaltmalar: ASFS: Akşehir-Simav Fay Sistemi, İBTZ: İzmir Balıkesir Transfer Zonu, EFZ: Eskişehir Fay Zonu.

Bu çalışmada Batı Anadolu Kentlerinde çizgisel hatlar şeklinde gözlenen asismik yüzey deformasyonlarının güncel özellikleri tanımlanacak, deformasyona maruz kalan Sarıgöl ve Bolvadin kentlerindeki mevcut durum analiz edilecek ve bu deformasyonların yerleşime uygunluk açısından değerlendirilmesi yapılacaktır.

## ASİSMİK YÜZEY DEFORMASYONLARI

Asismik yüzey deformasyonları, genellikle insan aktiviteleri ya da iklimsel döngüler sonucu yeraltı su seviyesinin düşmesi ile yüzey altındaki konsolide olmayan sedimanların sıkışmasına bağlı olarak gelişen oturma ilişkili deformasyonlar olarak tanımlanır

(Holzer, 1984; Pewe, 1990; Hernández-Madrigal vd. 2014). Gölsel, alüvyal ve flüvyal kökenli konsolide olmamış sedimanların varlığı, bu tip deformasyonları hızlandırıcı rol oynarlar Bu konuda yapılan çalışmalara göre, iki tip asismik yüzey deformasyonu tanımlanmıştır; (1) Yüzey Faylanması (surface faults); (2) Yüzey Yarıkları (earth fissures) (Holzer, 1984; Pewe, 1990; Hernández-Madrigal vd. 2014). Yüzey Faylanmaları mevcut olan normal bir fay üzerinde gelişir, fayın tavan bloğunda düşey yer değiştirmeler gözlenir, tektonik krip gözlenebilir, sarplıklar genellikle 0,5 metreden fazladır, deformasyonun uzunluğu ise genellikle 1 km'den fazladır. Yüzey yarıkları ise, genellikle drenajlara paralel gelişirler, çok derinlere inmezler, düşey yönde bir yer değiştirme gözlenmez, yarıklara dik yönde açılmalar gözlenir (Hernández-Madrigal vd. 2014; Özkaymak vd., 2017).

Sarıgöl yerleşim alanı, Gediz Grabeni'nin doğusunda, yüzey kırığı oluşturan 1969 Alaşehir depreminin (M:6.9) meydana geldiği bölgedeki Sarıgöl Fayı üzerinde yer almaktadır (Koca vd., 2011). Sarıgöl fayı üzerinde, 1998 yılında yüzey faylanması şeklinde gözlenmeye başlayan çizgisel gidişli deformasyon hattı boyunca, kanallarda, asfalt yolda ve evlerin duvarlarında deformasyonlara neden olmuştur. Bu alanda, 2010 yılı itibarıyla düşey yer değiştirmenin 1.25 metreye ulaştığı ifade edilmiştir (Koca vd., 2011). Son yıllarda jeodezik yöntemlerle gerçekleştirilen bir başka çalışmada, düşey yönde meydana gelen deformasyon hızı 2017-2018 yılları arasında 6-8 cm/yıl olarak hesaplanmıştır (Doğan vd., 2018). Normal fay mekanizması şeklinde asismik olarak deformasyona neden olan bu fay üzerinde yer alan yapılarda oluşan hasar nedeniyle, 1998 yılında Afete Maruz Bölge ilan edilmiş ve deformasyon zonu yapılaşmaya kapatılmıştır.

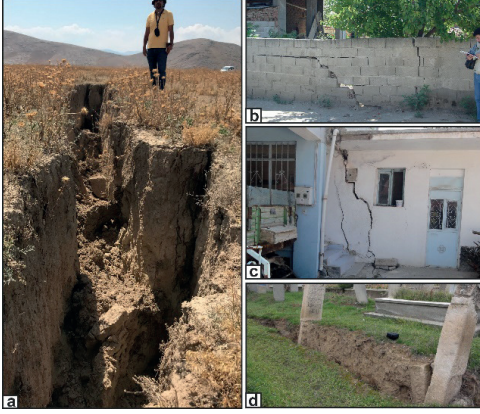
Bolvadin yerleşim alanı ise, Afyon Akşehir

Grabeni'nin orta bölümünde, yüzey kırığı oluşturan 2002 Çay Depremlerinin (Mw: 6.3 ve 6.0) meydana geldiği bölgede yer alan Bolvadin Fayı'nın güneybatı devamı üzerinde kuruludur. Bolvadin Fayı'nın üzerinde, 2010 yılından sonra yüzey faylanması şeklinde gözlenen deformasyonlar, Bolvadin yerleşim alanında su/doğalgaz boruları, kanalizasyon sistemleri, gömülü boru hatları gibi yüzey altında, ve binalar, duvarlar, su kanalları, karayolu, demiryolu gibi yüzeyde yer alan insan yapımı kültürel eserler ve tesislere ciddi hasarlar vermektedir. Bölgede tarafımızdan yapılan jeolojik ve jeodezik çalışmalar, çizgisel gidişli deformasyon hattının yaklaşık 4 km boyunca takip edildiğini, düşey yer değiştirmenin 2018 yılı itibarıyla 70 cm'ye ulaştığını, deformasyon hızının ise 8,5 cm/yıl olduğunu göstermektedir. Bolvadin merkezde deformasyon zonu içerisinde sağlık ocağı, ilköğretim okulu gibi halka açık binaların da yer aldığı yaklaşık 200 yapının belirli oranlarda hasara uğramış ve bazı binalar oturulamaz duruma gelmiştir. Ancak bu bölge Afete Maruz Bölge ilan edilmemiştir; yüzlerce kişi doğal bir süreç nedeniyle hasar gören evlerinde oturmaya devam etmektedirler.

## SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Son yıllarda özellikle Sarıgöl ve Bolvadin Kentlerinde gerçekleştirilen bilimsel çalışmalar, yerleşim alanlarından geçen asismik yüzey deformasyonlarının mevcut diri faylar üzerinde, kilometrelerce takip edilebilen çizgisel gidişli çatlak ve yarıklar şeklinde geliştiklerini ortaya koymuştur (Koca vd., 2011; Özkaymak vd., 2014; 2017). Sarıgöl ve Bolvadin fayları üzerinde gelişen güncel deformasyonlar üzerinde, sırasıyla 1.25 metre ve 70 cm'ye ulaşan düşey yer değiştirmelerin meydana geldiği ve bu deformasyonların günümüzde devam ettiği bilinmektedir. Jeomorfolojik, Jeodezik ve Paleosismolojik analizlere göre deformasyonun hızı 6-9 cm/

yıl arasında değişmektedir. Deformasyon hat-  
tı üzerinde sağlık ocağı, ilköğretim okulu gibi  
halka açık binaların da yer aldığı yüzlerce  
yapı üzerinde çatlaklar, yarıklar şeklinde de-  
formasyonlar gözlenmiş, çok sayıda yapının  
ekseni kaymış ve oturulmaz hale gelmiştir  
(Şekil 2).



Şekil 2. Bolvadin ve Sarıgöl bölgelerinde  
gözlenen yüzey deformasyonları. a) Eber  
gölü kuzeybatısında gözlenen yüzey yarıkları,  
b) Sarıgöl, c ve d) Bolvadin yerleşim alan-  
larında gözlenen deformasyonlar.

“Doğal Afet” kavramı, can ve mal kaybına  
yol açarak insanlara zarar veren, başladıktan  
sonra insanlar tarafından engellenemeyen,  
kısa zamanda meydana gelen doğal olay-  
lar olarak tanımlanmaktadır (AFAD, 2018).  
Batı Anadolu Kentlerinde gözlenen asismik  
yüzey deformasyonları yer kabuğu içerisinde  
süre gelen doğal olaylar sonucu, insanlar ta-  
rafından engellenemeyecek bir şekilde, hızla  
(yıllık 6-9 cm aralığında) devam etmektedir.  
Bununla beraber, günümüzde can ve mal ka-  
yıplarına neden olabilecek seviyeye ulaşmış-  
tır. Bolvadin kentinde deformasyon üzerinde  
yer alan bazı oturulmaz durumdaki yapılar  
boşaltılmıştır, bazıları mesken sahipleri ta-  
rafından kısmen onarılarak, bazıları da onarıl-  
madan ikamete açık durumdadır. Şüphesizdir  
ki, bu yapılar, Batı Anadolu’da meydana gele-

bilecek şiddetli depremler ile ilk yıkılacak ya-  
pılardan olacaktırlar. Batı Anadolu’da gözle-  
nen asismik yüzey deformasyon lokasyonları  
ve miktarları her geçen yıl giderek artmakta  
ve kentsel alanlar için doğal bir tehlike oluş-  
turmaktadır. Bu kapsamda ivedilikle asismik  
yüzey deformasyonları Doğal Afet statüsünde  
değerlendirilmeli, yerleşime uygun alanların  
belirlenmesi çalışmalarında dikkate alınacak  
bir kriter haline getirilmelidir (Sözbilir vd.,  
2017)

Bolvadin yerleşim alanı ve buna benzer yer-  
leşim alanları içerisinde geçen fay kolları  
boyunca, TMMOB Jeoloji Mühendisleri  
Odası tarafından 2017 yılında hazırlanan  
“Planlama ve Yapılaşma Açısından Yüzey  
Faylanması Tehlikesinin Değerlendirilme-  
si Kılavuzu” (Nurlu, 2017) kriterlerine göre  
deformasyon zonunun imar planlarına esas  
olacak şekilde haritalanması, zon boyunca  
Yerleşime Uygunluk amaçlı Yüzey Faylan-  
ması Tehlike Kuşağı ve Fay Sakınım Bandı-  
nın oluşturulması gerekmektedir. Oluşturulan  
Fay Sakınım Bandına göre, zon içerisinde  
kalan binaların, kamuoyunda “Kentsel  
Dönüşüm” olarak bilinen 6306 sayılı “Afet  
Riski Altındaki Alanların Dönüştürülmesi  
Hakkındaki Kanun” gereğince yıkılarak afet  
riski olmayan alanlara taşınması, gelecekte  
olası bir depremde meydana gelebilecek can  
ve mal kayıplarını minimuma indirebilecektir.

## KATKI BELİRTME

Bu çalışma, 115Y246 numaralı TUBITAK ve  
16.KARIYER.167 numaralı AKÜ BAP Pro-  
jeleri tarafından desteklenmektedir.

## KAYNAKLAR

AFAD (Afet ve Acil Durum Yönetimi Baş-  
kanlığı), 2018. <https://www.afad.gov.tr>, 27  
Kasım 2018.

Doğan, A. Tiryakioğlu, İ., Turgut, B., vd.,  
2018. Jeodezik Yöntemlerle Güncel Yüzey

Deformasyonlarının Belirlenmesi; Sarıgöl Örneği, Gediz Grabeni. Aktif Tektonik Araştırma Grubu 22. Çalıştayı Bildiri Özleri Kitabı, s16, 1-3 Kasım 2018, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Çanakkale.

Ergin, K., Güçlü, U. ve Uz, Z., 1967. Türkiye ve Civarının Deprem Kataloğu (MS. 11-1964).

Hernández-Madriral, V. M., Muñiz-Jauregui, J. A., Garduño-Monroy, V. H, et al., 2014. Depreciation factor equation to evaluate the economic losses from ground failure due to subsidence related to groundwater withdrawal. Natural Science, 6 (3), 108-113.

Holzer, T.L., 1984. Ground failure induced by groundwater withdrawal from unconsolidated sediment. In: Holzer Holzer, T.H., Ed., Man-Induced Land Subsidence, VI. Geological Society of America. Reviews in Engineering Geology, Colorado, 67-105.

Koca, M. Y., Sözbilir, H. ve Uzel, B., 2011. Sarıgöl Fay Zonu Boyunca Meydana Gelen Deformasyonların Nedenleri Üzerine bir araştırma. Jeoloji Mühendisliği Dergisi 35 (2), 151-173.

Nurlu, M. Seyitoğlu, G., Alan, H., vd. 2017. Planlama ve yapılaşma Açısından Yüzey Faylanması Tehlikesinin Değerlendirilmesi Klavuzu Çalıştayı Kitabı, Ankara: Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları, 2017

Özkaymak Ç., Sözbilir, H., Tiryakioğlu, İ. ve Baybura, T., 2017. Bolvadin'de (Afyon-Akşehir Grabeni, Afyon) Gözlenen Yüzey Deformasyonlarının Jeolojik, Jeomorfolojik ve Jeodezik Analizi. Türkiye Jeoloji Bülteni 60, 169-188.

Pewe, 1990. Land subsidence and earth-fis-sure formation caused by groundwater withdrawal in Arizona; A review. Groundwater Geomorphology The role of subsurface water

in Earth-surface processes and Landforms, edited by Charles G. Higgins, Donald Robert Coates, Geological Society of America pub. p.252.

Soysal, H., Sipahioğlu, S., Kolçak, D. ve Altınok, Y., 1981. Türkiye ve Çevresinin Tarihsel Deprem Kataloğu (2100 B.C.–1900 A.D.). TÜBİTAK raporu, No. TBAG-341.

Sözbilir, H., Ç. Özkaymak, B. Uzel and Ö. Sümer, 2018. Criteria For Surface Rupture Microzonation Of Active Faults For Earthquake Hazards In Urban Areas, Handbook Of Research On Trends And Digital Advances In Engineering Geology(187 - 230), ISBN: ISBN9781522527091: Igi Global, Kitap.

Tan, O., Tapırdamaz, M.C. ve Yörük, A., 2008. The Earthquakes Catalogues for Turkey. Turkish Journal of Earth Science, 17, 405–418. 105 s



## Kuruluş Yeri Açısından Diyarbakır Kentinin Sitüasyonu ve Jeoloji- Jeomorfoloji İlişkileri

*Situation of Diyarbakır in Terms of Location The City and Relationship with  
Geological-Geomorphological Context*

**Sabri Karadoğan**

*Dicle Üniversitesi, Ziya Gökalp Eğitim Fakültesi, Coğrafya Anabilim Dalı, Diyarbakır  
(skaradogan@dicle.edu.tr)*

**Öz:** Yerleşmeler gelişimini, büyüklüğünü ve fonksiyonel özelliklerini önemli ölçüde coğrafi konumlarına ve yakın çevrelerindeki doğal şartlara borçludur. Bunların en önemlisi kuşkusuz jeolojik ve jeomorfolojik özelliklerdir.

Diyarbakır kenti de varlığını çevresindeki elverişli doğal çevre unsurlarına bağlı, tarih boyunca ve günümüzde de sürekli büyüme ve gelişme gösteren yerleşmelerden biridir. Diyarbakır kentinin kuruluş yerinde etkili olan en önemli doğal öğeler kalkan şekilli Karacadağ volkan konisi ve bazalt platosu ile Dicle Nehri'dir. Kent, deniz seviyesinden ortalama yükseltisi 650 m, Dicle Vadisi'nden nisbi yükseltisi ise 160 m kadar olan, Karacadağ'dan Dicle Nehri'ne doğru uzanan hafif eğimli geniş yapısal bir bazalt platonun doğu kenarında kurulmuştur. Kentin üzerinde kurulduğu bazalt platosu, sismik risk, zemin özellikleri ve yer altı suyu akiferleri açısından elverişli koşullar sunmaktadır. Yine platonun Dicle Nehri tarafından kesilen dik bazalt kayalıkları savunma açısından savunmaya elverişli bir mekan oluşumunu kolaylaştırmış, bazalt kayacı da aynı amaçla yapılmış surlar ve konutlar için uygun malzemeyi oluşturmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Diyarbakır kenti, Sitüasyon, Jeoloji, jeomorfoloji, Karacadağ, Dicle Nehri.

**Abstract:** Large settlements owe their progress, size and functional characteristics to their geographic location and natural context in their immediate surroundings. Most important of these are geological and geomorphological features.

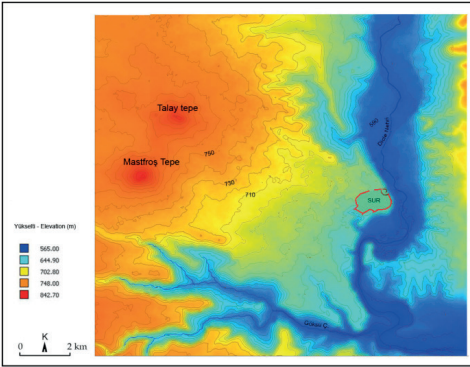
Diyarbakır too is one of the settlements which have expanded and developed in history and today, due to appropriate natural elements and conditions surrounding it. Natural elements which had been effective in the location of situated were the shield shaped Karacadağ volcanic cone, basalt formation and its plateau and The River Tigris. The city had been situated on the eastern side of a basalt plateau with a mild inclination and with a wide form, which expands from Karacadağ towards the river Tigris, whose average elevation from the sea is 650 m, and elevation from the river 160 m. the basalt plateau on which the city had been established has provided appropriate conditions in terms of seismicity, soil conditions and underground water aquifers. Again the steep basalt rock formations of the plateau which are interrupted by the river of Tigris have provided a fortified space in terms of defense. Also the basalt rocks have provided the suitable material for the construction of the fortifications which have been built for the same purpose.

**Keywords:** Diyarbakir City, Situation, Geology, Geomorphology, Karacadag, Dicle (Tigris) River.



## GİRİŞ

Yeryüzündeki önemli yerleşmeler ile çevrelerinin doğal çevre özellikleri arasında sıkı ilişkiler söz konusudur. Yeryüzündeki büyük ve önemli yerleşmelerin gelişimleri büyük ölçüde coğrafi konumlarına ve doğal şartlara bağlıdır. Yükselti, iklim, yer şekilleri, bakı, toprak, hidrografiya gibi doğal ortam özelliklerinin birinin veya birkaçının yerleşme yeri seçiminde ön plana çıktığı görülür. Kuruluş yeri isabetli seçilen yerleşim merkezleri bölgelerinin çekim merkezi olmakta ve hızlı bir gelişim seyri göstermektedir. Diyarbakır kenti de varlığını çevresindeki elverişli doğal çevre unsurlarına bağlı, tarih boyunca ve günümüzde de sürekli büyüme ve gelişme gösteren yerleşmelerden biridir (Şekil 1).



Şekil 1. Eski Diyarbakır kentinin lokasyonu ve yakın çevresinin topoğrafya haritası.

Diyarbakır kentinin kuruluş yerinde etkili olan en önemli doğal öğeler kalkan şekilli Karacadağ volkan konisi ve bazalt platosu ile Dicle Nehri ve vadisidir.

## KARACADAĞ VOLKAN KONİSİ VE BAZALT PLATOSU

Diyarbakır havzasındaki volkanik faaliyetler, genç tektonik hareketlerle ilgili olarak ortaya çıkmıştır. Tektonik aktivitelere bağlı olarak sübsidans havzalarındaki kırıklardan çıkan çok akıcı bazalt lavları Pliosen tortullarını

örtmüştür. Karacadağ volkanizmasına ait ilk bazaltik çıkış, muhtemelen Vallakien fazı esnasında meydana gelmiş (Ardos, 1992), bu devreden itibaren de çıkışlar ara ara devam etmiştir.

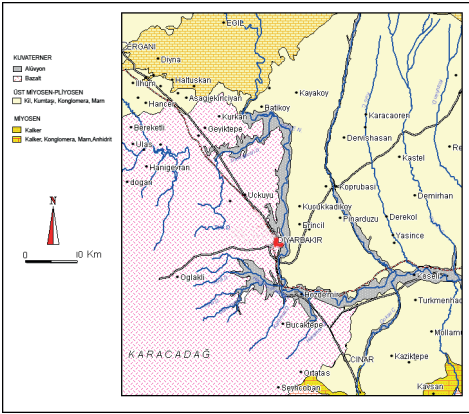
Neotektonik dönemde, sıkışma tektonik rejimine bağlı olarak K-G doğrultulu açılma çatlakları ve bu çatlaklardan çıkan yaygın volkanitler (Şaroğlu ve Güner, 1981; Şaroğlu ve Yılmaz, 1984, 1986 ve 1987) ile faaliyet gösteren volkanizmanın, kıta-kıta çarpışması ile meydana gelen bir sıkışma ortamında oluştuğu ileri sürülmekte ve literatürde çarpışma volkanitleri (collision volcanics) olarak tanımlanan (Savcı, 1980; Toke ve diğ., 1988; Gülen, 1988) grup içinde yer almaktadır.

Haksal (1981)'e göre Karacadağ volkanizması Üst Miyosen'de başlayarak yakın dönemlere kadar en az üç fazda etkin olmuş ve çok geniş bir alana yayılmıştır. İlk evre ile yüzeye çıkan akıcı bazaltik lavlar ilksel topoğrafyayı örtmüştür. İkinci evre ile Karacadağ'ın esas kütlesi oluşmuş ve ilk evreye ilişkin plato bazaltlar üzerinde bazaltik lav akıntıları yer almıştır. Üçüncü evre bazik lavları ise, daha az yer kaplamakta olup, dağınık, birbirleriyle ilişkisi olmayan püskürmeler meydana gelmiştir. Yılmaz'a(1981) göre, Karacadağ volkanizması, Güneydoğu Anadolu'da Alt-Miyosendeki en son kıta-kıta çarpışmasını izleyen kuvvet dengelenimine bağlı olarak Arap plakası üzerinde gelişen impaktojen türde riftleşme ürünü olarak meydana gelmiştir. Karacadağ bazaltları K-G yönlü kırık sistemlerinden manto yükselimi ile oluşmuş tipik bir bazalt platosu örneğidir. Bu nedenle kimyasal özellikleri, diğer volkanitlerden farklıdır ve manto kökene daha yakın olup, kabuksal bulaşma daha azdır (Ercan vd. 1990).

Sözer'e (1984) göre Karacadağ (en yüksek zirvesi 1919 m) esas itibariyle büyük bir lav kalkanından ibarettir. Yalçınlar'a göre, ge-

nişliği, 80 km ve uzunluğu da 120 km olan bu kütle, Hawaii tipi bir volkanizmanın Pliyosen'de faaliyete geçmesiyle meydana gelmiştir. Bu volkan kütlelerinin zirveden çevresel kısımlara doğru eğimi çok az olup ortalama 2° kadardır. Akıntı yönleri Diyarbakır, Viranşehir-Derik, Hilvan olmak üzere üç ayrı yönde uzanmaktadır. Ancak Diyarbakır kentinin üzerinde kurulduğu bazalt platosunu oluşturan akıntılar kentin kuzeybatısındaki *Mastfros Tepe* ve *Talay Tepe* parazit konilerinden çıkmıştır. Kütlelerin ilk şeklini koruduğu söylenebilir. Buna bakarak Karacadağ volkanik kütlelerinin, bir ağız veya kraterden çıkan lavlarla değil, farklı ağızlarından çıkan ve belirli yönlerde yayılan lavlarla meydana geldiği kabul edilebilir (Sözer, 1984).

Diyarbakır kentini üzerinde kurulduğu, Dicle Nehri'ne dayanan ve bu nehir tarafından kesilen bazalt akıntıları özel bir topoğrafya oluşturmuştur (Şekil:2).



Şekil 2. Diyarbakır kenti ve Yakın Çevresinin Jeoloji Haritası.

Eski kentin kurulduğu alanda bazalt kütlelerinin killi depolar üzerine gelmesi ve Dicle nehrinin aşındırıcı etkileriyle yamaç gerilemesi sonucu dik kornişler meydana gelmiştir. Dicle Nehri tarafından kesilen dik bazalt kayalıkları savunma açısından savunmaya elverişli bir mekan oluşumunu kolaylaştırmış,

bazalt kayacı da aynı amaçla yapılmış surlar, konutlar ve diğer mimari yapılar için uygun malzemeyi oluşturmuştur.

Karacadağ bazalt kütlelerinin kent yerleşimine sağladığı avantajlardan biri de yeraltı suyu potansiyelidir. Diyarbakır ve çevresinde yeraltı suyu yönünden verimli iki akifer bulunmaktadır. (Parlak ve Barç, 2009). Dolayısıyla eski kent yerleşimi için önemli olan akifer Bazalt akiferidir.

Diyarbakır kentinin üzerinde kurulduğu Bazalt plato doğrudan doğruya yağışların yeraltına sızması ile beslenir. Karacadağ'ın çevresine göre daha bol yağış alması bazalt akiferin beslenmesinde önemli etkidir. Bazaltlarda derine inip bir rezervuarda birikme olanağı bulunmayan yağış suları yerüstünden veya yer altından topoğrafik eğime uygun olarak hızlı akışa geçer (Tümür, 2002). Genel olarak bazaltlarda suyun hareket yönü Karacadağ'dan Diyarbakır'a doğrudur.

Bazaltlar oldukça sert bir yapıda olup üst kesimleri daha çatlaklı ve kırıklı, aşağılara inildikçe daha masif bir yapı sunmaktadırlar.

Genellikle kil, kumtaşı, konglomera tabakalı Şelmo formasyonu üzerinde geniş yayılım sunan bazaltlar da eklemli ve kırıklı olmaları nedeniyle çok iyi bir akifer özelliğindedir. Farklı püskürme fazları nedeniyle faz aralarında 1-5 m kalınlığında kırmızı renkli kil mevcuttur. Derinlere doğru gidildikçe değişen litolojik özellikleri, yer yer bazalt tuf ve cürufalarının ve çatlaklar boyunca gelişen ayrışma killerinin (dolayısıyla farklı düzeylerdeki yeraltı suyunu tutucu yapıların) varlığı nedeniyle sular, bu akiferde topoğrafyanın uygun olduğu yerlerde kaynaklar halinde yüzeye çıkmaktadır. .

Diyarbakır ve çevresinde yeraltı suyu seviyesinin topoğrafya ile kesişmesi sonucunda önemli kaynaklar oluşmuş ve bu kaynaklar kuruluşundan beri kentin içme suyu ihtiya-

cını karşılamıştır. Bunlar, Gözeli Kaynağı, Anzele Kaynağı, Alıpınar Kaynağı ile İçkale Kaynağıdır. Kaynakların ortalama debileri şöyledir: Gözeli Kaynağı : 250 l/s, Anzele Kaynağı : 90 l/s, Alıpınar Kaynağı : 45 l/s, İçkale Kaynağı : 80 l/s (Parlak ve Barç, 2009).

Serap Gözeli Köyü civarındaki kaynaklar buna örnektir. Bu kaynakların kaptajı yapılarak, ve sondajlarla geliştirilerek, Diyarbakır Şehrinin içme suyu ihtiyacını karşılamak için kullanılmaktadır. Şehirdeki İçkale suyu ve Anzele suyu bazaltlardan çıkan sulardır.

Karacadağ Bazaltik kütlelerinin Diyarbakır yerleşmesi açısından sunduğu bir başka avantaj sismik açıdan litolojik zemin özellikleridir. Nitekim Diyarbakır kenti yakın ve uzak çevresinde bölgenin tektoniğinde önemli yeri olan ve tarih boyunca deprem üretmiş tektonik hatlar mevcuttur. Dolayısıyla Diyarbakır çevresi sismik aktivitesi yüksek bir kuşakta bulunmaktadır.

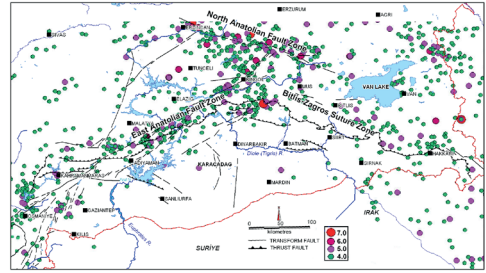
Türkiye doğudan batıya doğru 4 provence ayıran Şengör(1980), Doğu provensinin halen tektonik bakımdan kuvvetli aktif bölgeyi meydana getirdiğini belirtmektedir.

Türkiye'nin ilk tektonik yapılarından olan Güneydoğu Anadolu bindirme kuşağı havzanın kuzeyini sınırlamaktadır. Bu bindirme günümüzde de devam etmekte, yer yer 20 km kadar güneye ilerlemiştir.

Güneydoğu Anadolu bindirmesiyle birlikte Türkiye'nin güneydoğusunda aynı tektonik hatlara uygun ters bindirme ve doğrultu atımlı faylar yanında, tektonik yapıları dikine kesen doğrultu ve düşey atımlı faylar da oluşmuştur (Doğu Anadolu Fay Zonu, Adıyaman ve Bozova Fayları, Ölü Deniz Fayı(ÖDFZ), Lice Fay Zonu, Kalecik Fayı, Raman fayı, Garzan Fayı, Malatya Fayı, Karakoçan fay zonu). Adıyaman fayında olduğu gibi bazı fay hatlarının Plio-Kuvaterner, hatta Pleistosen sekilerini bile kesmeleri tektonizmanın

oldukça genç ve faal olduğunu göstermektedir (Karadoğan, Yıldırım,2010).

Bölgede yakın geçmişte olduğu gibi tarih ve tarih öncesi dönemlerde de yıkıcı depremlerin meydana gelmiş ve yerleşmeleri etkilemiştir. Ancak Diyarbakır kentinin kuruluş yeri oldukça farklı bir özellik gösterir ve haritaya bakıldığında kentin kuruluş yerinin çevredeki sismik aktiviteden çok az etkilendiği bir lokasyona karşılık gelmektedir. Bu alan kuşkusuz kalkan şeklindeki Karacadağ bazalt kütlelerinin yayıldığı alanı kapsamaktadır (Şekil:3).



Şekil:3. Aletsel Dönemde Güneydoğu Anadolu ve çevresinde meydana gelen depremlerin dağılışı ve Diyarbakır kentinin lokasyonu.

## DİCLE NEHRİ VE VADİSİ

Diyarbakır kentinin kuruluş yerinde etkili olan diğer önemli bir doğal faktör kentin doğu ve güneyini sınırlandıran Dicle Nehri ve vadisidir.

Dicle Nehri, Fırat nehri ile birlikte, bölgenin en önemli akarsuyudur.

Dicle Nehri çevresi sürekli bir yaşam alanı olmuştur. Son yıllarda bölgede yapılan arkeolojik kazı ve araştırmalara bakıldığında, bölgede Paleolitik Dönem'den günümüze dek devam eden bir yerleşme sürekliliği gözlenmektedir.

Dicle nehri bölge topraklarına hayat veren bir sulama suyu olmasının yanında ulaşım ko-



nusunda da önemli bir fonksiyon üstlenmiştir. Zira Güneydoğu Toroslar, ve Diyarbakır havzası, tarih boyunca birçok bakımdan Mezopotamya'yı besleyen, hammadde sağlayan bir bölge olmuştur. Bu bölgede yetişen, yetiştirilen birçok maddeyi taşımak için insanlar daima bu büyük suyunu kullanmışlardır. Diyarbakır'dan Basra körfezine kadar uzanan bu doğal su yolu tarihin her döneminde az ya da çok önemli olmuş ve kullanılmıştır (Akan, 1974).

Dicle Nehri kent civarında özgün Fluvio-topoğrafik ve doğal peyzaj koşulları sunar (Gömük menderesler, Örgülü drenaj, Kum adaları, Çarpak ve Yığınaklar, Taraçalar, Leveler, Krevas depoları).

Geniş ölçekte bakıldığında Dicle nehri mecrası gömük bir menderes özelliği gösterir. Dicle nehri vadi tabanında çoğunlukla menderes kuşakları oluşmakta ve akış sistemine özgü jeomorfolojik aşınım ve birikim yapıları ortaya çıkmaktadır.

Tüm Diyarbakır havzasında olduğu gibi Diyarbakır kenti civarında da Dicle nehri akımın rejimi ve şiddeti, topoğrafik eğim ve taşınan malzemenin özelliğine bağlı olarak yer yer örgülü akış özellikleri göstermekte, yer yer tipik taşkın ovalarının drenaj şekli olan menderes kuşakları çizmekte, kimi yerde ise çizgisel akış göstererek yatağına gömülmektedir.

Kent civarında Dicle Nehri vadisinin enine profili asimetriktrik. Bunun nedeni her iki yamaçta farklı litolojilerin bulunmasıdır. Diyarbakır kentinin üzerinde kurulduğu bazaltlar Dicle Nehrinin batı yamaçlarının daha dik bir eğime sahip olmasına neden olmuştur. Buna karşılık görsel ve karasal Pliosen çökellerinden oluşan doğu yamaçları daha fazla geriletmiş, yatıklaştırılmış, dolayısıyla bu yamaçların eğim değeri düşüktür. vadinin doğu yamacındaki taraçalar daha belirgin olup gö-

rünümelerini nisbeten korumuşlardır.

## SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Diyarbakır kentinin kuruluş yerinde etkili olan en önemli doğal öğeler kalkan şekilli Karacadağ volkan konisi ve bazalt platosu ile Dicle Nehri'dir. Kent, deniz seviyesinden ortalama yükseltisi 650 m, Dicle Vadisi'nden nisbi yükseltisi ise 160 m kadar olan, Karacadağ'dan Dicle (Tigris) Nehri'ne doğru uzanan hafif eğimli geniş yapısal bir bazalt platonun doğu kenarında kurulmuştur. Kentin üzerinde kurulduğu bazalt platosu, sismik risk, zemin özellikleri ve yer altı suyu akiferleri açısından elverişli koşullar sunmuştur. Yine platonun Dicle Nehri tarafından kesilen dik bazalt kayalıkları savunma açısından savunmaya elverişli bir mekan oluşumunu kolaylaştırmış, bazalt kayacı da aynı amaçla yapılmış surlar ve kent mimarisi için uygun malzemeyi oluşturmuştur.

Kentin kuruluş yerinde etkili olan diğer bir doğal unsur Dicle Nehri'dir. Nehir kent civarının kullanım suyu ve taşımacılık faktörünün yanı sıra oluşturduğu alüvyal geniş tabanlı vadisiyle hem kentin sebze ve meyve ihtiyacını karşılamış, hem de görsel ve rekreatif açıdan önemli bir doğal peyzaj alanı oluşturmuştur. Ancak Nehir kent civarında aktif jeomorfolojik şekillendirici bir faktördür. Gömük menderesli vadisi içinde zaman zaman örgülü drenaj karakteri göstermiş olan nehir bugün için olgunlaşan bir menderesli akış düzeni içindedir. Dolayısıyla vadi bugün için Taşkın ve taban seviyesi ovalarına özgün şekiller oluşmuştur (menderesler, kopmuş menderesler, menderes taraçaları, leveler, burun seti depoları, krevas depoları vs.)

Vadi ve çevresinde doğal şartlara bağlı olarak ortaya çıkan/çıkabilecek riskler, taşkın, erozyon ve kütle hareketleridir (Kaya düşmeleri, heyelan) Eski kentin konumu, plan ve yapı malzemesi, litoloji, yakın çevrenin alüvyal ve

fluviyal jeomorfolojisi, kısacası yerleşme ve doğal ortamı bütünlük bir sistem gibidir.

Karacadağ'ın topoğrafik-jeolojik ve litolojik özellikleri ile Dicle Nehri'nin sunduğu Fluviyo-topoğrafik ve doğal peyzaj koşulları yanında diğer coğrafi konum avantajları da (Coğrafi konum, ulaşım, iklim, toprak vs.) Diyarbakır kentinin sitüasyonunda ve yerleşmenin sürekliliğinde etkili olmuş, kent tarih boyunca büyüyerek bölgesinin bir çekim merkezi olmuştur.

### KAYNAKLAR

AKKAN, E., 1974. Türkiye'de akarsulardan Yararlanma (Cumhuriyet'in 50. yıldönümünü Anma Kitabı). Ankara Üniversitesi. DTCF yayını, 236.

ARDOS, M., 1992. Türkiye'de Kuvaterner Jeomorfolojisi. İstanbul Üniversitesi, Edebiyat. Fakültesi Yayını, İstanbul, 3737.

ERCAN, T. ve diğ., 1991. Karacadağ volkaniklerinin jeolojisi ve petrolojisi. Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, 6, 118 -134.

ERCAN, T., FUJITANI T., MATSUDA J., NOTSU K., TOKEL S., UI, T., 1990. Doğu ve Güneydoğu Anadolu Neojen-Kuvaterner Volkanitlerine İlişkin Yeni Jeokimyasal, Radyometrik ve İzotopik Verilerin Yorumu. MTA Dergisi, 110, 143-164.

GÜLEN, L., 1988. Van Gölü Civarı Çarpışma Zonu Volkanizması; Bir İzotop Jeokimya Çalışması. Hacettepe Üniversitesinde Yerbilimlerinin 20.Yılı Sempozyumu Bildiri Özleri Kitabı, 53.

HAKSAL, A., 1981. Petrographie und Geochemie des Schildvulkans Karacadağ. Hamburg Üniv. Almanya, Doktora tezi, (yayımlanmamış).

PARLAK A. C., BARÇ D., 2009. Diyarbakır Yer Altı Suyu Potansiyeli ve Niteliği. TM-MOB Diyarbakır Kent Sempozyumu, 24-26 Nisan 2009, Diyarbakır.

SAVCI, G., 1980. Doğu Anadolu Volkanizmasının Neotektonik Önemi. Yeryuvarı ve İnsan,

5/3- 4, 46-49.

SÖZER, A.N., 1984. Güneydoğu Anadolu'nun Doğal Çevre Şartlarına Coğrafi Bir Bakış. Ege Coğrafya Dergisi, 2, 8-30.

ŞAROĞLU, F., GÜNER, Y., 1981. Doğu Anadolu'nun Jeomorfolojik Gelişimine Etki Eden Ögeler; Jeomorfoloji, Tektonik, Volkanizma İlişkileri. Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, 24/2, 39-50.

ŞAROĞLU, F., YILMAZ, Y., 1984. Doğu Anadolu'nun Neotektoniği ve İlgili Magmatizması. Türkiye Jeoloji Kurumu Ketin Sempozyumu Bildiriler Kitabı, 149-162.

ŞAROĞLU, F., YILMAZ, Y., 1986. Doğu Anadolu'da neotektoniğin jeolojik gelişime başlıca etkileri. Türkiye Jeoloji Kurultayı 1986 Bildiri Özleri Kitabı, 5.

ŞAROĞLU, F., YILMAZ, Y., 1987. Doğu Anadolu'da neotektonik dönemdeki jeolojik evrim ve havza modelleri. MTA Dergisi, 107, 73-94.

ŞENGÖR, A. M. C., 1980. Türkiye'nin Neotektoniğinin Esasları. Türkiye Jeoloji Kurumu Konferanslar Serisi Yay., No: 2, 40.

Tokel S, Ercan T, Akbaşlı A, Yıldırım T, Fişekçi A, Selvi Y, Ölmez M, Can B., 1988. Neogene tholeiitic province of central Anatolia: implication for magma genesis and post-collision lithospheric dynamics. Tokay Symposium, METU Pure and applied sciences, 21:461-477

TÜMÜR, Ş., 2002. Diyarbakır Kenti Yer Altı İçmesuyu Potansiyeli ve Kalitesinin Belirlenmesi. Dicle Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi (yayımlanmamış).

YILDIRIM, A., KARADOĞAN, S., 2010. Güneydoğu Anadolu'nun Jeo-Tektoniği ve Depremliliği. Çantay Yay., İstanbul, 100.

Yılmaz, Y., 1981, Rift, Alakojen, impaktojen ve Türkiye'den örnekler, Türkiye Jeoloji Kurumu, Konferans Dizisi, 17, 52.



## Sillyon Antik Kent Alanındaki (Antalya) Kütle Hareketlerine Neden Olan Faktörlerin İncelenmesi

*Investigation of Factors Affected Slope Failures in Sillyon Antique City Area (Antalya)*

**Halil Kumsar<sup>1</sup>, Murat Taşkiran<sup>2</sup>, Kouki Horiuchi<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>*Pamukkale Üniversitesi Müh. Fak. Jeoloji Müh. Bölümü, Denizli*

<sup>2</sup>*Pamukkale Üniversitesi Fen ve Edebiyat Fak. Arkeoloji Bölümü, Denizli*

<sup>3</sup>*Department of Civil Eng. University of Ryukyus, Okinawa, Japan*

*(kumsarh@gmail.com)*

**Öz:** Antalya ilinin Serik ilçesinde yer alan Sillyon antik kentinin kuruluşu M.Ö. 3. yy'la kadar gitmektedir. Kent deniz seviyesinden 233m yükseklikte kenarları aşınmış erime boşluklu ve çatlaklı kireçtaşından oluşan Gebiz formasyonu üzerinde bir tepelik alana kuruludur. Kireçtaşı biriminin taban kesiminde kalınlığı 40cm ile 60cm arasında değişen karbonatlı kumtaşı ara seviyeleri yer alır. Kireçtaşının altında uyumsuz olarak yer alan kumtaşı, silttaşı kiltaşından oluşan Karpuzçay formasyonunun aşınması sonucu, tepelik alanın kenarlarında dik yamaçlar oluşmuştur. Kireçtaşı içerisinde biriken yağış ve yeraltı sularının kireçtaşı birimi içindeki kumtaşı ara seviyelerinden derinlere doğru süzülmesi sonucu kumtaşı ara seviyeleri aşınmış ve bozunmaya uğramış, antik kentin alanının kenarlarında gerilme çatlakları, devrilme ve düşmeler meydana gelmiştir. Bölgenin deprenselliğinin de etkisiyle Sillyon antik kentinin gelişimini olumsuz yönde etkilemiştir. Bu çalışma kapsamında Sillyon antik kentinde meydana gelen kütle hareketlerinin nedenleri ve oluşum mekanizmaları incelenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Sillyon antik kenti, kaya düşmesi, kaya devrilmesi, duraysızlık

**Abstract:** The establishment of Sillyon antique city, located in the district of Serik of Antalya city, goes back to BC 3. Century. The antique city was founded on a karstic, porous and jointed limestone of Gebiz formation 233m above the sea level. Limestone rocks contains carbonated sandstone interlayers whose thickness change between 40cm and 60cm near to the base of the limestone. Steep slopes were formed besides the limestone hill due to degradation and erosion of sandstone, siltstone and calystone deposits of Karpuzçay formation located at the base of the limestone. Rainwater and groundwater, stored within the limestone, infiltrated through the sandstone interlayers to the deeper parts. This caused the sandstone levels to degrade, soften, loose its strength and finally erode. As a result, tension cracks, toppling and rock falls occurred at the outer parts of the hill. These slope instabilities and earthquake activity in the region negatively affected the development of the Sillyon antique city through the history.

**Keywords:** Sillyon antique city, rock fall, rock toppling, instability

## GİRİŞ

Antalya Ovası'na hâkim genişçe bir plato üzerinde kurulan Silyon antik kenti Antalya'nın Serik ilçesi sınırları içinde yer alır (Şekil 1a) ve Perge ile Aspendos antik kentleri arasındadır. Silyon M.Ö. 3. y.y. da kendi adını taşıyan bronz ve kısa bir süre sonra da gümüş sikkelere basmaya başlamıştır. Kentteki Helenistik, Roma, Bizans ve Selçuklu çağlarından kalan harabeler ve surlar şehrin askeri kimliğini uzun süre koruduğunu göstermektedir.

Silyon antik kentinin bulunduğu kayalık tepenin güney ucunda tiyatronun kalıntıları yer alır. Lanckoronski'nin (2005) seyahat notlarında 1884'te devlet tarafından çok iyi korunduğunu belirttiği Silyon tiyatrosu ve onun hemen yanındaki odeon 1969'daki toprak kaymasında tepeden aşağı göçmüş ve geriye sadece Caeva'nın seyircilerin oturduğu 11 sıra basamağının sağlam kaldığı belirtilmiştir.

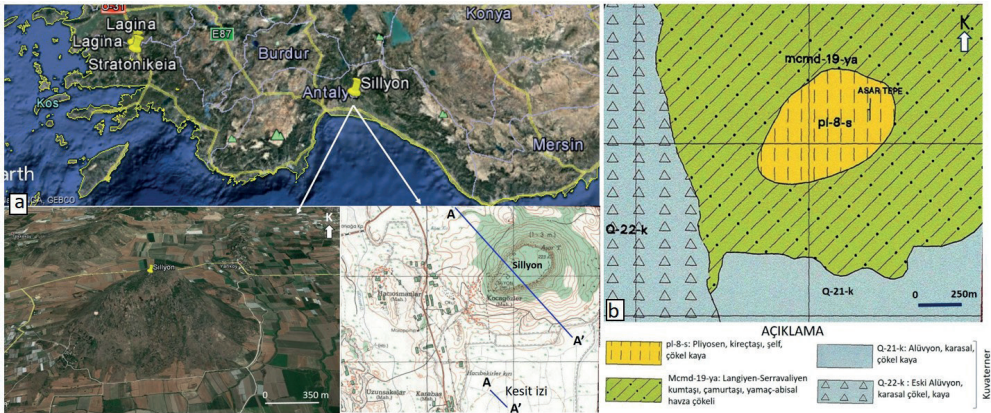
Bu çalışma, Silyon antik kent alanının güneydoğu ve kuzeybatı yamaçlarında meydana gelen kaya düşmesi ve devrilmelerinin oluşum nedenlerini, antik kent alanının yüzeyinde yer alan kırık ve çatlakların jeolojik, jeoteknik ve mühendislik jeolojisi açısından incelenmesini içermektedir.

## ÇALIŞAM ALANININ JEOLJİSİ

Antalya'nın Serik ilçesinde yer alan Silyon antik kenti ve yakın çevresinde MTA tarafından yapılan ve Şenel (1997) tarafından hazırlanan inceleme raporuna göre altta orta Miyosen (Langiyen-Serravalien) yaşlı kumtaşı, kiltası ve siltaşından oluşan Karpuzçay Formasyonu, Silyon antik kentinin üzerinde yer aldığı Pliyosen yaşlı resifal kireçtaşından oluşan Gebiz formasyonu (Poisson,1977), Kuvaterner yaşlı polijenik konglomeralardan oluşan Belkis formasyonu (Blumental, 1951) ve alüvyon birimi yer alır (Şekil 1b).

## SILLYON ANTİK KENT ALANINDAKİ KÜTLE HAREKETLERİ VE NEDENLERİ

Silyon antik kentinin güneydoğu ve kuzeybatı yamaçlarında genişliği 1m'den fazla ve derinliği 15m'ye kadar ölçülebilen açılma çatlakları, çok sayıda kaya devrilme ve düşmeleri mevcuttur. Güneybatı yamacında meydana gelen kütle hareketleri kuzeybatı yamacına göre daha genç olup, kaya devrilmesi ve düşmeleri günümüzde de devam etmektedir (Şekil 2a).



Şekil 1. a) Silyon antik kent alanının uydu görüntüsü ve topoğrafik haritası, b) Silyon antik kenti ve yakın çevresinin jeoloji haritası (Şenel, 1997).



Silyon antik kentinin kurulu olduğu tepenin güney doğu ve kuzeybatı yamaçlarında yapılan saha incelemelerinde kireçtaşı biriminin karbonatlı kumtaşı seviyeleri içerdiği ve bu seviyelerin kalınlığının 0.4m ile 0.6m arasında değiştiği, genelde yatay ve yataya yakın bir eğimde olduğu ve ayrıca kireçtaşı birimi içinden süzülen yeraltı sularının etkisiyle ayrıştığı ve bozunmaya ve erozyona uğradığı, bu nedenle de kireçtaşlarının askıda kaldığı belirlenmiştir (Şekil 2b).

Yağışın fazla olduğu kış mevsimlerinde ki-

reçtaşı içerisinde biriken yeraltı sularının hacmi artacağından, buna bağlı olarak karbonatlı kumtaşı seviyelerinde bozunma ve aşınmalar da artmıştır. Üstteki kireçtaşı bloklarında çatlamlar, sonrasında düşme ve devrilmeler meydana gelmiş, antik kentin tepedeki alanı daralmıştır.

Antik kentin kuzeybatı yamacındaki düşme ve derilmeler daha eski olup çatlak açıklıkları ve derinlikleri güneydoğu yamacına göre daha fazladır (Şekil 2c ve d).



Şekil 3. a) Antik kentin GD yamacında meydana gelmiş devrilmeler ve açılma çatlığı, b) kireçtaşı içinde yer alan karbonatlı bozunmuş kumtaşı seviyesinin görünümü, c) antik kentin KB kenarında birbirini kesen açılma çatlakları, d) 1.2m'lik düşey yerdeğiştirme, e) KB yamacı tabanında genişliği 0.8m –1.8m arasında değişen çatlakın görünümü.

Bu alanda çatlak açıklıkları 0.4m – 1.3m arasında değişmekte ve düşey yerdeğiştirme 1.2m'ye kadar çıkmaktadır. Yamaç topoğunda çatlak açıklığının antik kent yüzeyinden daha büyük olduğu ve 1.8m'ye kadar genişlediği gözlenmiştir (Şekil 2e).

Antik kentte yapılan yerinde çalışmalarda hala su akışının olduğu antik dönem çeşme yapısı mevcuttur ve çeşmeden akan su kireçtaşı içerisinde depolanmış olan yeraltı suyudur.

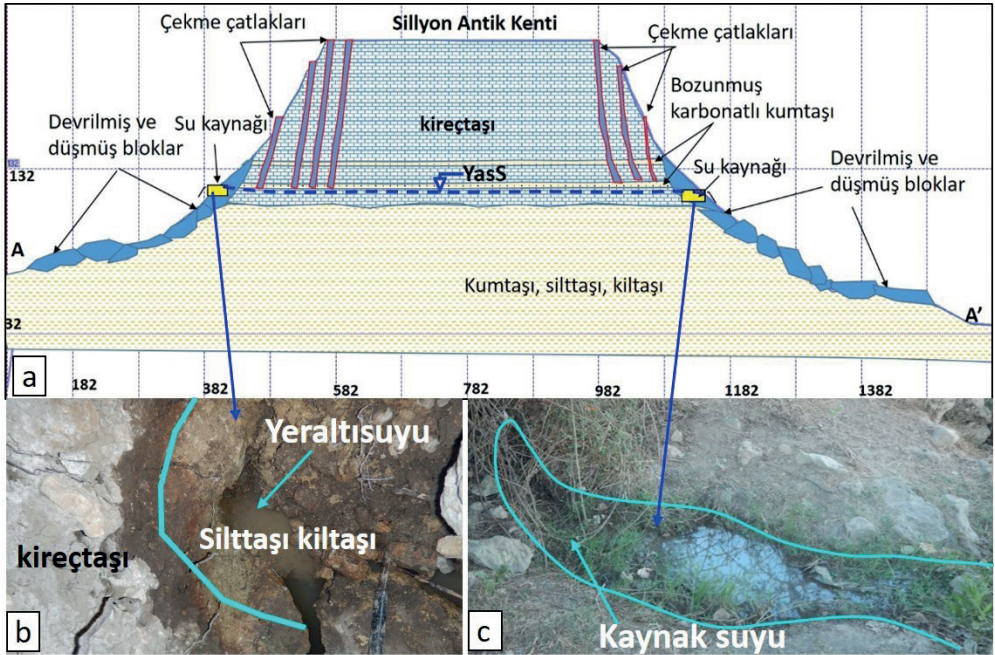
Sillyon antik kent alanının kuzeybatı yamacının eteklerinde yapılan arazi çalışmaları sırasında define arayıcılar tarafından kazılmış olan bir çukura rastlanılmıştır. Çukurun kesiti yerinde incelendiğinde, yüzeyden itibaren 2.04m kalınlıkta yamaç molozu ve bunun altında tabanda sarımsı bej renkli killi

siltli Karpuzçay formasyonuna rastlanmıştır. Bu birimin üst yüzeyinde 108m topoğrafik kotunda gözlenen yeraltısuyu, formasyonun yumuşamasına ve dayanımının azalmasına neden olmuştur (Şekil 3b). Antik kentin GD yamacın tabanında 107m topoğrafik kotunda kaynak suyu çıkışı mevcuttur (Şekil 3c).

Birinci yazar tarafından yazılan SLOPAC programında kullanılarak Şekil 1a'da verilen topoğrafik haritadaki A-A' doğrultusunda alınan kesit üzerinde Sillyon antik kentindeki kaya devrilmesi ve düşmelerinin mekanizması Şekil 3a'da verilmiştir.

## SONUÇLAR

Sillyon antik kent alanı geçirimli ve bol çatlaklı kireçtaşı birimi üzerinde kurulmuştur. Kireçtaşı biriminin altında yer alan Karpuz-



Şekil 11. a) Sillyon antik kentindeki kütle hareketlerinin oluşum mekanizması, b) KB yamacı eteğinde açılmış define arama çukurundaki yeraltısu seviyesi, c) GD yamacı tabanındaki kaynak suyu çıkışı.

çay formasyonu kıltaşı ve siltaşından oluştuğu için geçirimsiz olup kireçtaşı birimi içinde biriken yeraltı sularının alttaki geçirimsiz seviyesini oluşturmaktadır.

Kireçtaşı birimi içinde taban seviyelerinde yeralan karbonatlı kumtaşı ara seviyelerinin yeraltısuyu etkisiyle ileri derecede bozunması, aşınması ve üzerindeki örtü yükünü taşıma direncinin azalması sonucu askıda kalan kireçtaşı biriminde açılma çatlakları gelişmiş ve yamaçlardaki kireçtaşlarında devrilme ve düşmeler meydana gelmiştir. Bu kütle hareketlerinin ilerlemesinde bölgede meydana gelen yıkıcı depremlerin de etkisi büyüktür.

### **KATKI BELİRTME**

Bu çalışma Pamukkale Üniversitesi BAP Biriminin Sillyon ve Çevresi Yüzey Araştırması Projesi - Proje No: 2018KRM007 tarafından desteklenmiştir.

### **KAYNAKLAR**

Blumental, M., 1951. Recherces geologiques dans le Taurides occidental dans l'arrierepays d'Alanya: MTA Seri D, No. 5, Ankara

Lanckoronski, K., 2005. Pamphylia ve Pisidia Kentleri. Pamphylia. (Çev. S. Bulgurlu), İstanbul. (Orijinal basım:1890). 2005.

Poisson, A. 1977. Recherches geologique les Taurides occidentales (Turquie). These. Univ. Paris-Sud. Orsay, 795p.

Şenel, 1997. 1/100 000 Ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları No:8 Antalya - L11 Paftası, MTA Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etütleri Dairesi, Ankara, 18 s.



## Kentsel Alanlarda Yeraltı Kazılarında Kaynaklanan Oturma Sorunu: Esenler-İkitelli Metro Hattı Örneği

### *Underground Excavation Induced Settlement Problem in Urban Areas: a Case Study in Esenler-Ikitelli Subway Line*

Savaş Demir<sup>1</sup>, Yılmaz Mahmutoğlu<sup>2</sup>

<sup>1</sup>DS-Mersa Proje Uluslararası Müh.Müş.Ltd.Şti-İstanbul

<sup>2</sup>İstanbul Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü- İstanbul  
(disa27@gmail.com)

**Öz:** Bu çalışmada Esenler-İkitelli arasındaki paralel ve asenkron sürülen ikiz tünel kazıları sırasında zeminde oluşan örselenmenin yüzey oturmalarına etkisi değerlendirilmiştir. İkiz tüneller biri diğerinin önünde ilerleyen 6,50 m çapındaki arazi basıncı dengeleme (EPB) yönteminde dayalı tünel açma makineleri (TBM) ile Miyosen yaşlı Güngören Formasyonu içerisinde açılmıştır. Hat üzerinde tesis edilmiş izleme noktalarında periyodik olarak okunan düşey yer değiştirmeler Gauss fonksiyonu yardımıyla değerlendirilmiş, aynı kesitler için sonlu elemanlar yöntemi ile yapılan nümerik analizlerden elde edilen sonuçlarla karşılaştırılmıştır. Modellenen kritik kesitte birinci tüpün geçişi sırasında maksimum oturma 13 mm ve arkadan gelen ikinci tüpün aynı noktadan geçişi sırasında ise örselenmeden dolayı maksimum oturma 30 mm'ye ulaşmıştır. Zemin İçsel sürtünme açısı ile oturma teknesinin genişliğini veren k parametresi arasında iyi bir ilişki (R<sup>2</sup>= 0,99) belirlenmiş olup mekanize tünel kazısının yapıldığı Güngören Formasyonu için k parametresinin 1-tan ile ilişkilendirilebileceği görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** İkiz tüneller, oturma, örselenme

**Abstract:** In this study, the effect of soil disturbance on the surface settlement formed during the excavation of parallel and asynchronous twin tunnels between Esenler and İkitelli was evaluated. The twin tunnels were opened in Miocene aged Güngören Formation with EPB-TBMs of 6.50 m diameter running in front of one another. Vertical displacements periodically read at the monitoring points established on the line were evaluated with the help of Gauss function and compared with the results obtained from the numerical analyzes made by the finite element method for the same sections. In the modeled critical section driving of the first tube resulted in a settlement of 13 mm and due to the soil disturbance during driving first tube, this value reached 30 mm after the second tube had passed through the same point. A good correlation (R<sup>2</sup> = 0.99) was determined between the internal friction angle and the k parameter which gives the width of the settlement. It was seen that the k parameter for the Güngören Formation, where the tunnel excavation was performed, could be associated with 1-tan.

**Keywords:** Twin tunnels, settlement, disturbance



## GİRİŞ

Ülkemizde, çarpık kentleşmenin devam ettiği anakentlerde, hızlı nüfus artışı ve plansız arazi kullanımı, başta ulaşım olmak üzere birçok sorunlara neden olmuştur. Giderek kıtlaşan ve pahalılaştan kentsel alanlarda, mevcut kentsel dokunun korunması ve sürdürülmesi zorlaşmıştır. Bu iki nedenden dolayı, son 30 yılda, büyük kentlerdeki mekânsal ihtiyaçlar yerin altının önemi ortaya çıkarmıştır. Başta ulaşımın rahatlatılması ve yeni mekanların geliştirilmesi amacıyla, kentsel alanlarda yatayda genişleme, yerini düşeyde büyümeye terk etmiştir. Sonuçta, yeni ulaşım hatlarının yer altında tasarlanması zorunlu hale gelmiştir. Bu amaçta, kent dokusu ve büyüme stratejisi göz önünde tutularak yeraltı ulaşım hatları (metro) planlanmış ve projelendirilmiştir. İstanbul'da günümüze kadar 170 km uzunlukta metro hattının inşaatı tamamlanmış olup, 2023 yılı sonu itibariyle bitirilmiş toplam hat uzunluğunun yaklaşık 625 km olacağı öngörülmektedir.

Kentsel alandaki, bina, kritik altyapı, sanayi tesisleri ve diğer yaşam alanlarının yoğunluğu dikkate alındığında, İstanbul'da, yeraltı kazılarının güvenli şartlar altında sürdürülmesi zorunludur. Ancak, zayıf (zemin) veya sağlam (kaya) niteliğindeki jeolojik ortamlarda sürdürülen sığ yeraltı kazılarının üstyapılarla farklı düzeyde etkileşmesi kaçınılmazdır. Uygulama sırasında karşılaşılan etkileşimin üstyapılarda hasar düzeyine erişmesinde, kazı ortamı sınır koşullarının etkili olduğunu göstermektedir. Özellikle, zayıf jeolojik ortamlarda sürdürülen kazılarda ortaya çıkan etkileşim, en gelişmiş kazı-destek sistemi ve teknolojisi (EPBM) kullanılmasına rağmen engellenememektedir. Bu tür uygulamanın jeolojik ortamda neden olduğu örselenmenin hasar yapıcı etkisi (oturma) yüzeye farklı düzeyde ulaşmaktadır. Proje maliyetlerini önemli düzeyde etkileyen hasarlar yönetilse bile, jeolojik ortamdaki örselenme giderile-

memektedir. Sığ derinlikte ve zayıf zeminlerde sürülen tünellerde deformasyonlar hızla yüzeye ulaşarak oturma-göçüklere sebep olabilmektedir. Mahmutoğlu (2011), ikiz tünel kazılarının örselenmeden dolayı etkileşim alanının arttığını, k (zemin parametresi) değerinin de kumlu katı killerde 0,82-0,86 mertebelerine ulaştığını vurgulamıştır. Aynı ortam yinelenmeli zorlanmalar altında zorlanmanın sayı ve süresine bağlı olarak farklı dayanım parametreleri kazanır (Vardar 2016).

Bildiride, İstanbul Metro'sunun Esenler-İkitelli arasında inşaatı tamamlanan hatta örtü basıncı dengeleme yöntemini (EPB) esas alan tünel açma makinaları yardımıyla açılan ikiz tünel kazıları sırasında oluşan yüzey oturmaları değerlendirilmiştir.

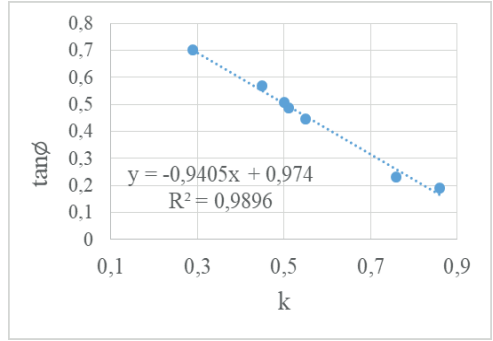
## Tünel Açım Yöntemi ve Sürüldüğü Jeolojik Ortam

Çalışmada Esenler-İkitelli arasındaki paralel ve asenkron sürülen ikiz tünel kazıları sırasında zeminde oluşan örselenmenin yüzey oturmalarına etkisi değerlendirilmiştir. İkiz tüneller biri diğerinin önünde ilerleyen 6,50 m çapındaki EPB-TBM'ler ile Miyosen yaşlı Güngören Formasyonu içerisinde açılmıştır. Sağ tüp, sol tüpün önünde 50-70 m arasında değişen mesafede ilerletilmesi planlanmış, minimum 50 metre mesafenin korunmasına gayret gösterilmiştir. Tünel merkezleri arası mesafe hat boyunca 14-15 m'dir. İncelenen hattın fizibilite etüdü sürecinde araştırma verilerine göre üstte Miyosen yaşlı Bakırköy Formasyonu (Arıç 1951) ve altta tünel alt kotuna kadar grimsi yeşil renkli, kum mercekli, kum ve silt ara seviyeli ve üste doğru marn arakatlı sert kilden oluşan Miyosen yaşlı Güngören Formasyonu'na ait birimler bulunmaktadır. Kazılar 25 ile 41 m arasında değişen derinliklerde olup, yeraltı su seviyesinin altında sürülmüştür.

## Yüzey Oturmaları

Hat üzerinde tesis edilmiş izleme noktalarında periyodik olarak okunan düşey yer değiştirmeler Gauss fonksiyonu yardımıyla değerlendirilmiştir. Esenler, Tavukçudere ve Karadeniz Sokak bölgelerinde analiz edilen tünel en kesitlerinde 1. Tüpün geçişi sırasında gerçekleşen oturmalar ile ikinci tüpün geçişi sırasında gerçekleşen oturmalar karşılaştırılmıştır. Örtü kalınlığı, litoloji, yeraltı suyu, kazı çapı gibi etkilerin yanı sıra tüplerin sürülme biçiminin (asenkron veya senkron) oturma miktarları üzerinde etkili olduğu tespit edilmiştir.

Modellenen kesitlerde ikinci tüpün sürülmesi sırasında daha yüksek oturmalar ile karşılaşılması ve oturma etki alanının genişlemesi ortamın birinci tüpün geçişi sırasında örselenmiş olduğunu göstermiştir. Tünel en kesitleri üzerinde bulunan ölçüm noktaları dikkate alınarak çizilen oturma teknesinin enine formları oluşturulmuş ve oturma-tünel eksenine yatay mesafe ilişkisini gösteren ve normal dağılım eğrisini en iyi tanımlayan eşitlikler tanımlanmıştır. Oturma teknesi dönüm noktasını tanımlamakta kullanılan jeomekanik parametre (k) parametresi sürüldüğü katı kil ve kum birimleri için belirlenmiştir. Katı killerde k parametresi birinci tüp için 0,51-0,55 aralığında ve Arkadan gelen ikinci tüp için 0,76-0,86 aralığında hesaplanmıştır. Kum seviyesi içerisinde sürülen birinci tüp için k parametresi 0,3 ve arakadan gelen ikinci tüp için 0,5 olarak bulunmuştur. İkiz tünel kazılarında örselenmeden dolayı etkileşim alanının arttığı sonucuna varılmıştır. Zemin içsel sürtünme açısı ile oturma çanağının genişliğini veren jeomekanik parametre (k) arasındaki ilişkiyi belirlemek için yapılan değerlendirmede ise, içsel sürtünme açısı ile k parametresi arasında iyi bir korelasyonun ( $R^2= 0,99$ ) olduğu belirlenmiş, benzer şekilde mekanize tünel kazılarında, Güngören Formasyonu için k parametresinin 1-tan ile belirlenebileceği görülmüştür (Şekil 1)

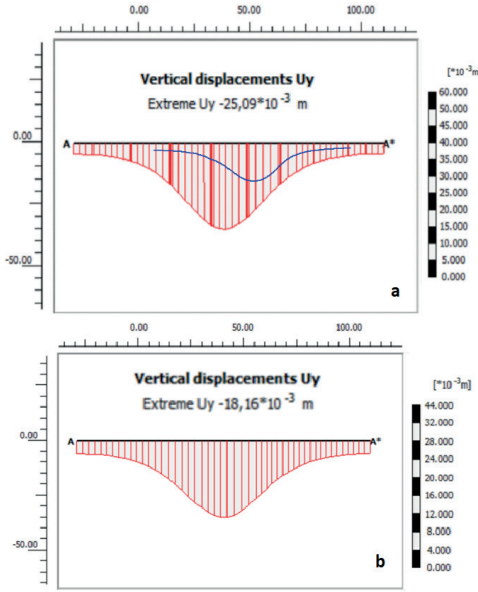


Şekil 1. İçsel Sürtünme açısı ile k parametresi korelasyonu

Karadeniz Sokak bölgesinde, tünel eksenine dik olarak tesis edilen izleme kesiti (Km:9+777) üzerinde birinci tüpün geçişi sırasında maksimum oturma 13 mm ve arkadan gelen 12 gün sonra aynı noktadan geçen ikinci tüpün oluşturduğu maksimum oturma 30 mm olarak ölçülmüştür. Tasman dönüm noktasını tanımlamakta kullanılan jeomekanik parametre (k) kum birimi içerisinde sürülen birinci tüp için 0,29 olarak belirlenmiştir. O'Reilly ve New (1982), k değerini kum için 0,28 olarak önermiştir. Aynı birim içerisinde sürülen ve arkadan gelen ikinci tüp aynı noktadan geçtikten sonra bu değer yükselerek 0,50 mertebesine ulaştığı belirlenmiştir. İkinci tüp üzerinde daha yüksek oturma ile karşılaşılması ve oturma etki alanının artması, ortamın birinci tüpün geçişi sırasında örselenmiş olduğunu göstermektedir. İkiz tünellerin yüzeyde oluşturduğu oturmaların kum seviyelerinin olduğu bölgede iki kat arttığı tespit edilmiş olup, Miyosen çökellerinin su içeren kum-killi kum ortamları tünel kazıları sırasında su geliri nedeni ile kritik kesimler olduğu anlaşılmıştır.

Aynı kesitler için Plaxis sonlu elemanlar programı kullanılarak yapılan nümerik analizlerden elde edilen sonuçlar ile ölçülen sonuçlar karşılaştırılmıştır. İncelenen kesitte (Km: 9+777) 3 boyutlu analiz sonucunda

önde ilerletilen sağ tüp üzerinde oturma 11,35 mm ve arkadan gelen 12 gün sonra aynı noktadan geçen ikinci tüpün neden olduğu oturma miktarı 24,83 mm olarak hesaplanmıştır (Şekil 2).



Şekil 2. a- asenkron ilerleme b- senkron ilerleme durumunda gelişen oturmalar)

İkinci tüpün geçişi sırasında oturma çanağının genişlediği ve maksimum oturmanın ikinci tüp üzerinde gerçekleştiği görülmüştür.

Hesaplanan oturma miktarları ile ölçülen oturma miktarları birbirine yakın olup, benzer projelerin fikir ve planlama aşamalarında oturmaların öngörülmesi ve proje önlemlerine yön verilmesi açısından önemlidir. Ayrıca tüplerin eş zamanlı (senkron) olarak sürülmesi durumunda oturmanın 18,16 mm olacağı ve maksimum oturmanın iki tüpün ortasında oluşacağı hesaplanmıştır.

## SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Zemin içsel sürtünme açısı ile oturma çana-

ğının genişliğini veren jeomekanik parametre (k) arasındaki ilişkiyi belirlemek için yapılan değerlendirmede, içsel sürtünme açısı ile k parametresi arasında iyi bir korelasyonun ( $R^2= 0,99$ ) olduğu belirlenmiş, benzer şekildedeki mekanize tünel kazılarında, Güngören Formasyonu için k parametresinin 1-tan ile belirlenebileceği görülmüştür.

## KAYNAKLAR

Arıç, C. 1955. Haliç ve Küçükçekmece Gölü Bölgesinin Jeolojisi, Doktora Tezi, İ.T.Ü Maden Fakültesi, İstanbul.

Brinkgreve, R.B.J. & Vermeer, P.A. 2001. PLAXIS-Finite Element Code for Soil and Rock Analysis. Plaxis 3D-Tunnel Manuals,

Mahmutoğlu, Y. 2011. Surface subsidence induced by twin subway tunneling in soft ground conditions in Istanbul. *Bull Eng Geol Environ*, Springer.

Mair, R.J. & Taylor, R.N. 1997. Theme lecture: Bored tunnelling in the urban environment. *Proceedings of the 14th Int. Conf. on Soil Mech. and Found. Eng.*, Hamburg, pp.2353-2385.

O'Reilly, M.P. & New, B.M. 1982. Settlements above tunnels in the United Kingdom their magnitude and prediction, *Proc. of Tunneling '82 Symposium*, London, pp. 173-181.

Peck, R.B. 1969. Deep excavations and tunnelling in soft ground. In *Seventh International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering*, State-of-the-Art Volume, Mexico, pp. 225-290.

Vardar, M. 2016. Türkiye'de dünden bugüne tünelcilik ve yeraltı yapıları. *1. Ulusal tünelcilik ve yeraltı yapıları kongresi*, Ankara.

**KIYI, GÖL VE DENİZ JEOLJİSİ / COASTAL, LACUSTRINE AND MARINE GEOLOGY**

Erol SARI - Derman DONDURUR - Kadir Kürşat ERİŞ

Pierre HENRY - Mustafa AVCIOĞLU

---

***Sözlü Sunumlar/Oral Presentations***

***TAM METİN BİLDİRİLER/***

***PROCEEDINGS***





## Sakarya Kanyonu'nun Morfolojisi ve Güncel Sediment Dağılımı: Sismik Verilerden İksel Sonuçlar

*Morphology and Recent Sediment Classification along the Sakarya Canyon: Preliminary Results from Seismic Datasets*

**Ashlıhan Nasif, Faik Erdeniz Özel, Derman Dondurur**

*Dokuz Eylül Üniversitesi, Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Enstitüsü, Haydar Aliyev Bulvarı,  
No:100 35340 İzmir*

*(aslihan.nasif@deu.edu.tr)*

**Öz:** Kıtasal marjinler gravitasyonel akımlar ve çok büyük denizaltı kaymalarını da içeren, sıg suların derin sulara doğru ilerleyen büyük ölçekli sediment taşınımı ile ifade edilmektedir. Bu alanlar karasal, pelajik veya yarı pelajik gibi farklı sediment tiplerinden oluşmaktadır. Bu farklı türdeki sedimentin taşınımında rol oynayan yapıların en önemlisi denizaltı kanyonlarıdır. Karadeniz'in güneybatısında yer alan kıtasal marjinin jeolojik anlamdaki mevcut durumuna en büyük etkiyi gösteren yapı, Sakarya nehrinin çıkışında yer alan Sakarya denizaltı kanyonudur.

Tübitak destekli 1001 projesi (Proje kodu: 108Y110) kapsamında, Sakarya Kanyonu üzerinde 2010 ve 2012 yıllarında, yaklaşık 1400 km uzunluğunda çok kanallı sismik yansıma, 1475 km uzunluğunda 3.5 KHz Chirp mühendislik sismığı verisi ve 3200 km<sup>2</sup>'lik çok ışınlı batimetri verisi toplanmıştır. Veriler uygun veri işlem adımlarından geçirildikten sonra kanyonun geçirdiği erozyonel süreçler ve güncel sedimentin depolanma süreçleri hakkında yorumlanmıştır.

Marjinin sedimanter ve erozyonel yapısı tamamen Sakarya Kanyonu tarafından kontrol edilmektedir. Kanyon, Karasu açıklarında kıyasal alanda 3 farklı kanyon başına sahiptir. Bunlardan en doğuda bulunan ve menderes çizen kanyon başının karayla bağlantısı olduğu gözlemlenmiştir. Orta ve doğu kanyon başları 640 m, batıdaki kanyon başı ise 860 m derinlikte ana kanyonla birleşir. Sakarya ana Kanyonu şelf alanından başlayarak 2000 m derinliklere uzanır. 1460 m derinliklerde daha batıda uzanan Kefken Kanyonu ile birleşerek Sakarya Kanyonu'nun uzak kısımlarını oluşturur. Her iki kanyon GB-KD uzanımlı yaklaşık 200 m yüksekliğindeki Kefken Sırtı ile birbirinden ayrılmaktadır. Sismik ve batimetrik veri kullanılarak güncel sedimanter süreçler, birikimsel (%51) ve erozyonel (%49) işlemler olarak sınıflandırılmıştır. Birikimsel işlemler karasal, pelajik ve türbiditik sedimentler ile sediment dalgalarından oluşur. Erozyonel işlemler ise küçük kanallar, kaymalar, erozyonel aşınmalar, GB şelfteki bir yüzlek alanı ve gravitasyonel akımları içerir. Erozyonel aşınmalar tüm şelf kırığı civarında, Kefken Sırtı'nda ve Sakarya Kanyonu'nun menderes çizdiği kısımlarda gözlenir. Türbiditik birikimler kanyon eksenlerinin uzak kısımlarında, sediment dalgaları ise çalışma alanının KB kısmında gözlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Sakarya Kanyonu, sediment erozyonu, sediment sınıflama, sismik veri

**Abstract:** Continental margins are considered as the regions of large-scale sediment transportations from shallow shelf to abyssal plain in the form of gravitational flows (including turbidity and debris flows) and massive submarine landslides. These areas also contain different ty-

pes of sediments such as terrigenous, pelagic or hemi-pelagic sediments. Submarine canyons, one of the important geological structures, play an important role by the means of the sediment transportation. Sakarya Canyon located at the outlet of the Sakarya River has a great effect on the current geological situation of the southwestern Black Sea continental margin.

1400 km of multichannel seismic reflection, 1475 km of 3.5 KHz Chirp subbottom profiler and 3200 km<sup>2</sup> of multibeam bathymetric dataset have been collected along the Sakarya Canyon, via a specific research project funded by Turkish Scientific and Research Council-Tübitak (Project code: 108Y110) in 2010 and 2012. The datasets have been interpreted by means of erosional and recent depositional processes of the study area following the appropriate processing flows.

The erosional and sedimentary structure of the margin are completely controlled by Sakarya Canyon. The canyon has 3 different canyon heads around Karasu offshore. We observed that the easternmost canyon head which shows strong meandering, has a connection with land. Middle head merges with the eastern one at 640 m water depths to form the proximal parts of the main Sakarya Canyon, and then western head joins this main channel at 860 m water depths. The Sakarya main Canyon extends from shelf area to 2000 m depth water. After coalescing with the Kefken Canyon located at the further West, it forms distal parts of the main Sakarya Canyon. 200 m high Kefken Ridge which extends from SW to NE direction separates the both Sakarya and Kefken Canyons at 1460 m water depths. Recent sedimentary processes are classified as depositional (51%) and erosional (49%) by using seismic and bathymetric data. While depositional processes include terrigenous, pelagic and turbiditic sediments as well as sediment waves, erosional processes consist of gullies, slumps, erosional truncations, gravitational flows and outcrop area located at the SW shelf area. Erosional truncations are observed along the whole shelf break, at the Kefken Ridge and in areas where the Sakarya Canyon shows meandering. Turbiditic depositions are observed at the distal parts of the canyon axes while sediment waves exist at the NW of the study area.

**Keywords:** Sakarya Canyon, sediment erosion, sediment classification, seismic data

## GİRİŞ

Kıtasaal marjinler, gravitasyonel akımlarla büyük denizaltı kaymalarının etkisiyle, sıg şelften abisal düzlüğe doğru olan büyük ölçekli sediment taşınım bölgeleri olarak ifade edilebilen alanlardır. Bu alanlar aynı zamanda karasaal, türbiditik veya pelajik/yarı-pelajik sedimentler olarak farklı türdeki sediment içeriğinden oluşabilir.

Akustik fasiyes analizi, yüksek çözünürlüklü sismik kayıtlarda deniz tabanı çökellerinin akustik tepkileri kullanılarak yapılabilir ve eko-karakter analizi olarak bilinir. Bu analiz, deniz tabanı morfolojisini, güncel sediment bi-

rikimini ve erozyonel süreçleri ve bu süreçlerin dağılımını haritalamak için etkili bir şekilde kullanılmaktadır. (Hernández-Molina et al., 2008; Mouchot et al., 2010; Loncke et al., 2009).

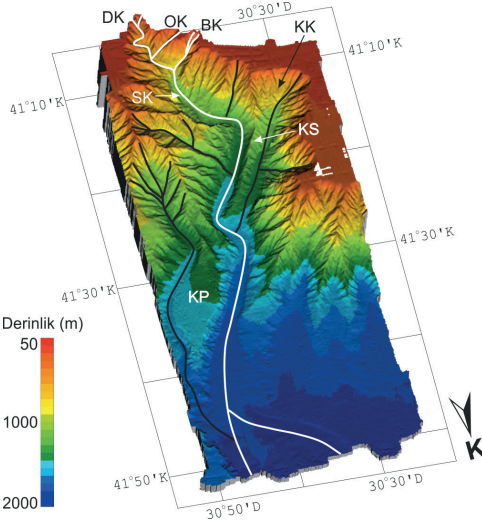
Bu çalışma farklı deniz jeofiziği verilerini kullanarak Batı Karadeniz kıtasaal marjinde yer alan Sakarya Kanyonu'nun morfolojisini, güncel sediment depolanmasını ve erozyonel süreçlerini ortaya koymayı hedeflemektedir. Çalışmada farklı tipteki eko-sınıflamaları, güncel sediment depolanması ve dağılımı, gravitasyonel ve erozyonel süreçler araştırılmış ve haritalanmıştır (Nasıf et al., under review).



## KITASAL MARJİNİN MORFOLOJİSİ

Batı Karadeniz'in batimetrik haritası bütün marjinin görece dar şelf yapısına, dik kıtasal yamaçlara, düşük eğimli kıtasal yükseltilere ve yine oldukça düşük eğimli bir abisal düzlüğe sahip olduğunu göstermektedir. Bölgede görülen en belirgin morfolojik yapı, derin sularda kuzeye ve kuzeybatıya uzanan iki kola sahip olan ve sığ şelften 2000 m su derinliğine kadar uzanan GGB-KKD uzanım- lı Sakarya Kanyonu'dur (Şekil 1).

Batimetrik veri, güney şelfe doğru Sakarya Kanyonu'nun Doğu, Orta ve Batı olmak üzere tüm şelf kırığını aşındırmış 3 farklı başa sahip olduğunu işaret etmektedir. Orta kanyon başı Doğu kanyon başı ile Sakarya Kanyonu'nun ilerleyen kısımlarında yaklaşık 640 m derinliklerde birleşir ve batı kanyon başı diğer iki-sine yaklaşık 860 m su derinliğinde katılır.



Şekil 1. Sakarya Kanyonu'nun batimetrisi. DK: Doğu kol, OK: Orta kol, BK: Batı kol, SK: Sakarya Kanyonu, KK: Keken Kanyonu, KS: Kefken Sırtı, KP: Kuzey platformu.

## ECHO TYPE SINIFLANDIRMASI

3.5 kHz Chirp mühendislik sismliği verilerinde görünen yansıma tipleri, taban yansımalarına, şekillerine, geometrilerine, devamlılıklarına ve karakterlerine göre 5 farklı grupta sınıflandırılmıştır. Tanımlanan eko-tipleri

I – Sınırlı veya hiç penetrasyonsuz

II – Hiperbolik yansımalar

III– Paralel aralanmış ekolar

IV– Düzensiz-ondüle yansımalar

V – Devamlılığı olmayan yansımalar

Şelf, morfolojik ve sedimantolojik yapısı bakımından batı, doğu ve güney şelf alanları olarak üç alana bölünmüştür. Şelf alanı batı ve doğuda gelişmiş olmasına rağmen, Sakarya Kanyonu şelfi oyararak yok ettiğinden güney alan boyunca yeterince gelişmemiştir. Doğu şelfte, ince bir Holosen sediment birikimi, son buzul maksimum (LGM) sırasında oluşan açısız bir uyumsuzluk yüzeyi ile daha yaşlı ve daha dik birimlerden oluşan daha derinlerdeki erozyonel tabakalardan ayrılmaktadır.

Çalışma alanı birbiriyle bağlantılı birçok kanyon sisteminden oluşmaktadır ve bu kanyon sistemleri Güney kısımlarında 'V' şekilli kesit gösterirken uzak kısımlarda 'U' şekilli kesitlere sahiptirler. Kanyon tabanları Chirp verisinde oldukça sınırlı veya hiç penetrasyonsuz bir şekilde görülmektedir.

Ana kanyona bağlanan, özellikle orta ve üst yamaçlardaki kanyon duvarları boyunca değişen boyutlarda geniş çaplı kanalet (gully) yapıları mevcuttur. Kanaletler, Chirp verisinde düşük genlikli devamlı yansımalara sahip difraksiyon hiperbollerini olarak ayırt edilir. Transparan- yarı transparan bir içsel fasiyes- ten oluşur ve Chirp verilerinde neredeyse hiç



penetrasyon göstermezler. Çok kanallı sismik veri, kanaletlerin kanatlarında erozyonel aşınmalar olduğunu göstermektedir.

Akustik veriler, yaklaşık 510 km<sup>2</sup>'lik bir alanı kaplayan, yamaç eğiminin 2 ile 3° olduğu 1800-2000 m su derinliklerinde yer alan, çalışma alanının daha çok KB kısmında bulunan sediment dalgalarına işaret etmektedir. Sediment dalgalarının dalga boyları tipik olarak 120-515 m arasında ve dalga boyları 6-55 m arasında değişmektedir.

Çalışma alanında Chirp ve sismik verilerinde farklı erozyonel aşınmalar görülmektedir. Çalışma alanında erozyonel aşınmalar üç gruba ayrılmıştır (i) Şelf kırığı boyunca aşınmalar, (ii) kanyon duvarları boyunca aşınmalar ve (iii) heyelan yapılarının kayma uçurumu üzerindeki aşınmalar. Derin sularda aşınmalar türbidite akıntılarının erozyonel etkisinden dolayı oluşurlar ve bu aynı zamanda kanyon tabanındaki sedimentlerin erozyonunda da etkilidir.

Sismik ve batimetrik veriler, marjin boyunca geniş çaplı bir heyelan varlığının olmadığını göstermektedir. Üç küçük çaplı heyelan, bölgedeki sismik verilerden görülebilmektedir: en büyüğü Sakarya Kanyonu'nun uzak kısmında, kuzey platformunun batı sınırında yer almaktadır. Birçok açılma çatlağı, geniş çaplı içsel deformasyonu işaret etmektedir ve bunlar küçük atımlı yarı-paralel normal faylarla, olasılıkla kayma sırasında oluşan basamak şekilli süreksizlik geometrisi meydana getirmiştir.

Deniz tabanı gradyanının görece yüksek olduğu üst ve orta kıtasal yamaçta, Chirp ve çok kanallı sismik verilerinde yerçekimi etkisine bağlı olarak yaygın küçük çaplı kütle kaymaları görülmektedir. Bu yapılar Chirp verilerinde uzun mercekle şeklindeki kütleler veya düzensiz üst yüzeyleri olan düşük genlikli zayıf şeffaf hiperboller olarak görünür.

Bu transparan veya yarı transparan yapılar, şelf kırığının hemen ilerisinde erozyonel yüzeyler oluştururlar ve şelf kırığı haricinde, kayma uçurumu izi bırakmadan en-echelon şeklinde pozitif tümsekli bir topografya meydana getirirler.

## SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Çalışma alanında öne çıkan en belirgin unsur Sakarya Kanyonu ve onun en uzun kolu olan Kefken Kanyonu'dur. Sakarya Kanyonu güney şelfte 3 farklı kanyon başına sahiptir ve bunlar kıtasal şelfi geniş ölçüde kazmışlardır. Chirp verisine göre sadece en doğuda kanyon başının karayla bağlantısı mevcuttur.

Üst kıtasal yamaç oldukça diktir. Kanyonlar türbidite akıntıları anlamında oldukça aktiftir. Hem kanyon duvarlarında hem de tabanlarında sediment erozyonu meydana gelmektedir. Sismik veriden elde edilen bilgiye göre, bölgedeki erozyonel işlemler, çalışma alanının %49'unu kapsar ve heyelanlar, erozyonel aşınmalar, gravitasyonel akımlar, kanaletler ve mostralardan meydana gelir. Geri kalan %51'lik kısım ise birikimsel süreçleri ifade eder ve türbiditler, pelajik/yarı pelajik sedimentler, sediment dalgaları ve şelf sedimentlerinden oluşur.

## KATKI BELİRTME

R/V K. Piri Reis gemisi kaptan ve mürettebatına veri toplama sırasındaki katkılarından dolayı teşekkür ederiz. Sismik veri Landmark Graphics'e ait SeisSpace Promax yazılımıyla işlenmiş ve IHS Kingdom Suite yazılımıyla analiz edilmiştir. Bu çalışma TÜBİTAK tarafından maddi olarak desteklenmiştir (Proje kodu: 108Y110).

## KAYNAKLAR

Hernández-Molina, F.J., Llave, E., Ercilla, G., Maestro, A., Medialdea, T., Ferrin, A., Sommoza, L., Gràcia, E., Masson, D.G., García,

M., Vizcaino, A. and León, R., 2008. Recent sedimentary processes in the Prestige site area (Galicia Bank, NW Iberian Margin) evidenced by high-resolution marine geophysical methods. *Marine Geology*, 249, 21–45.

Loncke, L., Droz, L., Gaullier, V., Basile, C., Patriat, M. and Roest, W., 2009. Slope instabilities from echo-character mapping along the French Guiana transform margin and Demerara abyssal plain. *Marine and Petroleum Geology*, 26, 711–723.

Mouchot, N., Loncke, L., Mahieux, G., Bourget, J., Lallemand, S., Ellouz-Zimmermann, N. and Leturmy, P., 2010. Recent sedimentary processes along the Makran trench (Makran

active margin, off Pakistan). *Marine Geology*, 271, 17–31.

Nasif, A., Özel, F.E. and Dondurur, D., under review. Morphology and Echo Facies Classification along the Sakarya Canyon, Western Black Sea Margin, *Marine Geology*, under review.



**MAGMATİZMA VE MAGMATİK SÜREÇLER  
/ MAGMATISM AND MAGMATIC PROCESSES**

Cüneyt ŞEN - Ferkan SİPAHİ - Fuat ERKÜL - Sibel TATAR ERKÜL - Martin PALMER

---

**Sözlü Sunumlar/*Oral Presentations***  

---

***TAM METİN BİLDİRİLER/  
PROCEEDINGS***





## Pınarbaşı Graniti'nin (Gediz, Kütahya) Mineralojik, Petrografik ve Jeokimyasal Özellikleri

*Mineralogical, Petrographical and Geochemical Properties of the Pınarbaşı Granite (Gediz, Kütahya)*

**Barış Semiz**

*Pamukkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Denizli  
(bsemiz@pau.edu.tr)*

**Öz:** Bu çalışma ile Batı Anadolu'da D-B doğrultulu Pliyo-Kuvaterner yaşlı Simav Grabeni ve Kuzeybatı doğrultulu Neojen yaşlı Selendi ve Uşak-Güre havzalarının kesişim noktasında yer alan Pınarbaşı granitine ait kayalar mineralojik, petrografik ve jeokimyasal özellikleri bakımından incelenmiştir. Pınarbaşı graniti, granit ve granodiyorit bileşiminden oluşmaktadır. Bu kayalar; plajiyoklaz, K-feldspat, kuvars, biyotit ve hornblend, apatit, sfen, zirkon ve manyetit minerallerinden meydana gelmektedir. Bu kayaların SiO<sub>2</sub> içeriği % 59.5 -67.8'e kadar değişmektedir. Yüksek K<sub>2</sub>O (% 3.55-4.21) ve Rb (105.5-118.6 ppm) bileşimleri ve düşük MgO içeriği (% 0.89-1.71), Co (27.2-90.1 ppm) ve Ni (14,7-41.5 ppm) içerir. Pınarbaşı graniti, sub-alkali karakter, yüksek K, kalk-alkali ve I-S tipi geçişi granitlerin özelliklerini gösterir. Kayalar yüksek duraylılık etki alanına sahip (HFSE) elementlere göre büyük iyon yarıçaplı elementler (LILE) ve hafif nadir toprak elementler (LREE)'de zenginleşme göstermektedir. Pınarbaşı graniti tektonik ayırım diyagramlarında çarpışma sonrası granit (Post-COLG) alanına düşmektedir. Kondrite normalize edilmiş REE paternlerinde Nb, Ti'nin tükenmesiyle küçük negatif Eu anomalilerine (Eu / Eu \* = 0.69-0.82) sahiptir. Pınarbaşı granitinin jeokimyasal özellikleri, alt kıtasal ve litosferik mantonun karışımı magmalardan türemiş olabileceğini göstermektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Jeokimya, Pınarbaşı graniti, petrografi, Batı Anadolu.

**Abstract:** The Pınarbaşı granite, which is located at the intersection of the E-W-trending, Plio-Quaternary Simav Graben and NE- SW-trending Neogene Selendi and Uşak-Güre basins in western Anatolia, has been investigated in terms of their mineralogical, petrographical and geochemical features in this study. It is composed of granite and granodiorite in composition. These rocks are made up by plagioclase, K-feldspar, quartz, biotite and hornblende, with accessory apatite, sphene, zircon and magnetite. Their SiO<sub>2</sub> ranges from 59.5 to 67.8 wt% and they are defined by high K<sub>2</sub>O (3.55-4.21 wt.%) and Rb (105.5-118.6 ppm) and low contents of MgO (0.89-1.71 wt.%), Co (27.2-90.1 ppm) and Ni (14,7-41,5 ppm). The Pınarbaşı granite is sub-alkaline, high-K and calc-alkaline and displays characteristics of I-S type granites. It shows enrichment in LILE and LREE relative to HFSE. The Pınarbaşı granite plots on the post-collisional (Post-COLG) field in the tectonomagmatic discrimination diagrams. Its chondrite normalized REE patterns has small negative Eu anomalies with the depletion of Nb and Ti. Geochemical characteristics of the Pınarbaşı granite indicate that they could have

derived from the magmas mixing of the lower crustal and lithospheric mantle.

**Keywords:** Geochemistry, Pınarbaşı Granite, petrography, Western Anatolia.

## GİRİŞ

Batı Anadolu magmatik provensi, çok sayıda Geç Senozoyik yaşlı çarpışma sonrası granit plütonları (örn. Kozak, Eybek, Çataldağ, Alaçam, Koyunoba, Eğrigöz, Pınarbaşı ve Baklan plütonları) ile tanımlanmaktadır (Genç ve Altunkaynak, 2007; Altunkaynak ve Genç, 2008; Aydoğan ve diğ. 2008; Akay, 2009; Hasözbeç ve diğ. 2010; Semiz vd., 2010; Erkül, 2012; Erkül vd., 2018). Gediz bölgesinde magmatik aktivite, Pınarbaşı graniti ve eş yaşlı volkanik kayaların sokulumları ile başlamıştır. Pınarbaşı graniti, Menderes Masifi'nin kuzey sınırı boyunca KB-GD doğrultulu bir magmatik kuşak boyunca oluşan küçük bir granit sokulumudur (Semiz vd., 2010).

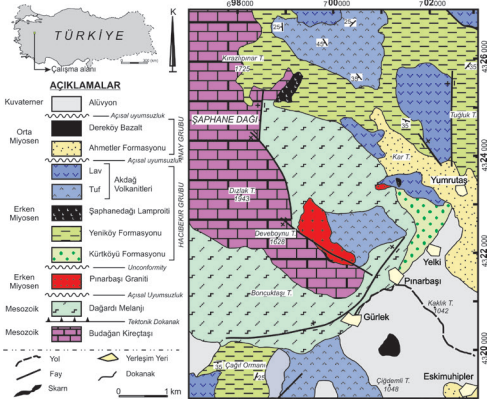
Bu çalışmada, Pınarbaşı granitinin mineralojik ve petrografik özellikleri belirlenmiş ve birimlerden tüm kaya jeokimyasal analizleri ile izotop analizleri yapılmıştır. Elde edilen veriler, Menderes Masifi'nin kuzey sınırı boyunca oluşmuş olan Oligo-Miyosen yaşlı Eğrigöz, Koyunoba, Alaçam ve Baklan granitleri ile karşılaştırılmıştır. Tüm verilerin beraber değerlendirilmesi sonucunda magma gelişimi, magmatizmanın tektonik ortamı ve kaynak alan özellikleri aydınlatılmaya çalışılmıştır.

## GENEL JEOLJİ

Çalışma alanının temelini, Menderes Masifi'ne ait metamorfik kayalar, İzmir-Ankara Zonu'na ait ofiyolitik melanj birimleri oluşturmaktadır. Neojen öncesi bu birimler Miyosen yaşlı Eğrigöz graniti tarafından kesilmektedir. Bu temel üzerinde, birbirlerinden açısız uyumsuzlukla ayrılan iki volkano-sedimenter istif bulunur. Bunlar Erken Miyosen yaşlı Hacibekir Grubu ve Orta Miyosen yaşlı İnay Grubu'dur. Her iki volkanostatigrafik

istif de farklı bileşimlerde volkanik arakatlılar içermektedir (Şekil 1).

Açık bejimsi beyaz renkte ve faneritik doku özelliğine sahip olan Pınarbaşı granitine ait bir örnek üzerinde biyotitlerden yapılan Ar-Ar radyometrik yaşlandırması sonucunda  $17.673 \pm 0.037$  ve  $17.576 \pm 0.027$  milyon yaşları elde edilmiştir.



Şekil 1. Pınarbaşı graniti jeoloji haritası (Semiz vd., 2010)

## PETROGRAFİ

Pınarbaşı granitinin petrografik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla 20 örnek üzerinde petrografik analiz gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmalara göre örnekler holokristalen hipidiyomorfik dokulu granit ve granodiyorit bileşimli kayalardan oluşmaktadır. Örnekler başlıca plajiyoklas, K-feldispat, kuvars, az miktarda da biyotit ve hornblendlerden oluşmaktadır. Aksesuar mineral olarak sfen, apatit, zirkon, epidot ve opak mineraller (manyetit ve ilmenit) gözlenmektedir.

Elektron mikroprop analizleri en önemli

mafik minerallerden olan amfibollerin sodik bileşimli olup magnezyumlu hornblend karakteri gösterdikleri belirlenmiştir. Mikalar Mg'ca zengin biyotitler olup yüksek Fe<sup>3+</sup>/(Fe<sup>2+</sup>+Fe<sup>3+</sup>) oranlarına sahiptir. Plajiyoklazlar başlıca oligoklaz ve andezin (Ab<sub>58.6-66.4</sub>) bileşimindedir. K-Feldispat (ortoklaz) örneklerinin ise Or<sub>73.33-89.71</sub> Ab<sub>12.18-25.79</sub> aralığında bir bileşim tespit edilmiştir.

Granitlerde yapılan jeotermometre ve jeobarometre hesaplamalarına göre, Pınarbaşı granitinin ortalama kristallenme sıcaklığı (673.3°C), basıncı (1.7 kbar), oksijen fugasitesi (-14.3) ve basınca bağlı olarak yerleşim derinliği ise (5.4 km) olarak hesaplanmıştır. Eğrigöz ve Alaçam granitlerinden alınan örneklerde yapılan mineral kimyası çalışmaları sonucunda granitlerin basınç ve sıcaklık değerlerinin Pınarbaşı granitinden farklılıklar gösterdiği tespit edilmiştir (Semiz vd., 2011) (Çizelge 1).

Çizelge 1. Alaçam, Eğrigöz ve Pınarbaşı granitlerinin karşılaştırması (Semiz vd., 2011)

	Yaş (My)	Basıncı (kbar)	Sıcaklık (°C)	Oksijen Fugasitesi	Derinlik (km)
Alaçam	20.0-20.3	3.2	557.8	-27.1	9.9
Eğrigöz	20.50	3.8	575.5	-24.2	11.8
Pınarbaşı	17.67	1.7	673.3	-14.3	5.4

## JEOKİMYA

P Pınarbaşı granitine ait 6 örneğin ana ve iz element analizleri yapılarak elde edilen değerleri Çizelge 2'de verilmektedir. Ayrıca jeokimyasal analizi yapılan bir örnek üzerinde Sr ve Nd izotop analizleri de gerçekleştirilmiştir.

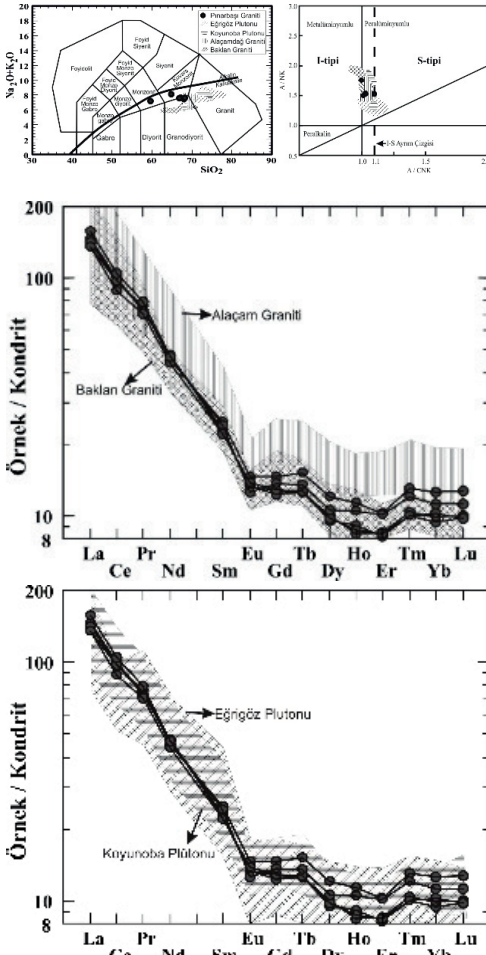
Pınarbaşı graniti SiO<sub>2</sub> içerikleri % 59.5 ile 67.9 arasında olup alüminyum doygunluk indeksi (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/(CaO+ K<sub>2</sub>O+Na<sub>2</sub>O)) 1.48-1.58 arasında değişmektedir. Middlemost (1994)'un toplam alkalilere karşı silis (TAS) diyagramında granit ve granodiyorit olarak sınıflandırılmıştır. Ayrıca, örnekler yüksek K<sub>2</sub>O

(3.55-4.21 wt%) ve Rb (105.5-118.6 ppm) bileşimleri ile düşük MgO (0.89-1.71 wt%), Co (27.2-90.1 ppm) ve Ni (14.7-41.5 ppm) içeriklerine sahiptir. Bu kayaların jeokimyasal analizleri sonucunda kalkalkali, yüksek potasik, I – S tipi geçiş karakterli granitler oldukları belirlenmiştir (Şekil 2). Kayaçlar HFSE'ye göre LILE ve LREE'de belirgin bir zenginleşme göstermektedir. İlkel mantoya normalize edilmiş örümcek diyagramlarına bakıldığında, göze çarpan ana özellikler; belirgin bir LILE zenginleşmesi ve HFSE (Nb ve Ti) belirgin negatif anomali ile NTE'lerde tüketilmelerdir. Pınarbaşı granitinin tektonik ayırım diyagramları muhtemelen çarpışma sonrası granit (Post-COLG) alanına düşmektedir.

Çizelge 2. Pınarbaşı granitine ait örneklerin major, iz ve nadir toprak elementleri

Örnek No	DB137	DB140	DB142	DB143	DB138	D955
<b>Ana Elementler (%)</b>						
SiO <sub>2</sub>	67.04	64.76	66.70	67.87	59.51	67.84
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15.45	16.43	15.68	15.51	17.21	15.21
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (I)	3.18	4.16	3.51	3.13	5.60	2.98
FeO (I)	2.86	3.75	3.16	2.82	5.05	2.68
MgO	1.02	1.27	1.13	1.12	1.71	0.89
CaO	2.73	2.98	2.86	2.19	4.17	2.12
Na <sub>2</sub> O	3.40	3.87	3.57	3.52	3.63	3.42
K <sub>2</sub> O	4.19	4.21	3.95	4.05	3.55	4.06
TiO <sub>2</sub>	0.41	0.50	0.41	0.39	0.73	0.39
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.16	0.21	0.15	0.14	0.37	0.13
MnO	0.03	0.07	0.04	0.03	0.06	0.05
LOI	2.00	1.10	1.60	1.70	3.00	2.60
<b>Toplam</b>	<b>99.58</b>	<b>99.57</b>	<b>99.61</b>	<b>99.68</b>	<b>99.55</b>	<b>99.65</b>
<b>Iz elementler (ppm)</b>						
Rb	6.8	9.1	2.9	3.1	9.1	3.8
K	110.0	118.6	105.5	116.6	110.4	106.6
Rd	34782.4	34948.5	32790.1	33620.3	29469.6	33703.3
Ba	1524.0	1654.0	1381.0	1308.0	1579.0	1433.0
Sr	400.7	435.1	405.2	372.9	711.8	323.7
Pb	13.8	49.2	32.8	16.6	8.2	14.2
Th	28.6	26.0	29.2	23.7	25.8	32.2
U	5.0	5.1	6.7	5.3	5.3	6.2
Zr	196.4	301.0	209.2	194.0	191.5	175.2
Hf	5.0	7.3	4.8	5.3	5.3	4.9
Ta	2443.2	2979.5	2443.2	2324.0	4350.1	2324.0
Tb	3.7	2.7	3.4	1.9	2.6	2.8
Y	18.6	22.4	18.5	18.7	23.9	22.6
Nb	13.6	15.3	16.6	14.0	16.4	16.1
Sc	6.0	7.0	6.0	6.0	10.0	5.0
Ni	41.5	26.6	31.2	14.7	24.6	24.4
Co	90.1	54.6	69.2	27.2	66.6	51.2
V	42.0	59.0	42.0	44.0	121.0	45.0
W	645.2	380.1	481.9	205.8	352.3	359.6
Ga	13.8	15.9	15.7	16.4	18.3	15.0
Zn	698.3	916.6	654.7	611.0	1614.9	567.4
Pb	32.0	77.0	40.0	27.0	34.0	33.0
Cu	16.2	13.0	6.4	4.1	10.7	5.5
<b>Nadir Toprak Elementleri (ppm)</b>						
La	48.20	44.30	46.90	44.80	51.40	51.60
Ce	85.10	83.50	85.00	78.00	103.00	91.00
Pr	8.24	8.49	8.18	7.89	10.83	8.92
Nd	29.90	28.50	29.90	27.40	38.30	29.60
Sm	4.52	4.11	4.33	4.48	6.71	4.86
Eu	1.03	1.12	1.02	1.06	1.57	0.97
Gd	3.52	4.04	3.39	3.57	5.11	3.75
Tb	0.59	0.71	0.59	0.60	0.80	0.63
Dy	3.27	4.11	3.43	3.35	4.28	3.64
Ho	0.64	0.79	0.59	0.61	0.80	0.73
Er	1.85	2.30	1.92	1.90	2.43	2.27
Tm	0.30	0.39	0.31	0.30	0.37	0.36
Yb	2.07	2.78	2.17	2.26	2.51	2.45
Lu	0.33	0.43	0.34	0.33	0.38	0.38
Mg#	38.86	37.69	38.94	41.48	37.69	37.17
(La/Yb) <sub>n</sub>	15.70	11.43	15.50	14.16	14.69	15.11
(La/Sm) <sub>n</sub>	6.88	5.70	6.51	6.43	4.95	6.85
Eu/Eu*	0.76	0.74	0.75	0.78	0.79	0.67
(Gd/Yb) <sub>n</sub>	14.07	12.02	12.92	13.07	16.84	12.66
<sup>87</sup> Sr/ <sup>86</sup> Sr		0.708131				
<sup>143</sup> Nd/ <sup>144</sup> Nd		0.512411				
Yaş		17.67 My				
Yaş		17.58 My				





Şekil 2. Pınarbaşı graniti jeokimyasal sınıflama diyagramları

## TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Gediz bölgesinde varlığı ilk kez Semiz ve diğ. (2010) tarafından tespit edilen, açık bejimsi, beyaz renkte ve faneritik doku özelliğine sahip granodiyorit ve granit bileşimindeki metalümino-peralümino geçişli, I-S arasında geçişli, yüksek potasyumlu kalk-alkali karakterli magmatik sokulumdur. Pınarbaşı granitinin içeriklerine göre zenginleşmiş olması, Nb

ve Ti'deki negatif anomaliler burada etkili olan bir yitim ile ilişkili ortamlarda oluştuğunu ve NTE karakteristikleri ise çarpışma ile ilişkili plütonik kayaların tipik özelliklerini göstermektedir.

Genişleme ile eş yaşlı granitoidler, bir ısı kaynağı olarak dahan litosferik dilimin geriye hareketi ile başlayan astenosferik yükselimle ilişkili jeodinamik bir modelle açıklanmaktadır. Bu yükselim, alt kıtasal ve litosferik mantonun karışımına ve ergimesine neden olmaktadır. Dilimin geriye hareketi ile başlayan açılma yüksek-K'lu, felsik magma rezervuarı içerisine mantodan türemiş mafik ergiyiklerin girmesi için yollar oluşturduklarından bahsedilmektedir (Erkül, 2010; Erkül ve Erkül, 2012; Erkül vd., 2018). Pınarbaşı granitinin de bölgedeki granitoidlerle benzer jeokimyasal özellikler gösterdikleri ve mafik anklavlar içerdikleri belirlenmiştir. Bu veriler granitlerin oluşumunun alt kıtasal kabuk ve litosferik mantonun karışımı ile ilişkili magmalarla ilişkili olabileceğini düşündürmektedir.

Pınarbaşı graniti'nin bulunduğu jeomorfolojik, jeolojik ve coğrafik konumlar da dikkate alındığında, muhtemelen genişleme tektoniğinin erken safhalarında Ege'deki granitoidlere benzer şekilde bölgeye yerleşmiş olduğu söylenebilir. Menderes Masifinin kuzey sınırı boyunca kuzeybatı-güneydoğu uzantılı olarak gözlenen Geç Senozoyik çarpışma sonrası granitik plutonları oluşturan kabuk kaynaklı magmaların bileşimsel farklılıklarının sıcaklık, basınç, oksijen fugasite değerlerindeki değişimlerden kaynaklandığı düşünülmektedir.

## KAYNAKLAR

Akay, E., 2008. Geology and petrology of the Simav Magmatic Complex (NW Anatolia) and its comparison with the Oligo-Miocene granitoids in NW Anatolia: implications on

Tertiary tectonic evolution of the region, *Int. J. Earth Sci.*, 98, 1655-1675.

Altunkaynak, Ş., Genç, Ş.C., 2008. Petrogenesis and time-progressive evolution of the Cenozoic continental volcanism in the Biga Peninsula, NW Anatolia (Turkey). *Lithos*, 102, 316-340.

Aydoğan, S., Çoban, H., Bozcu, M., Akıncı, Ö., 2008. Geochemical and mantle-like isotopic (Nd-Sr) composition of the Baklan granite from the Muratdağı Region (Banaz, Uşak), western Turkey: Implications for input of juvenile magmas in the source domains of western Anatolia Eocene-Miocene granites, *Journal of Asian Earth Science*, 33, 155-176.

Erkül, F., 2010. Tectonic significance of synextensional ductile shear zones within the Early Miocene Alaçamdağ granites, north western Turkey. *Geological Magazine*, 147-4, 611-637.

Erkül S.T., Erkül, F., 2012. Magma interaction processes in synextensional granitoids: the Tertiary Menderes Metamorphic Core Complex, Western Turkey. *Lithos* 142-143: 16-33.

Erkül, S.T., Erkül, F., Aysal, N., 2018. Evidence for Continuous Mixing of Individually Fractionated, Coeval Felsic and Mafic Magmas Forming Synextensional Plutons, the Menderes Core Complex, Western Turkey, *The Journal of Geology*, 126, 487-510.

Hasözbeğ, A., Satir, M., Erdoğan, B., Akay, E., Siebel, W., 2010a. Early Miocene post-collisional magmatism in NW Turkey: geochemical and geochronological constraints. *Int. Geol. Rev.* 1-22.

Genç, S.C., ve Altunkaynak, Ş., 2007. Eybek graniti (Biga yarımadası, KB Anadolu) üzerine: Yeni jeokimya verileri ışığında yeni bir değerlendirme. *Yerbilimleri*, 28, 75-98.

Semiz, B., Özpınar, Y., and Helvacı, C., 2010.

Geochemistry of the Pınarbaşı granite (Gediz-Kutahya-Western Anatolia), Goldschmidt Conference, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, Knoxville, Tennessee, USA, A933.

Semiz, B., Özpınar, Y., ve Billor, Z., 2011. Pınarbaşı granitinin mineral kimyası: Gediz Havzası (Kütahya-Batı Anadolu). 64. Türkiye Jeoloji Kurultayı, 25-29 Nisan 2011, Ankara, p 152-153.



## Magma Odalarının Termomekanik Modellenmesi: Doğu Anadolu'dan Bir Örnek Çalışma

*Thermomechanical Modelling of Magma Chambers: A Key Study From Eastern Turkey*

**Özgür Karaoğlu<sup>1</sup>, Özgür Bayer<sup>2</sup>, Metin Bilgehan Turgay<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Department of Geological Engineering, Eskişehir Osmangazi University, 26040 Eskişehir, Turkey*

<sup>2</sup>*Department of Mechanical Engineering, Middle East Technical University, Cankaya, Ankara, 06800, Turkey*

*(ozgur.karaoglu@ogu.edu.tr)*

**Öz:** Magma kaynak bölgesinden tüketildiği bölgeye kadar “kompartment magma odaları” şeklinde bir yerleşim ilişkisi gösterebilir. Bu kompartmentlar petrol rezervuarlarında iyi bilinmesine rağmen volkanoloji alanında henüz yeni ilgi çekmeye başlamıştır. Bu kompartmentların oluşumu, çoğunlukla episodik tektonizma etkisi altında deformasyona uğrayan litosfer boyunca düzgün olmayan gerilme dağılımına bağlıdır. Böylece, (i) stres konsantrasyonunun transfer edilmesi, (ii) farklı stres etkileşimleri ve (iii) çevre kayaç içindeki yanal ve dikey magma yayılımı gibi mekanik olaylar, çoğunlukla kabuk boyunca meydana gelen geometrik değişimlere bağlıdır.

Bir sığ magma odası genellikle derin bir magma rezervuarından beslenir. Sismik açıdan iyi çalışılmış volkanik sahalarda, bu magma odaları farklı tektonik ortamlar etkisinde litosfer içindeki yerleşimleri tespit edilmiştir. Sığ ve derin odalar magma pompalama sistemleri açısından kompartment görevi görür. Kompartmentlaşma muhtemelen magma karışımlarına da sebep olur. Magmada ortaya çıkan bileşimsel değişiklikler, bu odaların boyutlarına, derinliğine ve göreceli konumlarına bağlıdır.

Derin yerleşimlere sahip magma rezervuarları çoğunlukla alkali bazaltik eriyikler tarafından doldurulurken, sığ magma odaları, baskın olarak asidik ve ortaç bileşime sahip kalk-alkali magma bileşimine sahiptir. Magma akışkanının bileşimsel çeşitliliğine dayalı farklı sıcaklık değerlerine sahip olması (yaklaşık 900-1200 °C) magma odalarındaki bu kompartmentların ısı iletimine sebep olur. Bu çalışmada, 15 °C sabit sıcaklıkta farklı tektonik stres yükleri altında ki çevre kayaçlarda meydana gelen tüm termomekanik ve uzun süreli kabuksal deformasyon süreçleri ile birlikte litosferde 30 metrede 1 °C'de değişen termal gradyan değişimi üzerindeki etkilerini de tartışıyoruz. Magma odalarındaki eşleşmiş termal ve mekanik stres etkisini daha iyi anlamak için, dünyanın en karmaşık litosferinden biri olan Karlıova Üçlü Ekleminde (KTJ) nümerik modelleme çalışması uygulanmıştır. Bu modelleme sonuçları KTJ'yi temsil etse de, sonuçlar yeryüzündeki herhangi bir volkanik bölgeye de uygulanabilir.

**Anahtar Kelimeler:** Isı transferi, Stres, Magma odaları, Nümerik modelleme, Termal iletim

**Abstract:** From source to sink, magma may settle through “compartment magma storages”. Compartments are well known in petroleum reservoirs, but, recently having an attraction in volcanology. The formation of these compartments mostly depends on the non-uniform stress distribution through the intensely fractured lithosphere under the effect of episodic tectonics. Thereby, mechanical phenomena such as (i) transferring of the stress concentration, (ii) collaborating stress effect, and (iii) lateral and vertical magma propagation within the host rocks highly depend on the geometric variations throughout the crust.

A shallow magma chamber is generally fed by a deep magma reservoir. Magma storages in the lithosphere have been identified seismically in well-studied volcanic provinces in different tectonic settings. Shallow and deeper chambers act as compartments in terms of magma plumbing systems. Compartmentalisation probably causes magma mingling. The resulting compositional changes of the magma depends on dimensions, depth, and the relative positions of these chambers.

While deep-seated magma reservoirs are mostly filled by alkali basaltic melts, shallow magma chambers contain dominantly calc-alkaline magmas intermediate to acidic in compositions. Being different temperature values based on the compositional diversity of the magma flux (circa 900-1200 °C), compartments in magma chambers might result in heat transfer. In this study, we discuss all varieties of the thermomechanical process and long-term crustal deformation under different tectonic stress loading at constant 15 °C in the host rocks, which in turn, coupled effect on these cases of thermal gradient changing in 1 °C per 30 meters in the lithosphere. To better understand the coupled thermal and mechanical stress effect on magma chambers, the aforementioned numerical modelling is applied to Karlıova Triple Junction (KTJ) which is one of the most complex lithosphere in the earth. Though this modelling results represent KTJ, they could be applied to any volcanic region in the earth.

**Keywords:** Heat transfer, Stress, Magma chambers, Numerical modelling, Thermal conductivity

## INTRODUCTION

As natural reservoirs, originating due to partial melting process at depths about 20-80 km below the earth surface, the magma chambers which are located in the shallow depths (1-3 km) form the volcanic mountains (Bower and Woods, 1997). Most of the volcanic edifices, such as acidic or intermediate polygenetic and caldera volcanoes, or a basaltic shield volcano, are fed by a shallow magma chamber (Gudmundsson, 2012). However, some chambers may be at more depths of 7–9 km, relying on the tectonic regime and crustal heterogeneity, and may still be regarded as comparatively shallow (Chaussard and Amelung, 2014). Chambers at greater depths are

normally classified as deep-seated reservoirs. Acting as a collector of magma at depths of 20-30 km, they may be observed at a zone where partial melting occurs (Gudmundsson, 2012; Karaoğlu et al., 2016). Although, rupture and the fluid-driven fracture propagation mechanics depending on local stress inside the volcano and around the magma chamber or reservoir, have been well studied (Druitt and Sparks, 1984; Gaffney et al., 2007), coupled thermal and stress accumulation around these magma storages are poorly known. Most of the numerical models, based on maximum principle stress accumulation, aim to obtain the rupture zones of the magma reservoirs in the crust so far (e.g., Grosfils, 2015; Karaoğlu

et al., 2015). The main goal of this study is to better understand the nature of the thermomechanical interaction process of these magma reservoirs and chambers in the lithosphere by taking the thermal and mechanical stress effect of the magma inside them into account.

## LOCAL STRESS AND TEMPERATURES OF THE MAGMA CHAMBERS

In this study, the magma reservoirs are assumed to be semi-circular in shape. To set up the model, the geometry and depths of magma chambers are estimated from Karaoğlu et al. (2016, 2018). For eruptions to occur, the pressure in the magma chamber/reservoir must exceed the *in situ* tensile strength of the host rock at the time of rupture and dike injection (Karaoğlu et al., 2016). The estimated average of the upper crust in the Varto-Karlöva region is around 3.5 MPa (Gurocak et al., 2012; Karaoğlu et al. 2016). This value is in the range of *in situ* tensile strengths measured (mostly through hydraulic fracturing tests) worldwide of 0.5 and 9 MPa; and most commonly 2-4 MPa (Haimson and Rummel, 1982; Gudmundsson, 2011).

The heat transfer from the hot magma chamber to relatively cold host rocks is controlled by thermophysical and mechanical properties of the crust. Specifically, the heat transfer by conduction prevail in the lithosphere is closely associated to physical parameters, such as thermal conductivity, specific heat capacity, thermoelastic damping of both magma and surrounding country rocks (Pasquale et al. 2015).

## NUMERICAL MODELS

All the numerical models are created and solved using the finite element program COMSOL 5.3 (www.comsol.com). The models are built based on field observations, published papers about the KTJ (Karaoğlu et al., 2016; 2018). The models are two dimension-

al where the magma chambers and reservoirs are built as cavities or holes with applied excess pressure ( $\Delta P$ ) (e.g., Karaoğlu et al., 2017; Gudmundsson, 2011).

In all models, we assume the magma chamber depths 8 km for two shallow chambers; deeper reservoirs are considered to be at depths of 15 km based on the results of Karaoğlu et al. (2016). The model is built up with 16 different mechanical layers, which is based on geological observations (e.g., Karaoğlu et al., 2016), are settling within a heterogeneous, anisotropic half-space with Young's modulus ( $E$ ) ranging different layers from between 50 GPa and 0.1 GPa (Fig. 1).

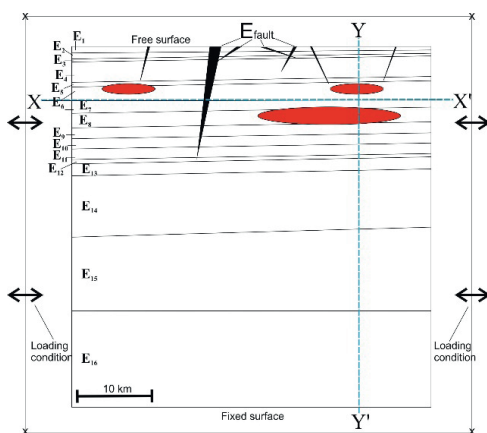


Figure 1. 2-D numerical model setups. The 2-D example shown represents the geology of an E-W striking profile through Varto caldera to the east of the KTJ.

We use a constant typical value of Poisson's ratio ( $\nu$ ) for rocks of 0.25 (e.g., Gudmundsson, 2012) due to  $\nu$  shows not significant variations for these rock layers, except the deepest layer in which the Poisson's ratio value is set to 0.28. The fault zones which are the most compliant are represented by black polygons ( $E_{\text{faults}}$ ) in Fig. 1.

## GOVERNING EQUATIONS

When radiative heat transfer is neglected, a steady form of the equation solved in *Heat Transfer in Solids* interface becomes. In Eq. is density, is specific heat capacity at constant stress, is absolute temperature, is velocity vector of translational motion, represents additional heat sources, and is heat flux by conduction. The is thermal conductivity, is the thermoelastic damping that accounts for thermoelastic effects in solids which is relevant only when heat transfer is coupled to solid mechanics. The is the coefficient of thermal expansion, and is the second Piola-Kirchhoff stress tensor.

In these equations is the volume force vector, is strain tensor, is the constitutive tensor which is a function of Young's modulus ( ) and Poisson's ratio ( ), and is the displacement field. Also, is an elastic strain, is an inelastic strain, is initial strain, an is the external strain, is a hygroscopic strain, is a plastic strain, is creep strain, is a viscoplastic strain, and is the thermal strain which is a function of temperature and thermal expansion coefficient.

In addition, to solve the mentioned governing equations, values of Young's modulus, Poisson's ratios, densities, thermal conductivities, heat capacities, and thermal expansion coefficients of each layer of host rocks needed to be defined.

## RESULTS

To analyse and compare the different thermal and mechanical stress concentrations around the compartmentalized magma chambers both vertically and laterally in terms of depth, five different framework cases were set up. Combining the concentration values of thermal and mechanical stress models are built up, by utilizing some variations as follows: (1) thermal model (left, right and bottom boundary temperatures, , constant at 15 °C,

no mechanical stress), (2) coupled thermal and stress model ( constant at 15 °C, zero external loading), (3) regional tectonic stress of coupled thermal and mechanical stress model, (4) displacement of magma chambers, (5) effect of thermal gradients. As indicated above the temperature of the shallow magma chambers and deeper magma reservoirs is accepted as 900 °C, and 1200 °C, respectively in all models.

## DISCUSSION AND CONCLUSIONS

The role of the internal (the temperature of magma chambers) and external (thermal gradient of the earth's crust) driving mechanisms on magma ascent and storage, and links to differentiation mechanisms have not yet been explored in sufficient detail. Those numerical modelling results involve not only calculating stress accumulation around magma chambers as in the previous literature but also the outcome of the coupled effect of thermal and stress in the crust considering regional tectonic loads by applying different lateral-horizontal magma interactions.

It has been recorded that there is a significant increase in magma mobility under a variety tectonic boundary loads reflecting the tectonic regime for that field which has been utilized on the thermal-induced surrounded host rocks. The 2D models, simulating the coupled stress and thermal effect on magma chamber/reservoirs in a complex loading condition at the KTJ, can be used (with suitable modifications) to advance our understanding of magma propagation from magma storages worldwide.

## ACKNOWLEDGEMENTS

This study was supported by funds of the Yüzüncü Yıl Üniversitesi (Project No. 2014-MİM-B062).



## REFERENCES

- Bower, S.M., Woods, A.W., 1997. Control of magma volatile content and chamber depth on the mass erupted during explosive volcanic eruptions. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 102(B5), 10273-10290.
- Chaussard, E., Amelung, F., 2014. Regional controls on magma ascent and storage in volcanic arcs. *Geochem Geophys Geosys* 15.
- Druitt, T.H., Sparks, R.S.J., 1984. On the formation of calderas during ignimbrite eruptions. *Nature* 310, 679-681.
- Gaffney, E.S., Damjanac, B., Valentine, G.A., 2007. Localization of volcanic activity, 2: effects of a pre-existing structure. *Earth Planet. Sci. Lett.* 263 (3), 323-338.
- Gudmundsson, A., 2011. *Rock Fractures in Geological Processes*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Gudmundsson, A., 2012. Magma chambers: Formation, local stresses, excess pressures, and compartments. *J Volcanol Geotherm Res* 237, 19-41.
- Gurocak, Z., Solanki, P., Alemdag, S., Zaman, M.M., 2012. New considerations for empirical estimation of the tensile strength of rocks. *Eng Geol.*, 145, 1-8.
- Haimson, B.C., Rummel, F., 1982. Hydrofracturing stress measurements in the Iceland research drilling project drill hole at Reydarfjordur, Iceland. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 87(B8), 6631-6649.
- Karaoğlu, Ö., Browning, J., Bazargan, M., Gudmundsson, A., 2016. Numerical modelling of triple-junction tectonics at Karliova, Eastern Turkey, with implications for regional transport. *Earth Planet Sci Lett.*, 452, 157-170. <http://dx.doi.org/10.1016/j.epsl.2016.07.037>.
- Karaoğlu, Ö., Sağlam-Selçuk, A., Gudmundsson, A., 2017. Tectonic controls on the Karliova triple junction (Turkey): implications for tectonic inversion and the initiation of volcanism. *Tectonophysics* 694:368-384.
- Karaoğlu, Ö., Browning, J., Salah, M. K., El-shaafi, A., Gudmundsson, A., 2018. Depths of magma chambers at three volcanic provinces in the Karliova region of Eastern Turkey. *Bulletin of Volcanology*, 80(9), 69



## Galatya Volkanik Provensi Miyosen Volkanik Kayaçlarının Jeokimyası, Kuzeybatı Türkiye

*Geochemistry of Miocene Volcanic Rocks From Galatean Volcanic Province,  
Northwestern Turkey*

**Özlem Toygar Sağın, Özgür Karaoğlu**

*Eskisehir Osmangazi University, Department of Geological Engineering  
(toygaro@ogu.edu.tr)*

**Abstract:** Galatean Volcanic Province (GVP) is one of the largest volcanic province covering an area of approximately 7000 km<sup>2</sup> in northwest Anatolia, Turkey. The GVP is bounded by North Anatolian Fault Zone (NAFZ) to the northern part and sedimentary basins (Beypazarı, Çayırgan, Ayaş-Güdül-Çeltikçi) that containing terrigenous sedimentary units intercalated with volcanic products to the southern part. In GVP, widespread Miocene volcanism was identified to have occurred in three main phases: (i) first stage (22.4-20.8 Ma), acidic-intermediate lava flow deposit and related pyroclastic units; (ii) second stage (19.7-9.51 Ma) eruption centres and (iii) late stage (10.6-9.51 Ma) is characterized by alkaline basaltic lavas and intrusions.

Some geochemical studies are carried out in order to understand the processes occurred during the formation of volcanic successions around the northern part (Çerkeş, Kurşunlu) and northeastern part (Kızılcahamam- Güvem), the first stage units observed in both regions are generally subalkaline, while the late stage volcanics show a composition ranging from basalt to dacite. It was observed that the fractional crystallisation process was effective in the formation of the first stage volcanic series of the GVP northern section and assimilation processes along with fractional crystallisation in Kızılcahamam- Güvem region which are relatively well defined compared to the Early Miocene series in the north.

**Keywords:** Galatean Volcanic Province, Geochemistry, Miocene, Volcanism

**Öz:** Galatya Volkanik Provensi (GVP), kuzeybatı Anadolu'da yaklaşık 7000 km<sup>2</sup>'lik bir alan kaplayan Türkiye'nin en geniş yayımlı volkanik merkezlerinden bir tanesidir. Provensin kuzeyinde Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ), güneyinde ise volkanik ürünlerle arakatlı olan karasal sedimanter birimleri içeren volkano-sedimanter havzalar (Beypazarı, Çayırgan, Ayaş-Güdül-Çeltikçi) bulunmaktadır. GVP'de, yaygın olarak gözlenen Miyosen volkanizması, yürütülen çalışmalarla birlikte üç ana evrede tanımlanmaktadır: (i) İlk evre (22,4- 20,8 My), asidik-ortaç lav akma çökelleri ve bunlarla ilişkili piroklastikleri; (ii) İkinci evre (19,7- 14,5 My) volkanik çıkış merkezleri (iii) Son evre (10,6- 9,51 My) alkali bazaltik lavlar ve bazaltik intrüzyonları içermektedir.

GVP'nin kuzeyi (Çerkeş, Kurşunlu) ve kuzeydoğusunda (Kızılcahamam, Güvem) civarındaki volkanik serilerin oluşumu sırasında meydana gelen süreçleri anlamak amacıyla yürütülen jeokimyasal çalışmalarda her iki bölgede gözlenen ilk evre volkaniklerinin genelde subalkali ka-



rakterde olduğu, son evre ürünlerin ise bazaltikten dasite değişen bir bileşim sergilediği tespit edilmiştir. GVP kuzey kesime ait ilk evre volkanik serilerin oluşumunda fraksiyonel kristalleşme sürecinin etkili olduğu, Kızılcahamam-Güvem bölgesinde fraksiyonel kristalleşmenin yanında asimilasyon süreçlerinin de var olduğu ve bu asimilasyon sürecinin kuzey kesim ilk evresine göre daha baskın olduğu gözlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Galatya Volkanik Provensi, Jeokimya, Miyosen, Volkanizma

## INTRODUCTION

Galatean Volcanic Province (GVP) has great importance among the Miocene volcanic centres in Turkey to understand the geodynamic issues of the region due to its long-lasting activity over and its exceptional location in the Pontide Belt. It occurred following subduction and continental collision processes throughout Mesozoic and Cenozoic, and initiation of volcanism is likely linked to the convergence, subduction and collision processes, which was developed by the closure of a northern branch of Neotethys (Şengör and Yılmaz, 1981; Okay and Tüysüz, 1999). It has been investigated by many researchers around the GVP, particularly, in terms of petrological and geochronological aspects (Figure 1, Türkecan et al., 1991; Keller et al., 1992; Tankut et al., 1998a, 1998b; Wilson et al., 1997; Adıyaman et al., 2001; Schumacher et al., 2001; Varol et al., 2014).

According to these studies, the GVP Miocene volcanism poses some evolutionary stages as follows: i) Early Miocene volcanism, derived from metasomatised lithospheric magma source and calcalkaline character, ii) Early-Middle Miocene volcanism representing the transition from calcalkaline volcanism to alkaline volcanism and iii) Late Miocene volcanism derived from an OIB-like asthenospheric magma source (Keller et al., 1992; Wilson et al., 1997; Tankut et al., 1998a, 1998b, Varol et al., 2014).

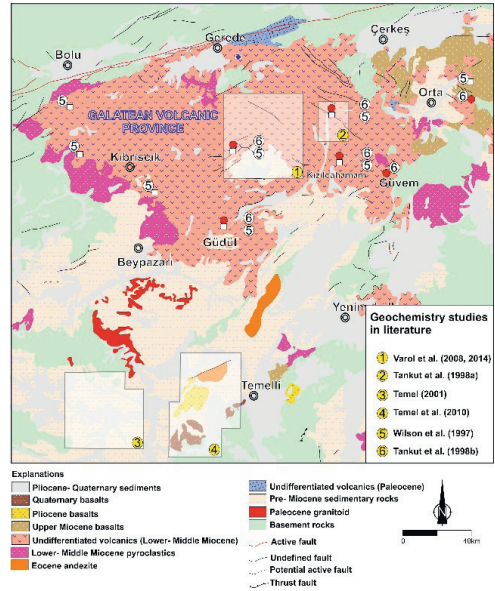


Figure 1. Geology of the Galatean Volcanic Province and geochemistry-focused studies in the literature (generalised from MTA 1/500.000 scaled geological map).

However, these aforementioned studies to seek the origin of that volcanism were performed through small-scale areas, in turn, using few numbers of samples. The study aims to better understand the physical and chemical constraints in space and time of volcanism which continued intermittently until the end of Miocene, mainly based on the volcano-stratigraphy.

## GEOCHEMISTRY OF VOLCANIC SERIES

Geochemical studies were carried out in the light of the volcano-stratigraphy of each volcanic centres in the northern (Çerkeş, Kurşunlu) and northeastern part (Kızılcahamam, Güvem) of GVP. These collected samples were set as following stages: i) acidic, intermediate lava flow deposits and pyroclastic rocks in Early Miocene and ii) alkaline basaltic lavas and basaltic intrusions in Late Miocene.

Early Miocene volcanic rocks in the GVP exhibit a wide compositional range from basalt to rhyolite, whereas the Late Miocene samples show relatively narrow geochemical suites from basalt to dacite (Figure 2). Generally, the first phase volcanics are subalkaline; basaltic, trachybasalt and basaltic trachyandesite of the last phase show alkaline character while the others plotted in subalkaline.

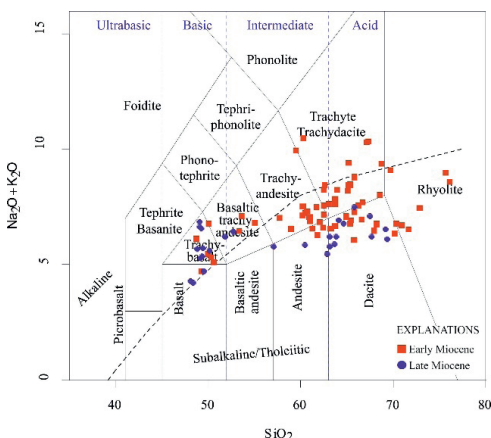


Figure 2. Total alkali-silica diagram of GVP Miocene volcanic series (Le Bas et al., 1986; the alkaline-subalkaline discrimination line from Irvine and Baragar, 1971).

## Whole Rock Geochemistry

When the major oxide and trace elements were compared to  $\text{SiO}_2$ , the volcanic series of both phases of the northern part of the GVP show a significant decrease in the content of  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$  and  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  with increasing  $\text{SiO}_2$ . This situation shows the effect of fractional crystallisation, due to the formation of olivine, pyroxene and Ca-plagioclase in the early stage of crystallization. The biotite and amphibole crystallisation explained by the decrease in  $\text{P}_2\text{O}_5$  concentration with  $\text{SiO}_2$  reaching 55 wt. %. While no significant change is observed in  $\text{Na}_2\text{O}$  contents, the increase in  $\text{K}_2\text{O}$  content with  $\text{SiO}_2$  shows that enrichment of K in the melt to join the mica and amphibole minerals formed in the later stages of the crystallization.

In Kızılcahamam-Güvem Early Miocene volcanic series, there is no noticeable decrease in major oxide contents accept  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  and  $\text{P}_2\text{O}_5$  with the increasing  $\text{SiO}_2$ . In addition, a significant fractional crystallization effect is not observed for this area compared to the northeastern part of the GVP. This may indicate that the considering genesis of these volcanic rocks, fractional crystallization is likely one of the major processes such as magma mixing and assimilation. Late Miocene series of the Kızılcahamam-Güvem region show the effect of fractional crystallization with decreasing  $\text{MgO}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$  and  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  concentrations with increasing  $\text{SiO}_2$ .

A significant decrease in Co and V concentrations is observed in all series of the northern part of GVP, which are mostly linked to the olivine and pyroxene fractionations through the Early Miocene. A negative trend observed in Sr for both phases of the region indicates plagioclase fractionation. The gradual decrease observed with increasing  $\text{SiO}_2$  in Y and Yb is more significant in the Late Miocene volcanics in the northern part of the province.

The trace element concentrations of the Kızılcahamam-Güvem volcanic rocks with increasing of SiO<sub>2</sub> do not show a significant fractionation compared to the northern part. Rb abundance is observed in the Early Miocene series, then it might indicate a K-feldspar and biotite fractionation, while the decreasing Co and V contents which are characterised in the Late Miocene phase may indicate olivine and pyroxene fractionation.

Normalised-MORB and REE chondrite incompatible trace-element comparisons for each of those volcanic stages are shown in related figures. Although all the samples likely exhibit similar patterns, the Early Miocene volcanic series in Kızılcahamam-Güvem region present relatively more-enriched regarding incompatible elements (Rb, Ba, Th, K) compared to the last-stage volcanism. Besides, the light rare earth elements (LREE) of whole volcanic suites display an enrichment according to the heavy rare earth elements (HREE). It should be noted that the volcanic rocks of Late Miocene in the northern part of the GVP exhibit lower HREE than the last stage of the Kızılcahamam-Güvem region.

## DISCUSSION AND CONCLUSION

Considering the changes in both major and trace elements, it is observed that a significant fractional crystallisation process occurred in the northern part of GVP. The assimilation processes during Early Miocene are observed more clearly in the Kızılcahamam-Güvem area which could be related with thickening of the lithospheric mantle.

## ACKNOWLEDGEMENTS

This study is supported by Eskisehir Osman-gazi University Scientific Research Project Department (Project numbers: 201715031 and 201715A215).

## REFERENCES

- Adıyaman, Ö., Chorowicz, J., Arnaud, O.N., Gündoğdu, M.N. and Gourgaud, A., 2001. Late Cenozoic tectonics and volcanism along the North Anatolian Fault: new structural and volcanism along the North Anatolian Fault: new structural and geochemical data. *Tectonophysics*, 338, 135-165.
- Irvine, N. and Baragar, W.R.A., 1971. A guide to geochemical classification of the common volcanic rocks. *Canadian Journal of Earth Science*, 8, 523-548.
- Keller, J., Jung, D., Eckhardt, F.J. and Kreuzer, H., 1992. Radiometric ages and chemical characterization of the Galatean andesite massif, Pontus, Turkey. *Acta Vulcanologica Marinelli*, 2, 267-276.
- Le Bas, M.J., Le Maitre, R.W., Streckeisen, A. and Zanettin, B., 1986. A chemical classification- of volcanic rocks based on the total alkali-silica diagram. *Journal of Petrology*, 27 (3), 745-750.
- Okay, A.İ. and Tüysüz, O., 1999. Tethyan sutures of Turkey. *Geological Society London, Special Publications*, 156, 475-515
- Schumacher, R., Mues-Schumacher, U. and Toprak, V., 2001. The Sarıkavak Tephra, Galatea, North central Turkey: a case study of a Miocene complex plinian eruption deposit. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 112, 231-245.
- Şengör, A.M.C. and Yılmaz, Y., 1981. Tethyan evolution of Turkey: a plate tectonic approach. *Tectonophysics*, 75, 181-241.
- Tankut, A., Wilson, M. and Yihunie, T., 1998a. Geochemistry and tectonic setting of Tertiary volcanism in the Güvem area, Anatolia, Turkey. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 85, 285-301.

- Tankut, A., Güleç, N., Wilson, M., Toprak, V., Savaşçın, Y. and Akman, O., 1998b. Alkali basalts from the Galatia volcanic complex, NW central Anatolia, Turkey. *Turkish Journal of Earth Science*, 7, 269-274.
- Temel, A. 2001. "Post-collisional Miocene alkaline volcanism in the Oğlakçı region, Turkey: petrology and geochemistry. *International Geology Review*, 43, 640-660.
- Temel, A., Yürür, T., Alıcı, P., Varol, E., Gourgaud, A., Bellon, H. and Demirbağ, H., 2010. Alkaline series related to early-middle Miocene intra-continental rifting in a collision zone: an example from Polatlı, central Anatolia, Turkey. *Journal of Asian Earth Sciences*, 338 (6), 289-306.
- Türkecan, A., Hepşen, N., Papak, I., Akbaş, B., Karataş, S., Özgür, İ., Akay, E., Bedi, Y., Sevin, M., Mutlu, G., Sevin, D., Ünay, E. and Saraç, G., 1991. Seben- Gerede (Bolu), Güdül-Beypazarı (Ankara) ve Çerkeş- Orta-Kurşunlu (Çankırı) yörelerinin (Koroğlu Dağları) jeolojisi ve volkanik kayaların petrolojisi. Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü, Ankara, Türkiye; Rapor No:9193, (yayınlanmamış).
- Varol, E., Temel, A. and Gourgaud, A. 2008. "Textural and compositional evidences for magma mixing in the evolution of Çamlıdere volcanic rocks (Galatean Volcanic Province), central Anatolia, Turkey", *Turkish Journal of Earth Sciences*, 17, 709-727.
- Varol, E., Temel, A., Yürür, T., Gourgaud, A. and Bellon, H., 2014. Petrogenesis of the Neogene bimodal magmatism of the Galatean Volcanic Province, central Anatolia, Turkey. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 280, 14-29.
- Wilson, M., Tankut, A. and Güleç, N., 1997. Tertiary volcanism of the Galatia Province, north-west central Anatolia, Turkey. *Lithos*, 42, 105-121.



## Batı Anadolu'daki Eosen-Miyosen Yaşlı Granitoidlerin Nadir Toprak Element Değişimleri: Element Dağılımlarının Yorumlanmasında Jeokimyasal Haritalama Yönteminin Uygulanması

*Rare Earth Element Variations of the Eocene-Miocene Granitoids, Western Anatolia: Application of Geochemical Mapping Method in Interpretation of Elemental Distribution*

**Elif Varol<sup>1</sup>, Fuat Erkül<sup>2</sup>, Sibel Tatar Erkül<sup>3</sup>, Ceren Dicle Erdoğan<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Hacettepe Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 06800, Beytepe Kampüsü, Ankara

<sup>2</sup>Akdeniz Üniversitesi, Teknik Bilimler MYO, Yapı Denetim Programı, Kampüs, Antalya

<sup>3</sup>Akdeniz Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 07000, Kampüs, Antalya

(elvarol@hacettepe.edu.tr)

**Öz:** Nadir toprak elementler (NTE), gelişmekte olan yüksek teknolojide ve magmatik süreçlerin açıklanmasında yaygın olarak kullanılmaktadır. NTE'ler magmatik kayalarda belirli ortam ve koşullarda ana bileşenlerden daha çok tali bileşenler içerisinde zenginleşmekte ve potansiyel oluşturmaktadır. Dolayısıyla, günümüzde NTE minerallerinin oluşum mekanizmalarını, kökenlerini ve potansiyelini anlamak büyük önem kazanmıştır. Mevcut petrolojik çalışmalarda, NTE'ler fraksiyonlanma, kirlenme vb. süreçlerin açıklanması amacı ile kullanılmaktadır ve tek bir örümcek/çoklu element değişim diyagramında, pek çok faz için yorumlamalar yapılabilir. Önerilen kontur haritalama tekniği ile ise çalışılmış olan tüm bölgelerdeki NTE verileri karşılaştırılabilmekte ve değişimler görülebilmektedir. Bu amaçla, Batı Anadolu'da yüzlek veren kalk-alkali bileşimli Eosen-Miyosen yaşlı granitoidlere ait NTE verileri toparlanmış, kontur haritalarına aktarılmış ve bölgesel ölçekte NTE değişimleri ortaya çıkarılmaya çalışılmıştır. Bu konturlama yöntemi, jeokimyasal verilerin yorumlanması ve elemental değişimlerin açıklanması bakımından yeni bir yöntem olup her bir plüton için NTE değerleri ve NTE içeren fazların incelenmesi ile petrolojik ve jeokimyasal çalışmalar için kullanışlı olabilecektir. Bu haritaların oluşturulmasından sonra geniş alanlarda gözlenen her tip kayaç için NTE potansiyeline sahip alanlar hızlı bir şekilde belirlenip element değişimleri yorumlanabilecektir.

**Anahtar Kelimeler:** Batı Anadolu, Eosen-Miyosen, Granitoid, Jeokimyasal haritalama, NTE

**Abstract:** Rare earth elements (REE) are widely used in developing high technology and in explanation of magmatic processes. They are enriched in accessory phases rather than in major phases in certain environments and conditions to form an economic potential. Therefore, it is important to understand the nature and crystallization mechanisms of REE-bearing minerals and their potentials. In the present petrological studies, REEs are commonly used to explain the magmatic processes of fractionation and contamination, and interpretations can be made for many phases in a single spider diagram. With the proposed contour mapping technique, REE data from studied regions can be compared and elemental changes can be observed. For this purpose, REE data of the Eocene-Miocene, calc-alkaline granitoid rocks in western Anatolia were compiled, plotted as contour maps for each rare earth element and regional REE

changes were evaluated. The contouring method was used for the first time to reveal the magmatic processes and to explain the elemental changes. It may be useful for petrological and geochemical studies by examining the REE values and the phases containing REE within each pluton. After plotting these maps, areas having REE potential could be determined quickly and the elemental changes could be interpreted for each type of rock observed in large areas.

**Keywords:** Western Anatolia, Eocene-Miocene, Granitoid, Geochemical mapping, REE

## GİRİŞ

Magmatik kayalar, NTE içeren mineralerin zengin olduğu kaynaklardan biridir. Karbonatitler, pegmatitler ve daha çok alkali magmatik kayalarda yüksek miktarlarda bulunabilen NTE'ler, kalk-alkali bileşimli magmatik kayalarda ise bağıl olarak daha az miktarlarda bulunmaktadır (Dostal, 2017).

Magmatik kayalar içerisindeki NTE dağılımının incelenmesi, kayaların oluşumları esnasında meydana gelen kısmi ergime ve kristalizasyon süreçleri boyunca mineral/eriyik paylaşımları ve bağlantılı olarak kristalizasyon sürecinin sonuçlarını ortaya koyabilmektedir. Farklı kayaktan oluşmuş farklı bileşimdeki eriyikler, sıcaklık, basınç, kristal yapı, oksijen fugasitesi gibi etkenler, NTE mineral/eriyik paylaşımı sisteminde oldukça önemlidir.

Batı Anadolu'da Eosen'den Miyosen'e kadar değişen yaş aralığında genişlemeye bağlı olarak gelişen yaygın plütonizmaya bağlı tali bileşenlerce zengin granitoidler yüzlek vermektedir.

Bugüne kadar yapılan çalışmalarda bu granitoidler ile ilgili olarak, jeokimyasal, jeokronolojik ve izotopik amaçlı birçok veri üretilmiştir. Ancak magmatik süreçlerin anlaşılmasında etkin olan NTE'lerin Batı Anadolu ölçeğinde dağılımı, jeonolojik yaş ve kütlelerin birbirlerine göre değişimi karşılaştırılmalı olarak ele alınmamıştır. Bu çalışma ile, Batı Anadolu'daki granitoidik karakterdeki plütonik kayaların içerdikleri nadir toprak elementlerin zamansal ve mekânsal dağılımı kontur haritaları yardımı ile orta-

ya konulmaya çalışılmış ve bölgesel ölçekte granitoidler içerisindeki NTE değişimleri izlenilmeye çalışılmıştır. Bu amaçla, Batı Anadolu'da Eosen'den Miyosen'e kadar yaş aralığındaki plütonlardan alınan NTE değerleri kullanılmıştır.

## YÖNTEM

Bu çalışmada kullanılan NTE verileri, Batı Anadolu'da yüzlek veren Eosen'den Miyosen'e değişen yaş aralığındaki plütonlara ait önceki çalışma verileri ile oluşturulmuştur. Veriler, elektronik ortama aktarılmış ve QGIS programında 1/500.000 ölçekli "Jeolojik Harita Altlığı" kullanılarak koordinatlandırma işlemi yapılmıştır. Harita üzerine katman oluşturma yöntemi ile koordinatlı bir şekilde yerleştirilen örnekler için konturlama ve yaşlarına göre renklendirme işlemleri yapılmıştır. Konturlanan harita üzerinde, mavi her bir element için maximum değerleri, kırmızı ise minimum değerleri vermektedir (Şekil 1).

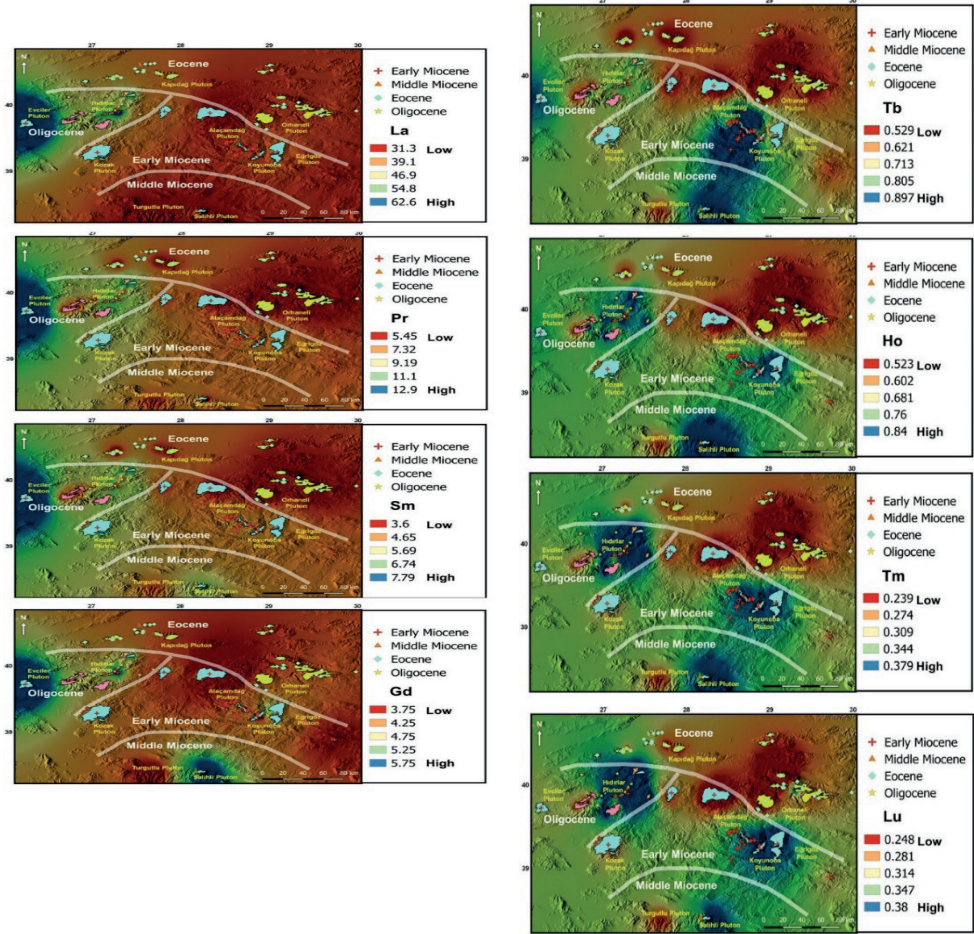
## NADİR TOPRAK ELEMENTLERİ (NTE)

Atom numarası 57'den 71'e kadar değişen nadir toprak elementleri, birçok karakteristiğe sahiptir. Magmatik sistemler içerisinde genellikle NTE'ler uyumsuz elementler gibi davranırlar ve daha çok aksesuar fazlar içerisinde birikirler. Büyük iyonik yarıçapa sahip olan NTE'ler, kristalin koordinasyon sayısına göre, kristal yapısına katılma eğiliminde farklılıklar gösterirler.

Hafif nadir toprak elementler (HNTE) daha çok büyük koordinasyon sayısına sahip allanit







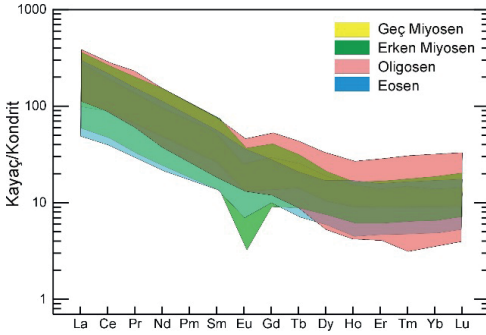
Şekil 2. Batı Anadolu’da Eosen’den Orta Miyosen’e kadar değişen yaş aralığında yüzlek ve veren granitoidlerin HNT elementlerden La, Pr ve Sm’un ve ANTE’lerden Tb, Ho, Tm ve Lu dağılımlarını gösteren kontur haritası.

ANTE’lerin daha çok bünyelerine girdiği ana fazlar, Salıhlı için hornblend-biyotit, Turgutlu için ise biyotittir. Salıhlı granodiyoritindeki ANTE yüksekliği, ana mafik faz olan amfibolün baskınlığından kaynaklanmaktadır.

Kontur haritalarından elde edilen HNT, ANTE ve  $\Sigma$ NTE dağılımları bölgeden elde edilen NTE çoklu element dağılımlarıyla uyumluluk sergilemektedir (Şekil 3).

Kondrite ve ilksel manto vb. değerlere göre normalize edilmiş NTE dağılım desenlerinden elde edilen sonuçlar, NTE’lerin değişimi konusunda bilgi verebiliyorsa da, plütonların karşılaştırılması açısından yeterli olmamaktadır. Bu anlamda gerek NTE gerekse ana, eser element değişimlerini ifade eden jeokimyasal veri tabanına ait haritalamalar kayaçların karşılaştırılmasında önemli bir avantaj sağlamaktadır.





**Şekil 3.** Zamansal olarak farklı yaşlarda oluşmuş Eosen-Miyosen yaşlı granitoidlerin NTE çoklu element değişim diyagramındaki dağılımı. Normalize değerleri Sun ve McDonough (1989)'dan alınmıştır.

## SONUÇLAR

Bölgeden elde edilen çoklu element diyagramları ve kontur haritaları ile, zamansal ve alansal olarak Eosen yaşlı granitoidlerin NTE değerleri bakımından, Oligosen ve Miyosen yaşlı granitoidlere göre düşük içeriklere sahip olması açısından farklılık gösterdiği ortaya konulmuştur.

Linnen ve diğ. (2014)'e göre; HNTE'lerden, La ve Ce değerleri, üst kabukta sırası ile 31 ve 63 ppm, ANTE'lerden, Yb ve Lu değerleri ise üst kabukta 1.96 ve 0.31 ppm arasındadır. Bölgede Eosen, Oligosen ve Miyosen yaşlı granitoidler de bu değerler kuzeyden güneye doğru, yani granitoidler gençleştikçe artmaktadır. Bu da kuzeyden güneye artan kabuk etkisini işaret etmektedir.

Bu yöntem, önceki çalışmalardan derlenen jeokimyasal veri tabanından elde edilen NTE verilerinin değişimlerinin ortaya konulduğu gösteren yeni bir çalışma yöntemidir. Belirlenen çalışma alanındaki plütonlara ait NTE içeriğinin ortaya konulabilmesi ve karşılaştırılma yapılabilmesi için her bir plütondaki NTE içeren fazların detaylı olarak incelenmesi gerekir. Buna bağlı olarak, etkin olan kabuk etkisi ve kısmi ergime dereceleri

hakkında da detaylı veriler üretilmiş olacaktır. Ayrıca, kalk-alkali volkanikler için de NTE'lerin bir potansiyel yaratıp yaratmayacağı da saptanabilecektir.

## KATKI BELİRTME

Bu çalışma kapsamında verilerin derlenmesi ve hazırlanmasında katkı koyan Ayşegül ÇABUK, İhsan Doğuş POLAT, Mehmet KARAGÖZ, Zafer MERT'e teşekkür ederiz.

## KAYNAKLAR

Dostal, J., 2017. Review rare earth element deposits of alkaline igneous rocks. Resources, 6, 34, 1-12.

Linnen, R.L., Samson, I.M., Williams, Jones, A.E. and Chakhmouradian, A.R. 2014. Geochemistry of the rare-earth element, Nb, Ta, Hf, and Zr deposits. Elsevier, 568 p.

Rollinson, H.R., 1993. Using Geochemical Data. Longman Geochemistry Series, 384 p.

Sun, S. S., McDonough, W. F., 1989. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes. In: Saunders, A. D., and Norry, J., eds. Magmatism in the ocean basin. Geological Society of London, Special Publication, 42, 313-345.

**Veritabanı:** Altunkaynak ve Yılmaz, 1998; Aydoğan ve diğ., 2008; Aysal ve diğ., 2012; Aysal, 2015; Black ve diğ. 2013; Bozkurt ve diğ., 2008; Catlos ve diğ., 2010, 2012; Çelebi ve Köprübaşı, 2014; Delaloye ve Bingöl, 2000; Demirbilek ve diğ. 2018; Erkül ve Erkül, 2012; Erkül ve diğ., 2013, 2018; Genç, 1998; Hasözbeke ve diğ., 2010, 2011; Karacık and Yılmaz, 1998; Karacık ve diğ., 2008; Karacık ve Tüysüz, 2010; Oyman, 2010; Oyman ve diğ. 2013; Öztürk ve diğ. 2005; Öztürk, 2016; Şahin ve diğ. 2010, 2014; Ünal ve Altunkaynak, 2018; Yılmaz ve diğ. 2001; Yılmaz ve diğ. 2014.



## Batı Anadolu'da Erken Miyosen Yaşlı Plütonlardaki Jeokimyasal Değişimlerin İzmir-Balıkesir Transfer Zonu ile İlişkisi, Batı Anadolu

### *Linking of Geochemical Variations in Early Miocene Plutons with the İzmir-Balıkesir Transfer Zone, Western Anatolia*

Ceren Dicle Erdoğan<sup>1</sup>, Fuat Erkül<sup>2</sup>, Sibel Tatar Erkül<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Akdeniz Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Kampüs, Antalya

<sup>2</sup>Akdeniz Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Kampüs, Antalya  
(cerendicle96@gmail.com)

**Öz:** Batı Anadolu'da magmatizma, Eosen'den itibaren başlayan ve Orta Miyosen'e kadar devam eden ve birbirlerinin üzerine gelişen kuşaklar şeklinde yerleşmiştir. Bu kuşaklarda yer alan plütonlar önceki çalışmalarda ayrı ayrı incelenmiş ve kökenleri için birçok jeodinamik model öne sürülmüştür. Bu çalışmada, bölgede önceki çalışmalarda yayımlanmış olan plütonlara ait tüm kayaç ana ve eser element jeokimya verileri derlenmiş, koordinatlandırılan örneklerin element dağılımları jeokimya haritalarına ve değişim diyagramlarına yansıtılmıştır. Jeokimya haritalarında ve değişim diyagramlarında, ana ve eser element içerikleri karşılaştırılmıştır. Bu veriler, Miyosen yaşlı plütonik kuşağını kesen İzmir-Balıkesir Transfer Zonu (İBTZ)'nin batı ve doğusundaki plütonların farklı jeokimyasal özellikler sunduğunu göstermektedir. Plütonlardaki tüm kayaç ana ve eser element jeokimyası değişimleri, farklı tektono-magmatik tariheçye sahip alanların oluşumu ve magma kaynağı gelişimi süreçlerinde İBTZ'nin etkin bir role sahip olduğunu düşündürmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Jeokimyasal haritalama, İzmir-Balıkesir Transfer Zonu, Magmatik Kuşak, Tüm kayaç ana-eser element değişimleri

**Abstract:** Magmatism in western Turkey occurred as overlapping belts developed during Eocene through Middle Miocene. Plutons within the belts have been individually investigated and various geodynamic models have been proposed for their origin. In this study, whole-rock major- and trace-element geochemical data of the plutons have been compiled from previous works and the element abundances of samples with geographic coordinates have been plotted on the geochemical maps and variation diagrams. Major- and trace-elements from whole-rocks geochemical data have been compared. These data reveal that the Miocene plutonic belt cross-cut by the İzmir-Balıkesir Transfer Zone (IBTZ) display contrasting geochemical characteristics in the western and eastern structural domains. Whole-rock geochemical data imply that the IBTZ has a prominent role in the development of structural domains having different tectono-magmatic histories and occurrences of distinct magma sources during pluton formation.

**Keywords:** Geochemical mapping, İzmir-Balıkesir Transfer Zone, Magmatic belt, Whole-rock major, trace element variations.

## GİRİŞ

Batı Anadolu'da Geç Kretase-Paleosen sırasında Neotetis'in kuzey kolunun kapanması ve çarpışma sonrasında Eosen'den itibaren Orta Miyosen'e kadar orojenik niteliğe sahip birbirlerini üzerleyen magmatik kuşaklar meydana gelmiştir.

Bu bölgede KD doğrultulu, en az 150 km uzunluğunda ve yer yer 60 km genişliğe eriştiği düşünülen kabuksal ölçekli bir makaslama zonu yer almaktadır. İzmir-Balıkesir Transfer Zonu (İBTZ) olarak adlandırılan bu makaslama zonu, farklı deformasyon tarihçesine sahip Sakarya Zonu ve Menderes Masifi arasında uzanmaktadır ve belli zaman aralıklarıyla Geç Kretase'den günümüze kadar aktif olduğu öne sürülmektedir. Yapılan son çalışmalarda, Batı Anadolu'nun Kretase-Eosen jeodinamik evriminde İBTZ'nin önemli bir rolü olduğu belirtilmektedir (Erkül, 2005; Erkül ve diğ. 2005; Sözbilir ve diğ., 2003; Uzel ve diğ. 2013).

Kuşak içerisindeki granitoidlerin jeokimyasal özellikleri, jeodinamik evrimi ve magma kaynağının ortaya konulmasına yönelik birçok çalışma yapılmıştır (Altunkaynak ve Yılmaz, 1998; Genç, 1998; Erkül ve Erkül, 2012; Erkül ve diğ., 2013). Ancak, kuşak boyunca yüzeyleyen bu plütonlardaki jeokimyasal benzerlikleri ve farklılıkları ortaya çıkaran ve zaman-mekan bakımından karşılaştıran detaylı bir çalışma şu ana kadar yapılmamıştır. Bu çalışma ile İBTZ'nin batısında ve doğusunda yüzeyleyen plütonlardan birçok araştırmacı tarafından elde edilen jeokimyasal veriler ve örnek lokasyonları, coğrafi bilgi sistemi ortamına aktarılarak Eosen-Oligosen-Miyosen magmatik kuşağında yer alan plütonlardaki jeokimyasal değişimler ortaya konulmaya çalışılmıştır.

## YÖNTEM

Bu çalışma, Ege bölgesinde yüzlek veren Eo-

sen-Miyosen yaş aralığındaki plütonik kayalara ait tüm kayaç ana ve eser element analiz sonuçlarına ait birçok araştırmacı tarafından yayımlanmış verilere dayanmaktadır. Örnek konumları belirlenirken mümkün olduğunca çalışmalarda sunulan örnek lokasyonu koordinatları kullanılmıştır. Koordinatların yayımlanmadığı çalışmalarda, QGIS yazılımı yardımıyla 1/500.000 ölçekli jeoloji haritasındaki birimlerin sınırları göz önüne alınarak koordinatlandırma işlemi yapılmıştır. Koordinat verileri kaydedildikten sonra analiz verilerinin, IDW (Inverse distance weighted) yöntemi ile interpolasyon ve konturlama işlemi gerçekleştirilmiştir.

## BULGULAR

### Kontur Haritaları

Batı Anadolu'da Eosen'den itibaren başlayan ve Orta Miyosen'e kadar devam eden magmatizma ve İBTZ ilişkisinin ortaya konulmaya çalışıldığı bu çalışmada, İBTZ'nin doğusundaki ve batısındaki Erken Miyosen yaşlı kalk-alkali bileşimli granitoidlik plütonlar ele alınmıştır ve jeokimyasal olarak karşılaştırılmıştır (Şekil 1). Bu amaçla tümkayaç ana ve eser element verileri değerlendirilmiş ve bozunma ve benzeri süreçlerden daha az etkilenen uyumlu elementlerin dağılımı incelenmiştir.

Kontur haritalarında ana elementlerden  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{MgO}$  değerleri ile eser elementlerden Cr, W, Co, Y, Sc ve Y/CaO değerleri kullanılmıştır. Burada mavi renkler yüksek değerleri kırmızı renkler ise o element için en düşük değerleri vermektedir.

$\text{SiO}_2$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{MgO}$ , Cr, W, Y ve Y/CaO değerleri doğudaki plütonlarda batıdaki plütonlara göre daha yüksek,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  ve Sc değerleri ise daha düşüktür. Özellikle İBTZ'nun doğusundaki ve batısındaki plütonların element içeriklerindeki farklılık sunmaktadır.

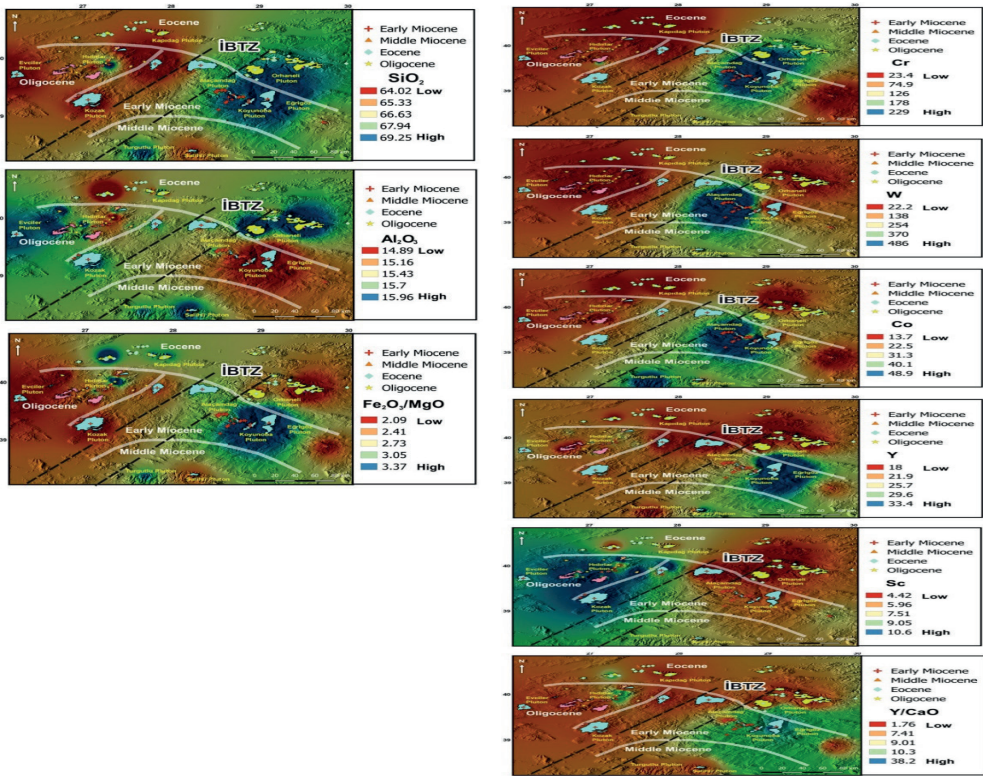
## Harker Değişim Diyagramları

Kontur haritalarında elde edilen bu jeokimyasal farklılıkların test edilmesi amacı ile Mi-yosen plütonlarındaki benzer element içerik-lerinin değişim diyagramlarındaki davranış-larının incelenmiştir (Şekil 2).

Değişim diyagramları, yüzeyleyen bu plüton-ların büyük çoğunluğunun daha çok asidik karakterli granit ve granodiyorit bileşimli

olması sebebi ile  $\text{SiO}_2$ 'ye karşı çizdirilmiştir.  $\text{Al}_2\text{O}_3$  ve  $\text{Mg\#}$  değerleri artan  $\text{SiO}_2$ 'ye karşı batıdan doğuya doğru azalmaktadır ve  $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{MgO}$  değeri ise artmaktadır.

Geçiş metallere Cr, Co ve W'nin  $\text{SiO}_2$ 'ye karşı çizdirilen değişim diyagramlarında ise İBTZ'nin batısından doğusuna doğru ilgili elementlerde bir artış gözlenmektedir.



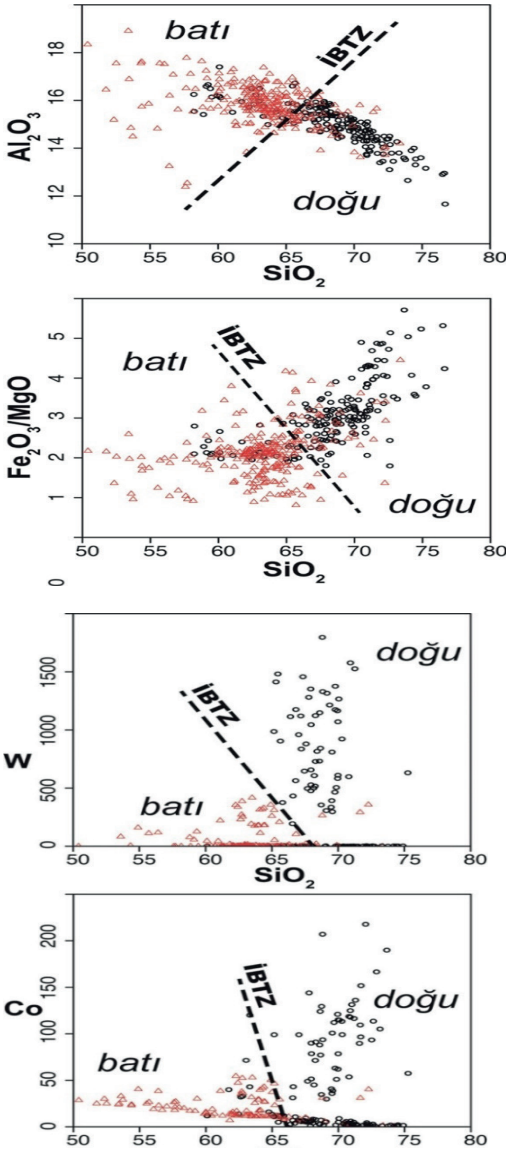
Şekil 1. Batı Anadolu'da yüzlek veren plütonların  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , Cr ve W dağılımlarını gösteren harita. Ana element oksitler, yüzde ağırlık cinsinden, iz element içeriği ppm cinsindedir.

## TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Jeokimyasal kontur haritaları, Erken Mi-yosen magmatizmasının İBTZ'nin batısında ve doğusunda jeokimyasal açıdan farklılık gösterdiğini ortaya koymaktadır. Özellikle geçiş

metallerinden Cr, Co, W ve yüksek duraylılık etki alanına sahip elementlerden Y element-lerindeki aşırı artış, genişleme ile ilişkili gra-nitoidler olarak kabul edilen Alaçamdağ, Eğrigöz ve Koyunoba plütonlarında dikkat çekicidir.





Şekil 2.  $Al_2O_3$ ,  $Fe_2O_3/MgO$ , W ve Co'ya karşın  $SiO_2$  değişim diyagramları. Batı (kırmızı üçgen) ve doğu (siyah daire), sırasıyla İzmir-Balıkesir transfer zonunun batısı ve doğusunda yüzlek veren granitoidleri simgelemektedir. İBTZ: İzmir-Balıkesir transfer zonu.

Gerek ana element gerekse eser element değişim diyagramlarında elde edilen bu farklılık

değişim diyagramları ile uyumludur.

Bu çalışma, Erken Miyosen boyunca İBTZ'nin farklı tektonomagmatik tariheye sahip alanların oluşumunda etkin olduğunu ve bu alanlarda plütonları oluşturan magma kaynağının da bu çerçevede değiştiğini düşündürmektedir.

## KATKI BELİRTME

Bu çalışma kapsamında verilerin derlenmesi ve hazırlanmasında katkı koyan Ayşegül ÇABUK, İhsan Doğuş POLAT, Mehmet KARAGÖZ ve Zafer MERT'e teşekkür ederiz.

## KAYNAKLAR

Altunkaynak, Ş., Yılmaz, Y., 1998. The Mount Kozak magmatic complex, Western Anatolia. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 85, 211-231.

Erkül, F., Helvacı, C., Sözbilir, H., 2005. Evidence for two episodes of volcanism in the Bigadiç borate basin and tectonic implications for western Turkey. *Geological Journal* 40 (5):545-570.

Erkül, S.T. and Erkül, F., 2012. Magma interaction processes in syn-extensional granitoids: The Tertiary Menderes Metamorphic Core Complex, western Turkey. *Lithos*, 142-143, 16-33.

Erkül, S.T., Erkül, F., Ersoy, Y., Uysal, İ., Klötzli, U., 2013. Petrology, mineral chemistry and Sr-Nd-Pb isotopic compositions of granitoids in the central Menderes metamorphic core complex: Constraints on the evolution of Aegean lithosphere slab. *Lithos*, 180-181, 74-91.

Genç, Ş.C., 1998. Evolution of the Bayramiç magmatic complex, northwestern Anatolia. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 85, 233-249.

Sözbilir, H., İnci, U., Erkül, F., Sümer, Ö., 2003. An active intermittent transform zone accomodating N-S extension in western Anatolia and its relation to the North Anatolian Fault System. International Workshop on the North Anatolian, East Anatolian and Dead Sea Fault Systems Abstracts. Middle East Technical University, Cultural Convention Center Ankara, Turkey.

Uzel, B., Sözbilir, H., Özkaymak, Ç., Kaymakçı, N., Langereis, C., 2013. Structural evidence for strike-slip deformation in the İzmir–Balıkesir transfer zone and consequences for late Cenozoic evolution of western Anatolia (Turkey). *Journal of Geodynamics* 65:94-116.

**Veritabanı:** Altunkaynak ve Yılmaz, 1998; Aydoğan ve diğ., 2008; Aysal ve diğ., 2012; Aysal, 2015; Black ve diğ. 2013; Catlos ve

diğ., 2010, 2012; Çelebi ve diğ., 2014; Delaloye ve Bingöl, 2000; Demirbilek ve diğ. 2018; Erkül ve Erkül, 2012; 2018; Erkül ve diğ., 2013; Genç, 1998; Hasözbek ve diğ., 2010, 2011; Karacık and Yılmaz, 1998; Karacık ve diğ., 2008; Karacık ve Tüysüz, 2010; Oyman, 2010; Oyman ve diğ. 2013; Öztürk ve diğ. 2005; Öztürk, 2016; Şahin ve diğ. 2010, 2014; Ünal ve Altunkaynak, 2018; Yılmaz ve diğ. 2001; Yılmaz ve diğ. 2014'den alınmıştır.



**METALİK MADEN YATAKLARI/METALLIC MINERAL DEPOSITS**  
İlkay KUŞÇU - Tolga OYMAN - Ahmet ŞAŞMAZ - Robert MORITZ - Emin ÇİFTÇİ

---

**Sözlü Sunumlar/Oral Presentations**

---

**TAM METİN BİLDİRİLER/  
PROCEEDINGS**







## Afyonkarahisar'ın Güneyindeki Volkaniklerdeki Alterasyonun Mineralojisi ve Jeokimyası

### *The Mineralogy and Geochemistry of Alteration in Volcanics from Southernwest of Afyonkarahisar*

Mehmet Kozak<sup>1</sup>, Ahmet Yıldız<sup>2</sup>, Metin Bağcı<sup>2</sup>, Can Başaran<sup>2</sup>

<sup>1</sup>AKÜ Fen Bilimleri Enstitüsü ANS Kampüsü, Afyonkarahisar

<sup>2</sup>AKÜ Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü ANS Kampüsü Afyonkarahisar  
(mkozak15@hotmail.com)

**Öz:** Bu çalışma ile Afyonkarahisar'ın güneyindeki volkanik kayalarda gözlenen alterasyon ürünlerinin mineralojik ve jeokimyasal özelliklerinin araştırılması amaçlanmıştır. Çalışma kapsamında, Afyonkarahisar ilinin güney tarafında yer alan volkanik kayalar üzerindeki farklı alterasyon zonlarından örneklemeler yapılmıştır ve alınan bu örnekler üzerinde taramalı elektron mikroskop (SEM), X-ışınları difraktoğramı (XRD) incelemeleri ve kimyasal analizler yapılmıştır. İnceleme alanındaki alterasyon zonları Afyon – Akşehir grabenin güney sınırını oluşturan Halımoru fayı ile Salar fayının kesişim bölgelerinde yer alan volkanoklastiklerin alterasyonu sonucu oluşmuştur. Bölgede gözlenen alterasyonlar (1): Simektitik zon ve (2): Simektit+kaolinitik zon olarak iki gruba ayrılmış olup alteasyonun bölgede yer alan faylar boyunca yükselen hidrotermal eriyiklerden kaynaklandığı düşünülmektedir. Alterasyon zonlarının sahadaki yayılımları ve litolojik özellikleri ile içerdikleri alterasyon mineralleri bölgedeki alterasyonun hidrotermal süreçlerin etkisiyle oluştuğunu desteklemektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Afyon Volkanikleri, Alterasyon, Jeokimya, Mineraloji.

**Abstract:** The aim of this study is to investigate the mineralogical and geochemical characteristics of alteration products observed in volcanic rocks in the south of Afyonkarahisar. Within the scope of the study, different alteration zones on the volcanic rocks, south of Afyonkarahisar province, were sampled and scanning electron microscope (SEM), X-ray diffractometer (XRD) analyzes and chemical analyzes were performed. The alteration zones in the study area are the result of alteration of the volcanoclastics in the intersection of the Halımoru fault and the Salar fault forming the southern boundary of the Afyon - Akşehir graben. The observed alterations in the region are divided into two groups as: Simectitic zone and Smectite + kaolinitic zone. It is thought that alteation originates from hydrothermal solutions rising along the faults in the region. The spread and lithological characteristics of alteration zones and their mineral content support the effect of hydrothermal processes.

**Keywords:** Afyon Volcanics, Alteration, Geochemistry, Mineralogy.

## GİRİŞ

Ülkemiz Alp-Himalaya tektonik kuşağı üzerinde olup, etkin bir tektonik aktivite ve do-layısı ile bölgesel volkanik aktivitenin olduğu

bir bölgedir. Batı Anadolu'da tektonik ve volkanik aktivite Neojenden günümüze kadar devam etmiş, bu olaylar sonucu bölgede Ege'de Grabenler oluşmuştur. Afyon volkanizması bu

tektonik hareketlerin sonucu olarak meydana gelmiştir. Porfirik lavlar üreten çok fazlı volkanizmanın türevleri olarak çökelen Afyon volkaniklastikleri, Orta Miyosen boyunca sürdüren Afyon alkali volkanizmasının en kalın ve yaygın ürünlerini kapsar. Birim, ağırlıklı olarak Kocatepe trakitik volkanizmasıyla ilişkilidir; karasal ve görsel ortamlarda depolanmış kalın ve yanal sürekli piroklastik akma (çoğunlukla blok ve kül akışı) ve epiklastik akma (lahar) düzeylerinden oluşur (Öcal vd., 2011). Afyon ili ve yakın çevresinde çeşitli araştırmacılar tarafından farklı zamanlarda stratigrafi, tektonizma, volkanizma ve jeotermal kaynaklarla ilgili çok sayıda çalışma yapılmıştır (Metin vd., 1987; Aydar vd., 2003; Türker vd., 2008; Ulutürk, 2009).

Bu çalışma Afyonkarahisar ilinin güneyinde yer alan, Salar, Sülün ve Nuribey kasabaları ile Karaarslan, Halımoru ve Sarık köylerini içine alan bölgedeki volkanik kayalarda gözlenen alterasyon zonlarının mineralojik ve jeokimyasal özelliklerinin araştırılmasını amaçlamaktadır.

## İNCELEME ALANININ JEOLJİSİ

İnceleme alanının temelinde Paleozoyik yaşlı Değirmendere ve Deresine formasyonları gelmektedir. Temel kayalar Senozoik yaşlı volkanik ve sedimanter birimler tarafından uyumsuzlukla örtülmektedir. Orta-Üst Miyosen yaşlı Afyon volkaniklastikleri metamorfik temel üzerinde yer almaktadır. Orta-Üst Miyosen yaşlı Gebeceler formasyonu Afyon volkaniklastikleriyle yanal ve düşey geçişli olarak bulunmakta ve Özburun Konglomerası ile Köprülü Üyesinden oluşmaktadır. Kuvaterner yaşlı alüvyon bölgedeki en genç birimdir. (Şekil 1).

### Alterasyon Zonlarının Jeolojisi

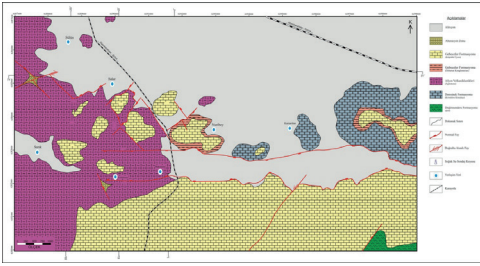
Bölgedeki alterasyon zonları Halımoru ve Sarık Köyleri olmak üzere iki bölgede gözlenmiş olup, Afyon volkanoklastikleri içinde

oluşturmuştur. Her iki bölgedeki alterasyon zonları Afyon – Akşehir grabenin güney sınırını oluşturan Halımoru fayı ile ilişkili birincil faylar ve bunları değişik açılarla kesen Salar fayının kesişim bölgelerinde oluşmuştur.

Halımoru bölgesindeki alterasyon zonu Halımoru Köyü'nün güneyinde yer almaktadır. Kahve, gri, krem renkli ve değişik litolojik özelliklere sahip seviyelerden oluşan Afyon volkanoklastikleri K15B/22KD konumlu olarak bölgede yayılım sunmaktadır. Bölgede KB-GD ve KD-GB uzanımlı eğim atımlı normal faylarla bloklara ayrılmıştır. Faylara yakın bölümlerdeki volkanik kayaç parçaları ve kristallerde düşük derecede ayrışma izleri gözlenmiştir. Piroklastiklerin orta ve üst bölümlerinde krem renkli, yer yer tabakalar halinde üst bölümlerde ise küresel, elipsoidal şekilli olarak diatomit seviyeleri oluşmuştur. Volkanoklastik istifin en üst bölümünü gri renkli ayrışma derecesi düşük olan seviye içinde elipsoidal şekilli, 30-40 cm boyutlarında yeşil renkli ayrışmış merccekler bulunmaktadır. Diatomit ve ayrışmış mercceklerin birim içindeki yönelimleri ve dağılımları tabakalanma düzlemiyle uyumludur. Volkanoklastiklerin değişik seviyelerinde faylanmaya bağlı olarak gelişen ayrışmanın etkisini gözlemleyebilmek için yanal yönde örnekleme yapılmıştır.

Sarık Köyü'nde Afyon volkaniklastikleri blok ve kül akışıyla temsil edilmektedir. Birimde Salar fayıyla uyumlu KB-GD uzanımlı faylar boyunca birimde yoğun alterasyon gelişmiştir. Alterasyon zonlarının uzanımları fayların doğrultuları ile uyumludur. Yanal yönde söz konusu faylardan uzaklaştıkça ve derinden yüzeye doğru alterasyonun şiddeti azalmakta ve ana kayaç dokusu daha belirgin hale gelmektedir. Alterasyonun şiddeti ve litolojik özelliklerine bağlı olarak (1): Yeşil, (2): Kırmızı, (3): Sarı ve (4): Gri renkli olmak üzere dört farklı alterasyon zonu ayrılmıştır. Alterasyon birimin kül boyutundaki

matriksini ve birim içindeki volkanik kayaç parçalarını yoğun bir biçimde etkilemiştir. Örneklemeye fayların bulunduğu ve alterasyonun merkezinden KD ve GB yönlerine doğru tüm zonları karakterize edecek şekilde yapılmıştır. Her iki bölgede de alterasyon zonlarının fayların doğrultularıyla uyumlu yayılım sunması ve yüzeye doğru alterasyon şiddetinin azalması inceleme alanındaki alterasyon zonlarının söz konusu fay hatları boyunca yükselen hidrotermal eriyiklerin etkisiyle oluştuğunu göstermektedir.



Şekil 1. İnceleme alanının 1:25000 ölçekli jeoloji haritası (Öcal vd., 2011).

## ANALİZ YÖNTEMLERİ

Değişik alterasyon zonlarından toplanan örneklerin mineralojik bileşimleri ve morfolojisinin belirlenmesi için X-ışınları kırınımı (XRD) ve taramalı elektron mikroskop (SEM) incelemeleri gerçekleştirilmiştir. XRD analizleri tüm kayaç ve kil boyutu incelemeleri olarak 2 bölümde yürütülmüştür. Analizler Shimadzu XRD 6000 model XRD cihazıyla yapılmıştır. X-ışınları difraktoğramı analiziyle paralel yürütülen taramalı elektron mikroskop (SEM) incelemeleri için farklı mineralojik bileşime sahip ayrılmış örneklerden elde edilmiş taze yüzeyler 250-300 Å'da kalınlığında altın filmle kaplanarak, LEO VP-1431 model taramalı elektron mikroskopunda inceleme yapılmıştır. Değişik alterasyon örneklerinin ana, iz ve nadir toprak element analizleri ACME (Kanada) Laboratuvarında bulunan ICP-MS Cihazı ile gerçekleştirilmiştir.

## BULGULAR

### Alterasyon Mineralojisi

Afyon volkanoklastiklerindeki alterasyon seviyelerine ait XRD incelemelerinde birimin başlıca illit-mika, plajyoklas, opal-CT/kristobalit, kuvars ve alkali feldspat ile az oranda kalsit, dolomit ve hematit minerallerinden oluştuğu belirlenmiştir. Örneklerdeki en önemli alterasyon minerali simektittir. Bazı seviyelerde bu minerale az oranda kaolinit eşlik etmiştir. Bu nedenle alterasyon zonları kil minerallerinin türü ve bolluklarına göre; (1): Simektitik zon ve (2): Simektitik+kaolinitik zon olarak iki gruba ayrılmıştır. Mineral birliktelik açısından değerlendirildiğinde, bölgede ortaç ve ileri arjillik alterasyonun etkili olduğu söylenebilir.

SEM incelemelerinde volkanik cam ve K-feldspat minerallerinde alterasyon izlerine rastlanmıştır. Bu olayın sonucu olarak örneklerde yapraksı simektit ve pseudohekzagonal morfolojide kaolinit mineralleri belirlenmiştir

### Alterasyon Jeokimyası

Alterasyon zonlarının ana kayacının belirlenmesi, alterasyon boyunca köken kayaçla alterasyon zonlarına ait örnekler arasında kimyasal açıdan nasıl bir değişiklik olduğunu ve alterasyon zonlarının kimyasal adlanmasının yapılabilmesi için inceleme alanındaki volkanoklastikler ve altere örneklerin kimyasal analiz sonuçları Winchester ve Floyd, (1977) tarafından geliştirilen  $\text{SiO}_2\text{-Zr/TiO}_2$  diyagramına yerleştirilmiştir. Buna göre örneklerin büyük bir bölümünün trakiandezitik, bazı simektitik zona ait örneklerin ise andezitik bileşim sundukları görülmüştür. Ana kayaca göre alterasyon süresince örneklerin  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MnO}$  ve  $\text{MgO}$ 'de zenginleşme; diğer taraftan  $\text{Na}_2\text{O}$  ve  $\text{K}_2\text{O}$ 'de kayıplar gözlenmiştir.  $\text{CaO}$  ise simektitik zonda zenginleşirken, simektitik+kaolinitik zonda kayba uğramıştır. Ana kayaca göre alterasyon süresince

Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MnO ve MgO'de meydana 3 katına varan zenginleşmeler, bunların hidrotermal sıvıların getirimi ile ortama taşındıkları fikrini kuvvetlendirmektedir. Örneklerin kondrit normalize nadir toprak element (REE) dağılım grafiği incelendiğinde hafif nadir toprak elementleri (LREE) alterasyon süresince ağır nadir toprak elementlerine (HREE) nazaran daha çok mobilize olmuşlardır.

## SONUÇLAR VE TARTIŞMA

İnceleme alanındaki alterasyon zonları Afyon – Akşehir grabenin güney sınırını oluşturan Halımoru fayı ile bunları değişik açılarla kesen Salar fayın kesişim bölgelerinde Üst Miyosen yaşlı Afyon volkanoklastiklerinin alterasyonu sonucu oluşmuştur. XRD'de belirlenen kil minerallerinin türü ve bolluklarına göre alterasyon zonları; (1): Simektitik zon ve (2): Simektit+kaolinitik zon olarak iki gruba ayrılmıştır. SEM incelemelerinde Afyon volkanoklastiklerindeki volkanik cam ve K-feldspat mineralinin ayrışması sonucu yapraklı simektit ve pseudohekzagonal morfoloji sunan kaolinit mineralleri belirlenmiştir. Jeokimyasal incelemelerde Afyon volkanoklastikleri ve bunların alterasyon ürünlerinin çoğunlukla trakiandezitik bileşimli oldukları görülmüştür. Alterasyon süresince SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MnO ve MgO'de zenginleşme; diğer taraftan Na<sub>2</sub>O ve K<sub>2</sub>O'de kayıplar gözlenmiş olup, alterasyon sürecindeki element zenginleşmesi erimeyen kalıntı malzemede birikmiş olan elementlerin zenginleşmesi, iyon değişimi, adsorbsiyon veya fiziksel yoğunlaşma nedeniyle gerçekleşmektedir. Diğer taraftan element fakirleşmesi ise alterasyon etkisiyle serbest kalarak çözeltiye karışan elementlerin ortamdan uzaklaşmasından kaynaklanmaktadır (Christidis, 1998). Alterasyon zonlarının jeolojik ve Jeokimyasal özellikleri inceleme alanındaki alterasyonun bölgedeki fay hatları boyunca yükselen hidrotermal eriyiklerin etkisiyle oluştuğunu göstermektedir.

## KATKI BELİRTME

Bu çalışma Afyon Kocatepe Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından 16.FEN.BİL.32 nolu BAP projesiyle desteklenmiştir.

## KAYNAKLAR

Aydar, E., Bayhan, H., Gourgau, A., 2003. The lamprophyres of Afyon Stratovolcano, Western Anatolia, Turkey: Description and genesis, C.R. Geoscience, 335, 279-288.

Christidis, G. E., 1998, Comparative study of the mobility of major and trace elements during alteration of an andezite and a rhyolite to bentonite, in Island of Milos and Kimolos, Aegean, Greece, Clays and Clay Minerals, 46, 379-399.

Metin, S., Genç, T., Bulut, V., 1987. Afyon ve Dolayının Jeolojisi, M.T.A. Rapor No: 2113.

Öcal, H., Turhan, N. ve Göktaş, F. 2011. 1:100.000 ölçekli Türkiye jeoloji haritaları Afyon K-25 paftası ve raporu. Maden Tetkik Arama (MTA) Genel Müdürlüğü Jeoloji Etütleri Dairesi Yayını, No: 159, 34s, Ankara.

Türker, E., Ulutürk, Y., Yıldız, A., Bağcı, M., Erdem, A., Dumlupınar, İ., 2008. Afyonkarahisar'da Alternatif Jeotermal Alanlar ve Mevcut Jeotermal Alanların Geliştirilebilirliği: Ön Çalışma. Afyonkarahisar Termal ve Maden Suları Sempozyumu, s: 24-41, Afyonkarahisar.

Ulutürk, Y. 2009. Ömer-Gecek (Afyonkarahisar) Dolayının Jeolojisi ve Suların Kökensäli Yorumu, Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.

Winchester, J.A., and Floyd, P.A., 1977. Geochemical discrimination of different magma series and their differentiation products using immobile elements, Chemical Geology, 20, 325-343.

**MÜHENDİSLİK JEOLJİSİ VE JEOTEKNİK**  
**/ ENGINEERING GEOLOGY AND GEOTECHNICS**  
Tamer TOPAL - Aykut AKGÜN - Nihat Sinan IŞIK -  
Özge DİNÇ GÖĞÜŞ - Harun SÖNMEZ

---

**Sözlü Sunumlar/Oral Presentations**

---

**TAM METİN BİLDİRİLER/**  
**PROCEEDINGS**





## RMQR Kaya Kütle Sınıflama Sisteminin Türkiye’den Seçilen Bazı Projeler Üzerinde Uygulanması

### *Application of RMQR Rock Mass Classification System on Some of the Selected Projects from Turkey*

**Dursun Erik<sup>1</sup>, Mahmut Mutlutürk<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>KGM 16. Bölge Müdürlüğü, SİVAS

<sup>2</sup>Süleyman Demirel Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fak., ISPARTA  
(dursunerik@gmail.com)

**Öz:** Kaya ortamlardaki mühendislik jeolojisi çalışmalarında, kaya kütlelerinin kazı/destek tasarımı ve jeomekanik özelliklerini tahmininde kaya kütle sınıflama sistemleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Kaya kütle sınıflama sistemleri kaya kütlelerinin karmaşık olan doğal yapısını ampirik yöntemlerle tanımlayabilmektedir. Terzaghi tarafından ilk kez ortaya konulan sınıflama sistemi geliştirilerek günümüzde de pek çok projede kullanılmaktadır. RMR ve Q kaya kütle sınıflama sistemleri, yer altı kazılarında en yaygın kullanılan sınıflama sistemleridir. Bu çalışmada yeni bir kaya kütle sınıflama sistemi olan Rock Mass Quality Rating (RMQR) sınıflama sistemi, altı farklı mühendislik projesinde kullanılmıştır. Her bir projede RMQR sınıflama sistemi, jeolojik, yapısal ve mühendislik özellikleri açısından ayrılmış olan kaya kütlelerinde uygulanmıştır. Sonuç olarak, aynı yapısal bölgelerde RMQR, RMR ve Q sınıflama sistemleri ile elde edilen verilerin bir karşılaştırması yapılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Kaya Kütle, Q, RMQR, RMR

**Abstract:** Rock mass classification systems are widely used in engineering geological studies to predict the excavation/support design and geomechanical properties of rock mass. Rock mass classification systems describe the complex natural structure of the rock mass by empirical methods. The classification system used by Terzaghi for the first time has been developed and used in many projects today. RMR and Q-systems are the most widely used classification systems in underground excavations. In this study, Rock Mass Quality Rating (RMQR) classification systems, a new rock mass classification system, was used in six different engineering projects. The RMQR classification systems was applied in rock masses that we separated from the geological, structural and engineering properties in each project. As a result, a comparison of the data obtained by the RMQR, RMR and Q classification systems was performed in the same structural region.

**Keywords:** Rock Mass, Q, RMQR, RMR



## GİRİŞ

Kaya gibi anizotrop ve homojen olmayan bir yapı içerisinde yapılacak mühendislik teknik girişimlerinin güçlüğü, onun nicel olarak ifade edilmesinin zorunluluğunu ortaya çıkarmıştır. İçinde bulunduğu mağarada, barınma ihtiyacından, beslenmek için yaptığı mızrağın ucundaki obsidyenden başlamak üzere yaptığı temel gereçler için kayaç malzemesini ve kaya kütlelerini kullanan ilk insandan, yeraltında açılacak nükleer atık depolarına kadar insanoğlu var olduğu süre boyunca kayaç malzemesi ve kaya kütlesi ile etkileşim halinde olmuştur. İnsanoğlu ilk olarak, kullandığı kayaç malzemesinin sertliği, aşınması, ateşe atınca ergimesi gibi nitel özellikleri tanımlamaya başlamıştır. Gelişen mühendislik bilgisi ile de bu özellikleri nicel olarak tanımlamaya yönelmiştir. Bu gelişimin sonucu olarak farklı araştırmacılar tarafından kaya kütle sınıflama sistemleri ortaya konulmaya başlanmıştır. Kaya kütlelerinin sınıflama çalışmaları ilk kez 1879'da Ritter tarafından tünel dizaynlarında kullanılmak üzere geliştirilmiştir (Hoek, 2000). O zamandan günümüze kadar birçok araştırmacı çeşitli sınıflama sistemleri ileri sürmüş ve bunlar uzun yıllar boyunca kullanılmıştır. Ancak modern anlamda ilk kaya kütle sınıflama sistemi Terzaghi tarafından 1946 da ortaya atılan "Kaya Yüğü" sınıflama sistemidir. Bu sınıflama sistemlerinden RMR ve Q günümüzde yaygın olarak kullanılmaktadır. Her iki sistem de kaya kütlelerini oluşturan süreksizliklerin mühendislik özellikleri ISRM, (2007) ve Deere (1963) tarafından ortaya sürülen RQD parametrelerini kullanmaktadır. Mühendislik uygulamalarında karşılaşılan sorunlar ve aksaklıklar sonucu iki sistemde günümüze kadar değişikliğe uğramıştır (Bieniawski, 1973, 1976, 1979, 1989; Barton 1974, 1993, 2002). Çoğunlukla değişiklikler süreksizliklerin özelliklerinin sınıflama üzerindeki etkilerinin değiştirilmesi üzerinedir. Bununla beraber bu değişikliklerin yeterli olmadığını düşünen birçok ara-

tırmacı bu sistemler üzerinde değişiklikler yapmışlardır (Özkan ve Ünal, 2012).

Son yıllarda bu modifikasyonların da yeterli olmayacağı düşüncesi ile Aydan ve diğ. (2013) tarafından yeni bir kaya kütle sınıflama sistemi ortaya konulmuştur. Kaya Kütle Kalitesi Puanlama (RMQR) olarak isimlendirilen bu sistem, diğer modern sınıflama sistemleri gibi süreksizlik özelliklerini kullanmaktadır. Ancak sistemin geliştiricileri tarafından diğer sınıflama sistemlerinde süreksizlik aralığı ve RQD değerinin bir arada kullanılmasının süreksizlik yoğunluğu değerlendirilmesinde tekrara neden olduğu, özellikle kil içeren kayalarda su emmenin dayanıma olumsuz etkilerinin olduğu ancak bunun kullanılmadığı öne sürülerek bu sistem geliştirilmiştir (Aydan ve diğ., 2013). RMQR Sistemi, nicel çağdaş kaya kütle sınıflama sistemlerinde kullanılan önemli parametrelerde dikkate alınarak ve parametre tekrardan kaçınılarak, kaya kütlelerinin fiziksel durumunun daha iyi tanımlanması amacıyla geliştirildiği belirtilmektedir. Bu sistemde, bozunma derecesi (BD), süreksizlik takım sayısı (STT) süreksizlik aralığı (SA ya da RQD), süreksizlik durumu (SD), yeraltı suyu sızma (YASD) ve su emme (R) gibi 6 temel parametre kullanılmaktadır.

## Uygulama yapılan mühendislik projeleri

Bu çalışma kapsamında Türkiye'nin farklı bölgelerinden seçilen 7 adet proje üzerinde (Şekil1) 51 adet lokasyonda yapılan çalışmalar sonucu elde edilen veriler ile RMQR, RMR ve Q kaya kütle sınıflama sistemleri uygulanmıştır. Bu projeler;



Şekil 1. İnceleme alanı yer bulduru haritası (1:SY,2:HM, 3:ZŞ, 4:E, 5 EÇ, 6:KD, 7:BY)

**Sivas–Yıldızeli–Ankara Devlet yolu Km: 28+000-28+500 kaya yarması (SY);** Kaya şevi duraylılığı ve destekleme projesi kapsamında yaklaşık 500m uzunluğunda ve maksimum yüksekliği 36m yi bulan kristalize kireçtaşı-mermer biriminde açılan kaya yarmasında lokasyonda kütle özellikleri incelenmiştir (Erik, 2016 ).

**Hekimhan–Malatya Devlet yolu Sarsap Tüneli (HM);** Kazı-destek sisteminin belirlenmesi ve tahkimat tasarımının yapılması aşamalarından oluşan proje kapsamında çoğunlukla aglomeralardan oluşan volkanitler ve volkanik filiş kökenli kaya grupları içerisinde mevcut tünelin yanına açılacak yeni tünelin, kaya kütle özelliklerinin belirlenmiştir (Limit, 2014).

**Zara-Suşehri Yolu Geminbeli Tüneli (ZŞ);** Çoğunlukla dasidik seri içerisinde açılacak olan 4500m uzunluğunda çift tüplü karayolu tünellerinde kaya kütle özelliklerinin belirlenerek, kazı-destek sistemlerinin ve tahkimat tasarımının yapılmıştır (Limit, 2015).

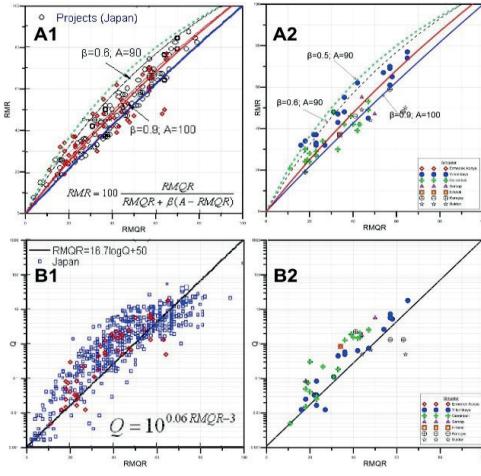
**Erfelek Heyelanı (E);** Sinop–Erfelek Yolu üzerinde Km:20+750-21+200 de filiş serisinin bozuşmuş üst seviyelerinde meydana gelen yaklaşık 450x120 boyutlarında ve 16-18m kayma dairesi derinliğine sahip heyelanın modellenmesi ve iyileştirme projesinin hazırlanması çalışmaları sırasında filiş serisinin jeo-mühendislik özellikleri incelenmiş ve kaya kütle sınıflamaları uygulanmıştır (Sönmez Jeoteknik, 2017).

**Ermenek Çevreyolu KM. 7+150.00-7+570.00 arası kaya yarması (EÇ);** Şev tasarımının yapılması kapsamında kireçtaşı yer yer killi kireçtaşı litolojisi gösteren birimin mühendislik parametrelerini ve uygun basamak yüksekliği-genişliği ve destek elamanlarının belirlenmesi kapsamında kaya kütle özellikleri araştırılmıştır (Limit, 2016).

**Büyük Karaçay Barajı Derivasyon Tüneli (KD);** Hatay Samandağ ilçesinde yer alan 575 m km uzunluğundaki ofiyolitler içinde yer alan derivasyon tüneli mühendislik jeolojisi incelemesi ve kazı-destek sistemi belirlenmesi çalışması (Üstüner, 2011).

**Cindere Barajı Yenicekent İletim Tüneli (BY);** Denizli Buldan ilçesinde metamorfik birimler içinde yer alan Cindere Barajı iletim tüneli mühendislik jeolojisi incelemesi ve kazı-destek sistemi belirlenmesi çalışması (Çakırer, 2011).

Kaya kütle sınıflama sistemlerinin karşılaştırılması sonucu, Aydan ve diğ. 2014 ile uyumlu olarak RMR değerlerinin ölçüm lokasyonlarının yaklaşık %80 inde RMQR değerinden büyük olduğu görülmüştür. Bu durum RMR değerinde aralık ve RQD nin birlikte kullanılması ile süreksizlik yoğunluğundaki tekrardan olduğu düşünülmektedir. RMR-RMQR korelasyonu Aydan ve diğ. Tarafınan önerilen korelasyon değeri aralığında olduğu saptanmıştır (Şekil 2A) Q-RMQR korelasyonunda ise ölçüm alanlarının çok büyük bir kısmının 1:1 doğrusunun üzerinde kaldığı ve Aydan ve diğ. (2013)'nin önerdiği eşitlikle paralellik sunduğu görülmektedir (Şekil 2B).



Şekil 2. (A) RMQR-RMR ve (B) RMQR-Q korelasyonları (A1 ve B1 :Aydan ve diğ. 2014, A2 ve B2: bu çalışma)

## SONUÇLAR VE TARTIŞMA

RMQR Kaya kütle sınıflama sistemi kendinden önceki sınıflama sisteminin eksiklerinin giderilmesi ile oluşan, süreksizlik parametrelerinin daha detaylı ele alındığı, yeni ve oldukça kullanışlı bir sistemdir. Sistemin yeni olması nedeni ile uygulandığı proje sayısı da diğer sınıflama sistemlerine göre oldukça azdır. Sistem yaygın olarak kullanıldıkça dinamik olarak gelişimi de devam edecektir. Bu çalışma kapsamında 51 lokasyona uygulanan sistemin kendi içerisinde tutarlılık gösterdiği görülmektedir. Yapılan bu çalışma sonucunda; süreksizlik aralığının >1.2m değerler için puanlama aralıklarının devam etmesine karşın RQD değerinin 100 için alacağı değer 8 olarak kalmaktadır. Diğer yandan sistemde, RQD değerleri %35 ve altı olmasına karşın, Aralık değeri <0.07m olarak belirlenmiştir. Süreksizlik aralığının bu değeri için her ne kadar literatürde, aralık değeri ile RQD arasındaki ilişkiyi gösteren ampirik eşitliklerde (Priest and Hudson, 1976; Sen and Kazi, 1984; Sen, 1993) S=7 için ortalama RQD %20-%55 arasında hesaplanırsa

da Pratikte 7 cm altında çatlak aralığı içeren kaya kütlelerinin RQD değeri oldukça düşük olacaktır. Bu durum yüzey ve yeraltı çalışmalarında değerlendirme güçlüğü yaşanmasına neden olacaktır.

Diğer kaya kütle sınıflama sistemlerinde olmayan, malzemesinin su emme durumu sistemin önemli parametrelerinden biridir.

Özellikle su emme de nitel sınıflama yani sıra laboratuvar değerleri de ilave edilmesi puanlamanın daha sağlıklı yapılmasına yardımcı olacaktır.

## KATKI BELİRTME

Yazarlar arazi çalışmaları sırasında göstermiş oldukları yardımlardan dolayı, LİMİT Teknik A.Ş. ve Sönmez Jeoteknik. Firmalarına teşekkür eder.

## KAYNAKLAR

Aydan Ö., Ulusay R. Tokashiki N., 2013. A New Rock Mass Quality Rating System: Rock Mass Quality Rating (RMQR) and Its Application to the Estimation of Geomechanical Characteristics of Rock Masses. Rock Mech. and Rock Eng., 47:1255-1276.

Barton, N., 2002. Some new Q – value correlations to assist in site characterisation and tunnel design. Int. Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences 39, pp 185-216.

Barton, N., Lien, R. And Lunde J., 1974, Engineering Classification of Rock Masses for the Design of Tunnel Support, Rock Mech., V. 6, pp 189-236.

Bieniawski, Z.T., 1973. Engineering classification of jointed rock masses. Trans. South African Inst. Civil Engineering, 15, 335-344.

Bieniawski, Z.T., 1976. Rock mass classification in rock engineering. Proc. Sym. on Exploration for Rock Engineering, Cape Town,

Balkema, 97-106.

Bieniawski, Z.T., 1979. The Geomechanics classification in rock engineering applications. Proc. 4 th Cong. Rock Mechanics, ISRM, Montreux, Vol. 2, 4-48.

Bieniawski, Z.T., 1989. Engineering Rock Mass Classifications. John Wiley and Sons, 237 pp.

Çakırer A. O. 2011. Cindere Barajı (Denizli-Güney) Yenicekent İletim Tüneli'nin Mühendislik Jeolojisi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 141 s, Isparta, Türkiye.

Deere, D. U., 1963. Technical description of rock cores for engineering purposes. Rock Mechanics and Rock Engineering, 1, 17-22.

Erik, D.,2016. Sivas-Yıldızeli-Ankara Devlet yolu Km: 28+000-28+500 kaya yarması kaya düşmesi analizi, 8 S, Sivas (Yayınlanmamış).

Hoek, E., 2000. Rock Engineering, Course notes by Evert Hoek, Hoek's Corner. www.roscience.com., 313p

ISRM, 2007. The Complete ISRM Suggested Methods for Rock Characterization, Testing and Monitoring, eds: Ulusay, R., J.A. Hudson, Kozan Offset Press, Ankara, pp. 153-154.

Limit, 2014. (Malatya - Gölbaşı) ayr. - Hekimhan - 16. Bl. Hd. 1. Kısım Yolu Km.0+000.000 - 53+570.000 arası sağ hat Km. 42+830.00 - 43+070.00 arası tünel geçişi (sarsap tüneli) ön proje jeolojik - jeoteknik etüt raporu, 73 S, Ankara ( Yayınlanmamış)

Limit, 2015. Zara-Suşehri yolu, Gemin beli tüneli kesin proje jeolojik - jeoteknik etüt raporu, 195 S, Ankara (Yayınlanmamış) Limit, 2016. Ermenek çevre yolu Km. 7+150.00 - 7+570.00 arası yarması geoteknik proje, 73

S, Ankara (Yayınlanmamış)

Özkan. İ ve Ünal, E.,2012, Kaya kütle sınıflama sistemleri ve M-RMR sınıflama sisteminin yeri, Gelişme Raporu, Selçuk Üniversitesi, Konya, 85s. (yayınlanmamış)

Priest SD, Hudson J., 1976. Discontinuity spacing in rock. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences & Geomechanics Abstracts;13(5): 135e48.

Ritter, W. 1879. Die Statik der Tunnelgewölbe. Berlin: Springer.

Sen Z, Kazi A., 1984. Discontinuity spacing and RQD estimates from finite length scanlines. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences & Geomechanics Abstracts;21(4):203e12.

Sen Z., 1993. RQD-fracture frequency chart based on a Weibull distribution. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences & Geomechanics Abstracts; 30(5):555e7.

Sönmez Jeoteknik, 2017 (Türkeli-Ayancık) ayr. - Erfelek-(Sinop-Boyabat) ayr. yolu Km:20+750-21+200 Heyelanı, Jeolojik-Jeoteknik araştırma raporu. 34 S, Samsun. ( Yayınlanmamış)

Terzaghi, K., 1946., Rock Defects And Loads On Tunnel Supports. I Rock Tunneling with Steel Supports,ed. R. V. Proctorand T. White, Commercial Shearing Co.,Youngstown, OH, 1946, pp. 15-99

Üstüner E. 2011. Büyük Karaçay Barajı (Hatay-Samandağ) Derivasyon Tüneli Mühendislik Jeolojisi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 116 s, Isparta, Türkiye.



## Yedigöller Köyü (İspir, Erzurum) Kaya Düşme Potansiyelinin Değerlendirilmesi

*Assesment of Rockfall Potential of Yedigöller Village (İspir, Erzurum)*

**Hakan Ersoy, Murat Karahan**

*Karadeniz Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 61080, Trabzon*

*(ersoy@ktu.edu.tr)*

**Öz:** Bu çalışmada, Yedigöller Köyü (İspir, Erzurum) kuzey kesiminde bulunan bir yamaç için kaya düşme potansiyeli değerlendirilmiş, risk azaltma uygulamalarına yönelik önerilerde bulunulmuştur. Yaklaşık 1000 metre uzunluğa, 300 metre genişliğe ve ortalama 30-40 derece eğime sahip yamaçta irili ufaklı yüzlerce kaya bloğu bulunmaktadır. Bununla birlikte özellikle derin vadilerin yüksek kotlarında orta derecede ayrılmış ve süreksizliklerle bölünmüş kaya kütleleri de köy için tehlike arz etmektedir. Bu çalışma kapsamında eğim, blok kütlesi, hareket mesafesi, yerleşime yakınlık gibi faktörler dikkate alınarak çalışma konusu yamaç farklı bölgelere ayrılmış, her bölge için farklı değerlendirme yapılmıştır. Genel olarak eğimin sabit olduğu, sadece blok içeren ve yerleşime uzak bölgeler için yaklaşık 1 m derinliğinde ve 2 metre genişliğinde sıçrama hendekleri tasarlanmış, hendeklerin performansı Rockfall 4.0 yazılımı ile test edilmiş ve bu uygulamanın 500 kg'dan az kütleyle sahip bloklar için uygun olduğu belirlenmiştir. Daha büyük bloklar için ise kimyasal kırıcılar önerilmiştir. Özellikle yüksek eğimli ve yerleşime yakın bölgelerde hendeklerin uygun olmadığı analizler sonucu belirlenmiş, en büyük blok kütlesine göre çelik bariyer kapasiteleri önerilmiştir. Yapılan analizler değerlendirildiğinde, bu bölge için en az 1410 kJ kapasiteli (15.2 m/s hız karşısında) ve 2.5 metre yüksekliğinde çelik ağların kullanılması önerilmektedir. Her ne kadar uygulamalarda sıkça tercih edilen 2 boyutlu analizler ile sonuçlar alınsa da, bu tür çalışmaların 3 boyutlu analizlerle desteklenmesi gerekmektedir. Bununla birlikte kaya düşme potansiyeli değerlendirmelerinde riskin tamamen ortadan kaldırılması mümkün olmayıp, bu tür uygulamaların riski en düşük seviyeye indirmek amaçlı olduğu unutulmamalıdır.

**Anahtar Kelimeler:** Çelik bariyer, Kaya düşmesi, Kimyasal kırıcı, Yedigöller

**Abstract:** In this study, rockfall potential was evaluated for a slope in the northern part of Yedigöller Village (İspir, Erzurum) and recommendations were made for risk reduction applications. There are hundreds of big and small rock blocks on the slope having a length of 1000 meters, a width of 300 meters and a slope of 30-40 degrees. However, the rock masses moderately weathered and disintegrated by discontinuities at high elevations of the deep valleys are particularly dangerous for the village. In this study, the study area was divided into different zones considering the factors such as slope degree, block size, distance of movement and location of settlement, and different evaluations were made for each zone. Generally, the ditches are designed about 1 m deep and 2 meters wide for the zones with constant slope, performance of ditches were tested using Rockfall 4.0 software and it was determined that this application is suitable for blocks with masses less than 500 kg. For larger blocks, chemical crushers have



been proposed. Analyses indicate that the ditches are not suitable for the high slope areas, catch barrier capacities were determined according to the largest block mass. Based on the evaluation of the analyses, it is recommended to use steel catch barrier with a minimum capacity of 1410 kJ (at a speed of 15.2 m/s) and a height of 2.5 meters for this region. Although the results of 2-dimensional analysis are frequently preferred in applications, such studies should be supported by 3-dimensional analysis. However, it is not possible to completely eliminate the risk in the evaluation of rock fall potential and it should be kept in mind that such practices are aimed at minimizing the risk.

**Keywords:** Catch barrier, Rockfall, Chemical crushers, Yedigöller

## GİRİŞ

Bu çalışmada, Yedigöller Köyü'nün (İspir, Erzurum) kuzey kesimlerindeki yamaçlar kaya düşme potansiyeli açısından değerlendirilmiş, risk azaltmaya yönelik önerilerde bulunulmuştur. İspir ilçesinin (Erzurum) 40 km kuzeydoğusunda yer alan çalışma sahası 1/25000 ölçekli Tortum G45-c2 paftası içerisinde bulunmaktadır.

Ülkemizin dünya üzerindeki konumu nedeniyle, depremler, heyelanlar, çığ ve taşkın gibi doğa olaylarının sürekli bir şekilde yaşanmakta ve çoğu kez bu doğa olayları doğal afetlere dönüşebilmektedir. Yaklaşık son 50 yıllık dönem için ülkemizdeki afet türüne göre olay sayıları ile bunlara bağlı olarak kayda geçen afetzede sayıları dikkate alındığında heyelanlar ve kaya düşmelerinin % 27.6 oranla önemli bir yer tuttuğu anlaşılmaktadır (Artuç 2014).

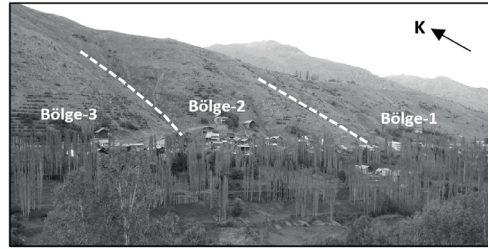
Bu çalışma kapsamında da, tüm yöntemler değerlendirilmiş, yamaç eğimi, blok kütlesi, hareket mesafesi ve yerleşim durumu dikkate alınarak risk azaltma yöntemleri değerlendirilmiştir.

## ÇALIŞMA SAHASININ GENEL DURUMU

Bu çalışma kapsamında Erzurum İli İspir İlçesi Yedigöller Köyü sınırları içerisinde bulunan ve güney yönlü bakıya sahip olan bir yamaçta (Şekil 1) dağınık halde bulunan kaya

bloklarından kaynaklanacak riskler ortaya koyulmaya çalışılmıştır.

Çalışma alanında birkaç kg'dan tonlarca ağırlığa kadar irili ufaklı yüzlerce blok bulunmaktadır ve bu bloklar aşağı kotlarda bulunan haneler için tehlike arz etmektedir (Şekil 2).



Şekil 1. Çalışma konusu yamaç ve yamaç tabanında bulunan Yedigöller Köyü



Şekil 2. Çalışma konusu yamaç üzerinde bulunan farklı boyutlardaki bloklar

Genel olarak yamaç yüzeyi 20-50 cm kalınlığında moloz ve toprak örtü ile kaplıdır. An-

çak vadi üst kotlarında birkaç metre yüksekliğinde dik falezler yüzeylenmektedir. Bloklar genel olarak granit, granodiyorit, tonalit, kuvarsmonzonit ve diyorit bileşimli kayalardan oluşan Üst Kretase-Paleosen yaşlı Kaçkar Granitlerine (Güven 1993) aittir.

## KAYA DÜŞME SINIFLAMA SİSTEMİ

Kaya kütlelerinin mühendislik davranışının tam olarak anlaşılması amacıyla birçok kaya kütle sınıflama sistemi geliştirilmiştir (Barton 1976, 1988; Bieniawski, 1989). Yeraltı kazıları için geliştirilen bazı kaya kütle sınıflandırmaları sonraki yıllarda şevler için de uygulanabilmiş (Bieniawski, 1989) veya yeniden düzenlenmiştir (Romana, 1993). Bu çalışma kapsamında çalışma konusu yamaç Saroglou vd. (2012) tarafından önerilen kaya düşme riski potansiyeline göre “orta riskli” olarak sınıflandırılmıştır.

## KAYA DÜŞME POTANSİYELİ

Çalışma kapsamında yamaç, morfolojik özellikler, eğim, blok kütlesi ve sıklığı, yerleşim durumu gibi faktörler dikkate alınarak çalışma konusu yamaç 3 farklı bölgeye ayrılmıştır.

### Bölge-1

Çalışma sahasının doğu kesiminde bulunan alan Bölge-1 olarak tanımlanmıştır. Proje sahasındaki diğer bölgelerinden farklı olarak sabit bir eğime (30-40 derece arasında) ve derin olmayan vadilere sahiptir. Bölgede irili ufaklı birçok kaya bloğu bulunmaktadır.

Bu alanda yamaç düzenli bir yapı sunmaktadır. Yamaçta hareketlenecek bir bloğun sıçramasına neden olacak bir engebeli yüzey mevcut değildir. Bu nedenle genel olarak bu bölgede sıçramadan ziyade yamaç yüzeyi boyunca yuvarlanma meydana gelir. Bölgenin orta ve batı kesimlerinde yapılaşma hakim olup, bu bölgede yapılaşma ile yamacın ara-

sında düşme riskinden kaynaklanacak etkiyi azaltacak bir düzlük bulunmaktadır.

Eğimli vadiler dışında bu bölgede herhangi bir etkiyle (deprem, ağırlı yağış, sellenme, ayrışma, donma-çözülme vb) yuvarlanacak blokların sıçrama hendekleri ile engellenmesi en etkili çözüm olacaktır. Bu nedenle üst kotta 1.5 m, alt kotta 0.5 m derinliğinde ve 2.00 metre uzunluğunda kazılacak hendekler için Rockfall 4.0 programı kullanılarak analizler yapılmış, planlanan hendeğin performansı araştırılmıştır. Farklı kesitlerde yapılan analizlerde hareket eden blok kütlesi 500 kg olarak tanımlanmış ve bu büyüklükte blokların planlanan hendeğin içinde kaldığı belirlenmiştir.

500 kg'dan daha yüksek kütleli blokların planlanan hendeği aştığı, daha derin hendek kazılmasının ise kütle hareketi riskini arttıracığı bilindiği için daha yüksek kütleli blokların kimyasal kırıcılarla kırılması ve kütlelerinin 500 kg'ın altına düşürülmesi planlanmıştır.

### Bölge-2

Çalışma sahasının orta kesiminde bulunan ve iki kuru dere vadisi arasında kalan alan Bölge-2 olarak tanımlanmıştır. Sabit bir eğime (30-45 derece) sahip olan alanda irili ufaklı birçok kaya bloğu bulunmaktadır.

Bu alanda yamaç, vadiler haricinde düzenli bir yapı sunmaktadır. Yamaçta hareketlenecek bir bloğun sıçramasına neden olacak bir engebeli yüzey mevcut değildir. Bu nedenle genel olarak bu bölgede sıçramadan ziyade yamaç yüzeyi boyunca yuvarlanma meydana gelir. Vadi tabanının tamamında yapılaşma hâkim olup, bu bölgede yapılaşma ile yamacın arasında düşme riskinden kaynaklanacak etkiyi azaltacak bir düzlük mevcut değildir. Bu nedenle hareketlenecek her blok doğrudan risk oluşturmaktadır.

Bu bölgede, Bölge-1'in aksine dağınık bloklardan daha çok, ayrışmaya bağlı olarak dağılmış kaya mostraları gözlemlenmiştir. Bu blokların bir kısmı süreksizlik düzlemleri ile birbirleriyle ayrılmışken, çoğunlukla parçalı bir yapı sunan kaya kütleleri bulunmaktadır. Bu nedenle bu tür alanlarda kimyasal kırıcı kullanarak kontrollü küçültme yapmak mümkün değildir. Her ne kadar bu tür kaya kütlelerinin çelik ağlarla sarılması önerilse de alanda çok sayıda bağımsız bloğun bulunması bu önlemin de bütünsel açıdan uygun olmayacağını göstermektedir. Bu nedenle yamacın mevcut köye yakınlığı da düşünülerek çelik bariyer sistemlerinin vadi tabanı boyunca kurulması önerilmektedir. Bu amaçla vadilerde bulunan en büyük kaya blokları (5-10 ton) dikkate alınarak farklı kesit hatları boyunca analizler yapılmış ve bu blokların planlanan bariyere çarpacağı enerji ve hızlar Rockfall 4.0 yazılımı kullanılarak hesaplanmıştır.

Elde edilen veriler değerlendirildiğinde bu bölge için en az 1410 kJ kapasiteli (15.2 m/s hız karşısında) ve 2.5 metre yüksekliğinde çelik ağların kullanılması önerilmektedir.

### **Bölge-3**

Proje sahasının batı kesiminde bulunan Bölge-3 olarak tanımlanmıştır. Genel olarak sabit bir eğime (30-45 derece) sahip olan alanda irili ufaklı birçok kaya bloğu bulunduğu gibi, yüzeylenmiş kırıklı kaya mostraları da mevcuttur.

Mostra vermiş kaya kütleleri dışında, bu bölgede herhangi bir etkiyle yuvarlanacak blokların sıçrama hendekleri ile engellenmesi en etkili çözüm olacaktır. Bu nedenle üst kotta 1.5 m, alt kotta 0.5 m derinliğinde ve 2.00 metre genişliğinde kazılacak hendekler için Rockfall 4.0 programı kullanılarak analizleri yapılmış, planlanan hendeğin performansı araştırılmıştır. Farklı kesitlerde analizlerde hareket eden blok kütlesi 500

kg olarak tanımlanmış ve bu büyüklükte blokların planlanan hendeğin içinde kaldığı belirlenmiştir. 500 kg'dan daha fazla kütleli blokların planlanan hendeği aştığı, daha derin hendek kazılmasının ise kütle hareketi riskini arttıracacağı bilindiği için daha yüksek kütleli blokların kimyasal kırıcılarla kırılması ve kütlelerinin 500 kg'ın altına düşürülmesi planlanmıştır.

### **SONUÇLAR VE TARTIŞMA**

Çalışma sahasının doğu ve batı kesimlerinde bulunan ve sabit eğime sahip alanlarda çoğunlukla irili ufaklı birçok kaya bloğu gözlemlenmiştir. Bölgede yerleşim alanına uzaklık dikkate alındığında herhangi bir etkiyle yuvarlanacak blokların sıçrama hendekleri ile engellenmesi en etkili çözüm olacaktır. Bu nedenle üst kotta 1.5 m, alt kotta 0.5 m derinliğinde ve 2.00 metre genişliğinde kazılacak hendekler için Rockfall 4.0 programı kullanılarak analizler yapılmış, kütlesi 500 kg'dan az olan blokların planlanan hendeğin içinde kaldığı belirlenmiştir. Bölgede, 500 kg'dan daha fazla yüksek kütleli blokların kimyasal kırıcılarla kırılması ve kütlelerinin 500 kg'ın altına düşürülmesi önerilmektedir.

Proje sahasının orta kesiminde bulunan bölgede bloklardan daha çok, ayrışmaya bağlı olarak dağılmış kaya mostraları gözlemlenmiştir. Bununla birlikte, süreksizlik düzlemleri açılmış parçalı bir yapı sunan kaya kütleleri bulunmaktadır. Bu nedenle bu tür alanlarda kimyasal kırıcı kullanarak kontrollü küçültme yapmak mümkün değildir. Her ne kadar bu tür kaya kütlelerinin çelik ağlarla sarılması önerilse de, alanda çok sayıda bağımsız kütlelerin bulunması bu önlemin de bütünsel açıdan uygun olmayacağını göstermektedir. Bu nedenle yamacın mevcut köye yakınlığı da düşünülerek çelik bariyer sistemlerinin vadi tabanı boyunca kurulması önerilmiştir. Bu amaçla vadilerde bulunan en büyük kaya blokları (5-10 ton) dikkate alın-



rak farklı kesitler boyunca Rockfall 4.0 programı kullanılarak analizler yapılmış ve bu blokların planlanan bariyere çarpacağı enerji ve hızlar hesaplanmıştır. Elde edilen veriler değerlendirildiğinde bu bölge için en az 1410 kJ kapasiteli (15.2 m/s hız karşısında) ve 2.5 metre yüksekliğinde çelik ağların kullanılması önerilmektedir.

Bu tür uygulamaların kütle hareket riskini tamamen ortadan kaldırmaya yönelik olmadığı, bu riski en aza indireyecek nitelikte olduğu da göz ardı edilmemeli, gerekli görülürse 3 boyutlu analizler uygulanarak kaya düşme risk haritaları hazırlanmalıdır.

## **KAYNAKLAR**

Barton, N.R., 1976. Recent Experiences with the Q System of Tunnel Support Design. In: Bieniawski Z.T (ed) Proceedings Symposium on Exploration for Rock Engineering, Johannesburg. Balkema, Rotterdam, 107–117.

Bieniawski, Z.T., 1989. Engineering Rock Mass Classification. Wiley, Chichester. (251 pp)

Grassl, H., Volkwein, A., and Bartelt P. 2002. Experimental and Numerical Modeling of Highly Flexible Rockfall Protection Barriers, Swiss Federal Institute of Snow and Avalanche Research SLF

Romana, M., 1993. A Geomechanics Classification for Slopes: Slope Mass Rating. (In Comprehensive Rock Engineering. Ed. I. Hudson). Pergamon.

Saroglou, H., Marinos, V., Marinos, P. and Tsiambaos, G., 2012. Rockfall Hazard and Risk Assessment: an Example from a High Promontory at the Historical Site of Monemvasia, Greece. Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 12, 1823–1836.



## Isıl Etkiye Maruz Kalmış Granit Ve Mermer Örneklerinin Fiziksel Ve Mekanik Özelliklerindeki Değişimin Araştırılması

### *Investigation Of The Variation In Physical And Mechanical Properties Of Granite And Marble Samples Subjected To Thermal Effect*

**Dilek Karapınar**

*İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği, Maslak, İstanbul  
(dilekkarapinar@itu.edu.tr)*

**Öz:** Kayaların fiziksel ve mekanik özelliklerinde değişimlere neden olan faktörlerden biri de sıcaklıktır. Isıl etki olarak adlandırılan bu etki; kayaların yüksek sıcaklıklara maruz kaldıkları ortamlar dışında ayrıca yangınların meydana geldiği taş yapılarda yangınla birlikte gelişen sıcaklık artışlarıyla birlikte kendisini göstermektedir. Yangınları temsil edilen ısıl etkinin değerlendirilmesinde genellikle yangın sonrası durum dikkate alınarak, ısıl işleme tabi tutulmuş örnekler üzerinde yapılan deneylerle sıcaklığa bağlı değişimler incelenmektedir. Dünyada daha fazla ilgi duyulan bu konuda, ülkemizde, yapı taşı olarak kullanılan ısıl etkiye maruz kalmış bazı kaya türlerinin fiziksel ve mekanik özelliklerinin incelendiği sınırlı sayıda çalışma mevcuttur.

Bu çalışmada, biri tek (mermer) diğeri çok mineralden oluşan (granit) iki farklı kaya türü kullanılmış olup, deneysel çalışmalar önceden farklı sıcaklıklarda ısıl işleme tabi tutulmuş ve soğutulmuş örnekler üzerinde yürütülmüştür. Isıl işlem için uygulanacak sıcaklığın üst seviyesi her iki kayacın mineralojik bileşimi dikkate alınarak sınırlandırılmıştır. Bu sıcaklık mermer için 600°C, granit için ise 1000°C alınmıştır. Deneysel çalışmaların sonucunda, her iki kaya türünde de ısıl işlem sıcaklığı arttığında, görünür gözeneklilikte artış, diğer fiziksel ve mekanik özelliklerde ise önemli bir düşüşün olduğu anlaşılmıştır. Bu çalışmanın sonuçları, diğer araştırmacıların yapmış olduğu benzer çalışmaların sonuçlarıyla karşılaştırıldığında birbirleriyle uyumlu olduğu görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Fiziksel ve mekanik özellikler, granit, mermer, ısıl etki, sıcaklık.

**Abstract:** One of the factors affecting physical and mechanical properties of rocks is temperature. This effect, which is called thermal effect, where the rocks are exposed to high temperatures. There is also a rise in the temperature with the fire in the stone structures where the fires occur. In the assessment of the thermal effect which represents fires, by considering the conditions after fires, changes due to temperature are evaluated on the specimens which were subjected to thermal treatment. More interested in the world on this subject, in our country, there are a limited number of studies investigating the physical and mechanical properties of some rock types exposed to the thermal effects used as building stones.

In this study, two different types of rock were used, one of which was composed of poly minerals (granite) the other one was mono mineral (marble). The experimental studies were perfor-

med on specimens heated up to different temperatures and then cooled at room temperature. The upper level of the temperature applied for the heat treatment is limited by considering the mineralogical composition of both rocks. This temperature for the marble is 600°C and the granite is 1000°C. As a result of experimental studies, it was obtained that when temperature of thermal treatment increases for both rock types, there was an increase in porosity and a significant decrease in other physical and mechanical properties. The results of this study were found to be compatible with the results of similar studies performed by previous researchers.

**Keywords:** Granite, marble, physical and mechanical properties, temperature, thermal effect.

## 1. GİRİŞ

Kayaların fiziksel ve mekanik özelliklerinde önemli düzeyde değişime neden olan faktörlerden biri de sıcaklıktır. Günümüzde radyoaktif atıkların yer altında kaya kütleleri içinde depolanması, yeraltında kömür damarlarından gaz üretimi, jeotermal enerji ve ham petrol rezervuarlarından üretim, büyük derinliklerde yer altı madencilik uygulamaları vb. 1000°C'ye ulaşan ve hatta bu değeri aşan (Ranjith vd., 2012) yüksek sıcaklığın kayaların jeomekanik özellikleri üzerinde etkili olduğu bilinmektedir (örn.; Mao vd., 2009; Chen vd., 2012; Zhang vd., 2103). Bu konu ayrıca inşasında doğal taşın da kullanıldığı yapılarda ve tünellerde meydana gelen yangınların neden olduğu ve literatürde kısa sürede 1500°C'ye ulaştığı ifade edilen (Saiang, 2011) sıcaklıkların etkilerini de kapsamaktadır.

Yangına maruz kalmış yapılarda kullanılan kayaların ve ayrıca yapı taşı malzemelerinin fiziksel ve mekanik özelliklerinin sıcaklığa bağlı değişiminin incelenmesi literatürde en yaygın şekilde kullanılan yöntemlere göre, örnekler belirlenen sıcaklığa kadar fırında ısıtılıp, soğutulduktan sonra oda sıcaklığında deneye tabi tutulmuştur (örn. Ferrero ve Marini, 2001; Hajpal vd., 2004; Özgüven ve Özçelik, 2014; Liu ve Xu, 2014). Bu çalışmada da benzer bir yol izlenmiştir. Gerek ülkemizde gerekse diğer ülkelerde yapılmış çalışmalarda sıcaklığın 800-1000°C düzeyine çıkarılmış olanlar oldukça sınırlıdır. Bunun yanı

sıra, sıcaklığa bağlı olarak fiziksel ve mekanik özelliklerdeki değişimlerin araştırılması konusu son yıllarda ilgi odağı haline gelmiştir. Yukarıda değinilen hususlar dikkate alınarak, sadece belirli sıcaklıklara kadar bir kez ısıtıldıktan sonra soğutulup oda sıcaklığında bekletilmiş örnekler üzerinde deneysel çalışmalar yürütülmüştür. Çalışmanın ısı etkiye maruz kalmış kayaların fiziksel ve mekanik özelliklerindeki değişim konusunda önceki çalışmalara katkı sağlanması ve benzer çalışmaların sonuçları karşılaştırılarak incelenen kaya türlerinin sıcaklık artışından genel olarak belirgin şekilde etkilenmeye başladığı eşik sıcaklığın saptanması hedeflenmiştir.

## 2. MALZEME VE YÖNTEM

Gerek kullanım alanı genişliği bakımından, gerekse çalışma sonuçlarının önceki çalışmaların sonuçlarıyla karşılaştırılabilmesi açısından, bu çalışmada granit ve mermer olmak üzere iki farklı kaya türü kullanılmıştır. Deneysel çalışmalarda Kırşehir (Kaman) Graniti ve Afyon Beyaz Mermeri kullanılmıştır. Kullanılan granit mineralojik bileşen olarak feldispat, kuvars, biyotit ve amfibolden oluşmaktadır. Kayacın dokusu içerisinde tali mineral olarak ta manyetit bulunmaktadır. İncelenen mermer ise eş boyutlu kalsit kristallerinin görüldüğü granoblastik dokuya sahip olup, ince tanelidir.

Laboratuvar deneyleri, ISRM (2007) tarafından önerilmiş yöntemlere göre, NX (54.7

mm) çaplı silindirik örnekler üzerinde yapılmıştır.

Bildiride değinilen örneklerin kodlaması harf ve rakamlardan oluşturulmuştur. G ve M harfleri sırasıyla Granit ve Mermer'i, 1, 2, 3, 4, 5, 6 ve 7 rakamları ise sırasıyla; orijinal örnek (ısıl etkiye tabi tutulmamış), 100°C, 200°C, 400°C, 600°C, 800°C ve 1000°C sıcaklıklarda ısıl etkiye maruz bırakılmış ve soğutulmuş örnekleri temsil etmektedir.

Hazırlanan örnekler, Protherm marka PLF serisi elektronik fırın kullanılarak ısıl işleme tabi tutulmuştur. Örneklerde ani ısınma ve soğumaya bağlı gelişebilecek kırıklar ve hasarı önlemek amacıyla sıcaklık artış hızı düşük (0.8-1.5°C/dak) tutulmuştur. Fırın sıcaklığı hedef sıcaklığa ulaşıldıktan sonra örnekler bu sıcaklıkta 2 saat süreyle bekletilmiştir. Daha sonra, örnekler fırının kapağı açılmadan oda sıcaklığına düşünceye kadar soğutulmuştur. Kaya mekaniği deneyleri yapılarına değin, sahip oldukları nem içeriği koşullarının değişmemesi için tüm örnekler dessikatörde bekletilmiştir.

Çalışmada kapsamında; birim hacim ağırlık, görünür gözeneklilik, P-dalgı hızı ve suda dağılmaya karşı duraylılık deneyleri ile tek eksenli sıkışma dayanımı ve dolaylı çekilme dayanımı deneyleri yapılmıştır. Görünür gözeneklilik değeri hem ISRM (2007) tarafından önerilen yöntem ile, hem de X-ışınları bilgisayarlı tomografi çekim yöntemiyle (Obara, 2017) hesaplanmıştır.

### 3.DENEYSEL ÇALIŞMALARIN SONUÇLARI VE ÖNCEKİ ÇALIŞMALARLA KARŞILAŞTIRMA

Granit örneklerinin 1000°C, mermer örneklerinin ise 600°C ısıl etkiye maruz bırakılması sonucunda incelenen fiziksel ve mekanik özelliklerinde oluşan değişimler Çizelge 1'de özetlenmiştir (Karapınar, 2017). Çizelge 1'de anlaşılacağı üzere, her iki kaya türünde

de sıcak artışı örneklerin gözeneklilik değeri dışındaki tüm özelliklerinin azalmasına neden olmuştur. İki farklı deney yöntemiyle ortaya konan gözeneklilik değeri ise büyük ölçüde uyumludur.

Yapılan bu çalışmada elde edilen deney sonuçları mermer ve granitlerde aynı yöntem kullanılarak yapılmış daha önceki çalışmaların sonuçlarıyla karşılaştırıldığında oldukça benzer eğilimlerin olduğu görülmüştür. Karşılaştırılan çalışmalar için belirlenen ortalama genel eğilim çizgisi esas alınarak, her iki tür kaya için sıcaklık artışına bağlı olarak araştırılan özelliklerde değişimlerin başladığı eşik sıcaklık değeri belirlenmiştir (Karapınar, 2017).

### 4.SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Kaman graniti ve Afyon Mermeri örneklerinin mineralojik bileşiminin ısıl işlemede uygulanan sıcaklıklardan etkilenmemesi için ısıl işlem sıcaklığı sınırlandırılmıştır. Kalsit kristalinin sıcaklık karşısındaki davranışı (Diferensiyel Termal Analiz Eğrisi) göz önünde bulundurularak 600°C ısıl işlem sıcaklığı olarak seçilmiştir (Mahmutoglu,2006).

Isıl işlem sonucu kayaç dokusunda, tane sınırlarında açılma ve örselenme oluşmuş taneler arası bağlar zayıflamıştır. Bunun sonucunda, her iki kayacın görünür gözenekliliği kayda değer oranda artmıştır. Gözenekliliğin bu denli artması kayaların mekanik özelliklerinin olumsuz anlamda değiştirmesine neden olduğu düşünülmektedir.

Sıcaklığın granit ve mermer örnekleri için sırasıyla 800°C ve 350°C'yi aşması halinde, suda aşınmaya dayanıklılığı çok fazla etkilediği belirlenmiştir. Bu durum, yapı malzemesi olarak bu tür kayaların kullanılmalari halinde, yaşanabilecek yangın olaylarından etkilenebileceğini göstermektedir.

Çalışma sonucunda, ısıl etkiden dolayı kaya

Çizelge 1. İncelenen örneklerin ısı ile etkilenen özellikleri (\*: G ve M kaya türünü 1,2,3,4,5,6,7 ise ısı ile işlem sıcaklık değerlerini gösterir)

*Örnek Kodu	Birim Hacim Ağırlık (kN/m <sup>3</sup> )	Görüntür Gözeneklilik (ISRM) (%)	Görüntür Gözeneklilik(X-İŞİNİ CT)		P-dalga Hızı (m/s)	Suda Dağılmaya Karşı Duraylılık İndeksi (%)	Tek Eksenli Sıkışma Dayanımı (MPa)	Çökülme Dayanımı (MPa)
			Düşey kesit	Yatay kesit				
G1(Orijinal)	26,08	0,62	-	-	4115	98,77	110	8
G2	26,10	0,95	-	-	3977	98,57	110	9
G3	26,07	1,08	0,13	0,77	3559	98,78	123	8
G4	25,95	1,24	0,27	0,77	2727	98,66	79	7
G5	25,63	2,11	2,08	1,51	1291	92,64	70	4
G6	25,14	3,48	3,24	3,76	1098	78,07	40	1
G7	24,86	4,51	7,10	5,79	516	32,33	20	1
M1 (Orijinal)	26,42	0,26	-	-	4801	97,98	51	3
M2	26,44	0,29	-	-	3913	97,79	67	6
M3	26,31	0,50	0,25	0,10	2559	92,23	66	4
M4	26,02	1,60	1,26	1,34	1267	42,16	34	2
M5	25,68	2,32	3,50	2,20	910	6,1	6	1

özelliklerinde oluşabilecek değişimlerin hasarsız deney tekniği deneyleri yardımıyla kestirilebileceği anlaşılmıştır.

Atmosfer sıcaklığının etkisi nedeniyle antik ve tarihi yapılarda kullanılan yapı taşlarındaki fiziksel ayrışma sürecinin (weathering) anlaşılması ve düzeyinin belirlenmesi açısından bu tür çalışmaların, düşük sıcaklıklarda, farklı türden kayalar üzerinde de yürütülmesi önerilmektedir.

## 5. KATKI BELİRTME

Bu bildiriye kaynaklık eden tez çalışmamın her aşamasında bana yol gösteren, tezin yapısal ve düşünsel şekillenmesinde büyük emeği geçen tez danışmanım Prof. Dr. Reşat ULUSAY'a ve çalışmalarımın olgunlaşmasına bilgi ve tecrübesiyle katkı sağlayan Doç. Dr. Yılmaz MAHMUTOĞLU'na teşekkürü bir borç bilirim.

## KAYNAKLAR

Ferrero, A. M. and Marini, P., 2001. Experimental Studies on the Mechanical Behaviour of two Thermal Cracked Marbles, *Rock Mech. Rock Eng.*, vol. 34, no. 1, pp. 57–66.

Hajpal, M. and Török, Á., 2004. Mineralogical and colour changes of quartz sandstones by heat, in *Environmental Geology*, vol. 46, no. 3–4, pp. 311–322.

Mahmutoğlu, Y., 2006. The effects of strain rate and saturation on a micro-cracked marble. *Engineering Geology*, 82, 137–144.

ISRM, *The Complete ISRM Suggested Methods for Rock Characterization, Testing and Monitoring; 1974–2006*, R.Ulusay, J.A. Hudson (eds.), *Suggested Methods prepared by the ISRM Commission on Testing Methods, Compilation Arranged by the ISRM Turkish National Group*, Ankara, p. 628, 2007.

Mao, X., Zhang, L., Li, T., and Liu, H., 2009.

Properties of failure mode and thermal damage for limestone at high temperature, *Min. Sci. Technol.*, vol. 19, no. 3, pp. 290–294.

Saiang, C. M., 2011. Influence of heat on the physical and mechanical properties of selected rock types, pp. 15–22.

Ranjith, P. G., Viète, D. R., Chen, B. J., and Perera, M. S. A., 2012. Transformation plasticity and the effect of temperature on the mechanical behaviour of Hawkesbury sandstone at atmospheric pressure, *Eng. Geol.*, vol. 151, pp. 120–127.

Chen, Y., Ni, J., Shao, W., and Azzam, R., 2012. Experimental study on the influence of temperature on the mechanical properties of granite under uni-axial compression and fatigue loading, *Int. J. Rock Mech. Min. Sci.*, vol. 56, pp. 62–66.

Zhang, L., Mao, X., Liu, R., Guo, X., and Ma, D., 2013. The Mechanical Properties of Mudstone at High Temperatures: an Experimental Study., *Rock Mech. Rock Eng.*

Ozguven, A. and Ozcelik, Y., 2014. Effects of high temperature on physico-mechanical properties of Turkish natural building stones, *Eng. Geol.*, vol. 183, pp. 127–136.

Liu, S. and Xu, J., 2014. International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences Mechanical properties of Qinling biotite granite after high temperature treatment, *Int. J. Rock Mech. Min. Sci.*, vol. 71, pp. 188–193.

Obara, Y., 2017. Rapor için PowerPoint Sunumu Kumamoto Üniversitesi, Japonya.

Karapınar, D., 2017., Isıl Etkiye Maruz Kalmış Granit ve Mermer Örneklerinin Fiziksel ve Mekanik Özelliklerindeki Değişiminin Araştırılması. Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 92s (yayınlanmamış)



**NEOTEKTONİK VE DEPREMSELLİK / NEOTECTONICS AND SEISMICITY**

Gürol SEYİTOĞLU - Serdar AKYÜZ - Ziyadin ÇAKIR - Korhan ESAT - Laura GREGORY -  
Azad SAĞLAM SELÇUK

---

***Sözlü Sunumlar/Oral Presentations***

***TAM METİN BİLDİRİLER/***

***PROCEEDINGS***







## Tectonic Significance of the Thrust Parallel-Normal Faulting in the Northern Makran Accretionary Wedge of Iran and Pakistan

*İran ve Pakistan 'da Yer Alan Makran Yığılım Karmaşığının Kuzeyinde Bindirmeye Paralel Normal Faylanmanın Tektonik Önemi*

Gürol Seyitoğlu<sup>1</sup>, Moosarezza Toori<sup>2</sup>, Korhan Esat<sup>1</sup>, Bülent Kaypak<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Dept. of Geological Eng., Tectonics Research Group, Ankara University, Gölbaşı, Ankara, Türkiye

<sup>2</sup>Arazi, 4th Section, 21st Street, No: 123, Zanjan, Iran

<sup>3</sup>Dept. of Geophysical Eng., Ankara University, Gölbaşı, Ankara, Türkiye  
(seyitoglu@ankara.edu.tr)

**Abstract:** The recent seismicity indicates that the normal fault induced intermediate-depth earthquakes occur along with the thrust-related earthquakes at the Makran region. The focal mechanism solutions of the earthquakes and the geological data show that the strikes of normal faults and thrusts are nearly parallel to each other. This paper suggests that some of the normal fault-related earthquakes in Makran region indicate the normal faulted northern margin of a pinched crustal wedge structure. The Jaz Murian and Mashkel depressions are located on the hanging wall of this margin. This suggestion differs from the classical view that interprets all normal fault-related earthquakes in this region as intraslab earthquakes in the northerly subducting oceanic lithosphere.

**Keywords:** Seismicity and tectonics, subduction zone processes, pinched crustal wedge, Indian ocean

**Öz:** Makran bölgesinin yakın zamandaki depremselliği, normal fayla ilişkili orta derinlikteki depremlerin bindirme ile ilişkili depremlerle birlikte meydana geldiğini göstermektedir. Bu depremlerin odak mekanizma çözümleri ve jeolojik veriler, normal fayların ve bindirmelelerin doğrultularının neredeyse birbirine paralel olduğunu göstermektedir. Bu çalışma, Makran bölgesindeki normal faylanmayla ilişkili depremlerin bazılarının bir kısırılmış kabuksal kama yapısının normal faylı kuzey kenarını işaret ettiğini öne sürmektedir. Jaz Murian ve Mashkel çöküntü alanları bu kenarın tavan bloğunda yer almaktadır. Bu öneri, bölgedeki normal faylanma ile ilişkili tüm depremleri, kuzeye doğru dalan okyanusal litosfer içerisindeki ‘dalan levha içi depremleri’ olarak yorumlayan klasik görüşten farklıdır.

**Anahtar Kelimeler:** Depremsellik ve tektonik, dalma-batma zonu süreçleri, kısırılmış tektonik kama, Hint okyanusu

### INTRODUCTION

The Makran region is part of the Tethyside orogenic collage (Şengör et al., 1988) and

is composed of an E-W trending Makran accretionary wedge, 900 km in length and extending between the Strait of Hormuz and Karachi (Pakistan) (Figure 1).

The Makran subduction belt is different from its counterparts elsewhere in the world. The average distance between trench and volcanic arc in subduction zones is 250 km but in Makran the volcanic arc developed at an average of 550 km away from the trench.

The subduction of the Arabian plate under the Helmand and Lut blocks of the Eurasian plate started in Early Cretaceous times (White and Ross, 1979; Berberian and King, 1981). GPS data indicate that this subduction is also active today (Reilinger et al., 2006;  $23.6 \pm 1.7$  mm/yr) (Figure 1).

Earth scientists working on accretionary wedges have realized that different tectonic styles such as subduction erosion, active accretion, subduction without accretion, and even normal faulting can develop at convergent plate boundaries and these structures are examined by Coulomb wedge and elastic models (Dahlen, 1984; 1990; Xiao et al., 1991; Yin, 1993).

It is documented that some of the subduction zones have normal faulting coeval with thrusts in the rear of accretionary wedge (Cashman and Kelsey, 1990). Moreover, Wheeler (1991), Harms et al. (1992), Ring and Glodny (2010) determined that an extrusion wedge bounding by thrust and normal faults can explain the exhumation of ultra-high-pressure rocks in a subduction setting and the extrusion wedge's normal faulted margin named as a shortening-induced normal fault (Ring and Glodny, 2010).

Many ancient orogens also have active normal faults during accretion (Platt, 1993). A well-known example is the Himalayas. The normal faulting lying parallel to the Main Central or Boundary Thrusts has been determined and it is suggested that these structures

might be simultaneously active (Burg et al., 1984; Burchfiel and Royden, 1985). In order to explain the structures in the Himalayas, Chemenda et al. (1995) performed tests on a physical model, considering erosional unloading and demonstrating the rising of a crustal slice bounded by thrust and normal faulting. Beaumont et al. (2001) suggested that a low viscosity channel model could explain normal faulting coeval with thrusting in the Himalayas, and Grujic et al. (2002) provided age data to show the synchronous development of the Main Central Thrust and the South Tibet detachment.

A similar miniature structure, resembling the Himalayan case, has been determined in Central Anatolia, Turkey (Seyitoğlu et al., 2000; 2009) and named the Eldivan-Elmadağ pinched crustal wedge after Fossen (2000) introduced the expression “pinched crustal wedge”. It has been suggested that this neotectonic pinched crustal wedge structure, having thrust faulted eastern and normal faulted western margins, developed as a result of NW-SE compression between the right lateral North Anatolian Fault Zone and its splay, the Kırıkkale - Erbaa Fault Zone.

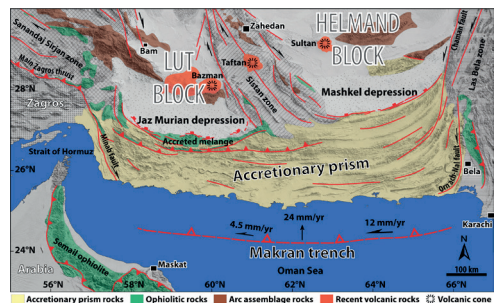


Figure 1. The main tectonic elements and simplified geological units of the Makran area. Compiled from the Tectonic Map of the Middle East (1991), Ramezani and Tucker (2003), and the International Geological Map

of the Middle East (2009). The slip rates are from Reilinger et al. (2006).

## SEISMICITY OF MAKRAN

The International Seismological Center (ISC) records show that the seismicity of Makran is low relative to other regions of Iran, but the Makran region experienced significant earthquakes having magnitudes of 8.0 and 7.7. The depth of seismicity in Makran ranges from 1 km to 186 km, getting deeper towards the north (Farhoudi and Karig, 1977; Jacob and Quittmeyer, 1979). Although shallow earthquakes are located all over the Makran region, the historical and instrumental records indicate that large earthquakes are of intermediate depth in Makran (Byrne et al., 1992). Although hypocenter errors discussed in Maggi et al. (2000), intermediate earthquakes are located at the north of Makran belt under the Jaz Murain and Mashkel depressions (Figure 2a). The focal mechanisms of these earthquakes generally indicate normal faulting and their epicentres lie parallel to the Makran subduction belt. The overall evaluation of focal mechanism solution of earthquakes indicate that thrust, normal and strike slip fault related earthquakes have hypocenters shallower than 50 km, but some normal fault related earthquakes have deeper hypocenters (Figure 2a).

Beneath the Makran subduction belt maximum depth of seismically coupled (seismogenic) zone is 80 km that is deeper than the counterparts in Pacific region (after Tichelaar and Ruff 1993). This situation indicates that some of the normal fault related earthquakes can be evaluated as intraplate seismicity in the overlying lithosphere rather than intraslab earthquakes in the underlying lithosphere (Figure 2b).

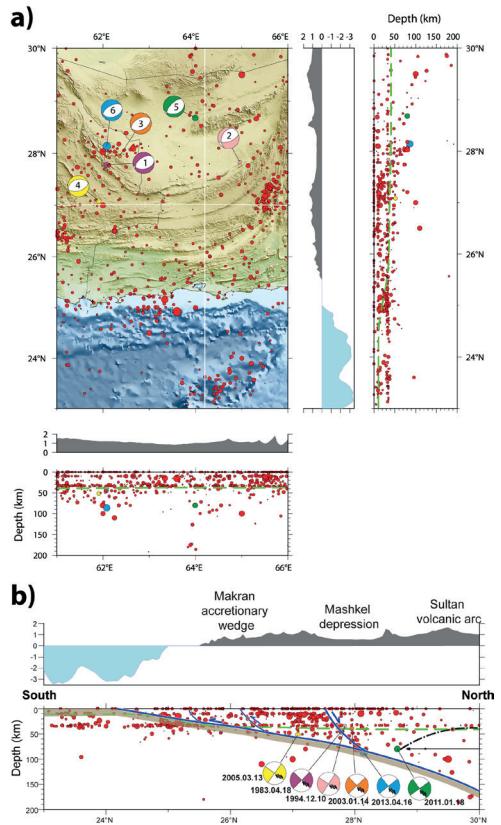


Figure 2. a) Seismic activity of the Makran accretionary belt and Mashkel depression. The data were collected from the ISC catalogue. Cross section lines along latitude and longitude are shown as solid lines on the map. Dashed lines in the cross sections indicate Moho depth obtained by CRUST1.0 model (Laske *et al.* 2013). Topography is plotted on the top of each cross section. Topography and bathymetry data are provided from <http://www.marine-geo.org/portals/gmrt/>. b) Cross section of the overall seismicity perpendicular to the Makran trench. The proposed structural style of the Makran subduction belt is similar to the pinched crustal wedge limited by normal and thrust faults. The side views of normal fault related focal mechanism solutions are presented with different colours, see Figure 2a for their map view. The khaki-grey

strip represents the subducted oceanic crust. The dash-dot line and arrow indicate maximum depth of seismic coupling of the plate interface (after Tichelaar and Ruff, 1993). Multi-coloured dots indicate hypocenters of normal fault related earthquakes. The dashed line indicates moho depth obtained by CRUST1.0 model (Laske et al., 2013).

The N-S cross sections of the Makran area indicate that the some of the intermediate normal fault related earthquakes can be evaluated as having occurred due to bending of the oceanic lithosphere (Figure 2b). In contrast, the rest of the normal faulted earthquakes in the region are regarded as due to intraplate seismicity in the overlying lithosphere and they show a close relationship with a normal fault bounding the southern margin of Mashkel depression (Figure 2b).

## DISCUSSION AND CONCLUSION

The normal fault related earthquakes have intermediate depths on the north of the Makran accretionary wedge and are generally evaluated as intraslab earthquakes (Jacob and Quittmeyer, 1979; Astiz et al., 1988; Laane and Chen, 1989; Maggi et al., 2000). The hypocenter distributions of these earthquakes are located under the Jaz Murian and Mashkel depressions, where recent field observations on their southern border demonstrate normal faults dipping north (Burg et al., 2013). This paper suggests an alternative view which is that some of the earthquakes on the north of the Makran accretionary wedge are related to the normal fault boundary of a pinched crustal wedge as demonstrated on the physical model of Chemenda et al. (1995). This may explain why most of the volume of the Makran accretionary prism is above sea level, which is dissimilar to other accretionary wedges over the world. If our interpretation is correct, it can be said that coeval normal faults parallel to thrusting can be developed in several tecto-

nic settings independent of crustal thickness, elevation and scale, as seen in the cases of the Himalayas (Burg et al., 1984; Burchfiel and Royden, 1985), the Eldivan-Elmadağ pinched crustal wedge (Seyitoğlu et al., 2009) and the Makran accretionary wedge.

## REFERENCES

- Astiz, L., Lay, T., Kanamori, H., 1988. Large intermediate-depth earthquakes and the subduction process. *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, 53, 80-166.
- Beaumont, C., Jamieson, R.A., Nguyen, M.H., Lee, B., 2001. Himalayan tectonics explained by extrusion of a low-viscosity crustal channel coupled to focused surface denudation. *Nature*, 414, 738-742.
- Berberian, M., King, G.C.P., 1981. Towards a paleogeography and tectonic evolution of Iran. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 18, 210-265.
- Burchfiel, B.C., Royden, L.H., 1985. North-south extension within the convergent Himalaya region. *Geology*, 13, 679-682.
- Burg, J.P., Brunel, M., Gapais, D., Chen, G.M., Liu, G.H., 1984. Deformation of leucogranites of the crystalline main central sheet in southern Tibet (China). *Journal of Structural Geology*, 6, 535-542.
- Burg, J.P., Dolati, A., Bernoulli, D., Smit, J., 2013. Structural style of the Makran Tertiary accretionary complex in SE-Iran. In: Al Hosani, K. et al. editors, *Lithosphere Dynamics and Sedimentary Basins: The Arabian Plate and Analogues*, *Frontiers in Earth Sciences*: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, pp. 239-259.
- Byrne, D.E., Sykes, L.R., Davis, D.M., 1992. Great thrust earthquakes and aseismic slip along the plate boundary of the Makran subduction zone. *Journal of Geophysical Research*

ch, 97, 449-478.

Cashman, S.M., Kelsey, H.M., 1990. Forearc uplift and extension, southern Hawke's Bay, New Zealand: Mid-Pleistocene to present. *Tectonics*, 9, 23-44.

Chemenda, A.I., Mattauer, M., Malavieille, J., Bokun, A.N., 1995. A mechanism for syn-collisional rock exhumation and associated normal faulting: Results from physical modeling. *Earth and Planetary Science Letters*, 132, 225-232.

Dahlen, F.A., 1984. Noncohesive critical Coulomb wedges: an exact solution. *Journal of Geophysical Research*, 89, 10125-10133.

Dahlen, F.A., 1990. Critical taper model of fold-and-thrust belts and accretionary wedges. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 18, 55-99.

Farhoudi, G., Karig, D.E., 1977. Makran of Iran and Pakistan as an active arc system. *Geology*, 5, 664-668.

Fossen, H., 2000. Extensional tectonics in the Caledonides: Synorogenic or postorogenic? *Tectonics*, 19, 213-224.

Grujic, D., Hollister, L.S., Parrish, R.R., 2002. Himalayan metamorphic sequence as an orogenic channel: insight from Bhutan. *Earth and Planetary Science Letters*, 198, 177-191.

Harms, T.A., Jayko, A.S., Blake Jr, M.C., 1992. Kinematic evidence for extensional unroofing of the Franciscan Complex along the Coast Range Fault, Northern Diablo Range, California. *Tectonics*, 11, 228-241.

International geological map of the Middle East, 2009. Commission for the geological map of the world, subcommission for the Middle East.

Jacob, K., Quittmeyer, R.C., 1979. The Makran region of Pakistan and Iran: Trench-arc system with active plate subduction. In: Farah, A., De Jong, K.A. editors, *Geodynamics of Pakistan*: Geol. Surv. Pakistan, Quetta, pp. 303-317.

Laane, J.L., Chen, W.P., 1989. The Makran earthquake of 1983 April 18: a possible analogue to the Puget Sound earthquake of 1965. *Geophysical Journal International*, 98, 1-9.

Laske, G., Masters, G., Ma, Z., Pasyanos, M.E., 2013. Update on CRUST1.0—a 1-degree global model of Earth's crust. EGU general assembly 2013. *Geophysical Research Abstracts*, Vienna, pp. EGU2013-2658.

Maggi, A., Jackson, J.A., Priestley, K., Baker, C., 2000. A re-assessment of focal depth distributions in southern Iran, the Tien Shan and northern India: do earthquakes really occur in the continental mantle? *Geophysical Journal International*, 143, 629-661.

Platt, J.P., 1993. Exhumation of high-pressure rocks: a review of concepts and processes. *Terra Nova*, 5, 119-133.

Ramezani, J., Tucker, R.D., 2003. The Saghband region, central Iran: U-Pb geochronology, petrogenesis and implications for Gondwana Tectonics. *American Journal of Science*, 303, 622-665.

Reilinger, R., McClusky, S., Vernant, P., Lawrence, S., Ergintav, S., Çakmak, R., Özener, H., Kadirov, F., Guliev, I., Stepanyan, R., et al., 2006. GPS constraints on continental deformation in the Africa-Arabia-Eurasia continental collision zone and implications for the dynamics of plate interactions. *Journal of Geophysical Research*, 111, 10.1029/2005JB004051.

Ring, U., Glodny, J., 2010. No need for lithospheric extension for exhuming (U)HP ro-



cks by normal faulting. *Journal of Geological Society London*, 167, 225-228.

Seyitoğlu, G., Kazancı, N., Karadenizli, L., Şen, Ş., Varol, B., Karabıyıköğlü, T., 2000. Rockfall avalanche deposits associated with normal faulting in the NW of Çankırı basin: implications for the postcollisional tectonic evolution of the Neo-Tethyan suture zone. *Terra Nova*, 12, 245-251.

Seyitoğlu, G., Aktuğ, B., Karadenizli, L., Kaypak, B., Şen, Ş., Kazancı, N., Işık, V., Esat, K., Parlak, O., Varol, B., Saraç, G., İleri, İ., 2009. A Late Pliocene – Quaternary pinched crustal wedge in NW Central Anatolia, Turkey: A Neotectonic structure accommodating the internal deformation of the Anatolian plate. *Geological Bulletin of Turkey*, 52, 121-154.

Şengör, A.M.C., Altıner, D., Cin, A., Ustaömer, T., Hsü, K.J., 1988. Origin and assembly of the Tethyside orogenic collage at the expense of Gondwana Land. In: Audley-Charles, M.G., Hallam, A., editors, *Gondwana and Tethys: Geol Soc Spec Publ 37*, pp.119-181.

Tectonic map of the Middle East, 1991. *Geological Survey of Iran*.

Tichelaar, B.W., Ruff, L.J., 1993. Depth of seismic coupling along subduction zones. *Journal of Geophysical Research*, 98, 2017-2037.

Wheeler, J., 1991. Structural evolution of a subducted continental sliver: the northern Dora Maira massif, Italian Alps. *Journal of Geological Society London*, 148, 1101-1113.

White, R.S., Ross, D.A., 1979. Tectonics of the western Gulf of Oman. *Journal of Geophysical Research*, 84, 3479-3489.

Yin, A., 1993. Mechanics of wedge-shaped fault blocks. 1. An elastic solution for compressional wedges. *Journal of Geophysical Research*, 98, 14245-14256.

Research, 98, 14245-14256.

Xiao, H.B., Dahlen, F.A., Suppe, J., 1991. Mechanics of extensional wedges. *Journal of Geophysical Research*, 96, 10301-10318.



## İzmir Güneybatısında 2003-2018 Tarihleri Arasında Oluşan Sığacık Depremlerinin Yırtılma Alanı Değişimi, Batı Anadolu

*Variation in the Rupture Areas of 2003-2018 Sığacık Earthquakes Occurred in SW İzmir, Western Anatolia*

**Mehmet Utku<sup>1</sup>, Mustafa Akgün<sup>1</sup>, Recep Çakır<sup>2</sup>, Hasan Sözbilir<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, 35160 Buca-İzmir

<sup>2</sup>Washington State Geological Survey, Olympia, WA, USA

<sup>3</sup>Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 35160 Buca-İzmir

(e-posta: mehmet.utku@deu.edu.tr)

**Öz:** Son yıllarda dönemsel olarak yüksek sismik etkinlik gösteren Sığacık (İzmir) çevresi, 2003-2018 periyodunda ürettiği depremlere göre ele alınmış, bu dönemdeki anaşok-artsarsıntı ilişkilerinden kaynak yayılımı incelenmiştir. Kaynak yayılımı, yırtılma alanındaki değişimden ibarettir. Çalışma alanı, 38.205°K / 26.685°D koordinatlarını merkez alan, 60 km yarıçaplı alandır. Yırtılma alanı değişimi için her artsarsıntının anaşoka göre açığa çıkardığı kuvvet değişimleri hesaplanmıştır. Çalışma alanında, MS 177-30.11.2018 periyodunda en az 1 büyüklüklü ( $M \geq 1.0$ ) 8110 deprem meydana gelmiş olup bunun 11 tanesi tarihsel depremdir. Çalışma amacı gereği belirlenen sözkonusu inceleme periyodunda, karakteristik olarak 3 anaşok ele alınmaktadır. Bunlar 10 Nisan 2003 (00:40:16.70UTC  $M_L=5.6$  H=16 km), 17 Ekim 2005 (09:46:53.90UTC  $M_L=5.9$  H=10 km) ve 28 Ekim 2018 (08:15:35.00UTC  $M_L=4.0$  H=5 km) depremleridir. 8110 depremden 6509'u, 10 Nisan 2003 depreminden sonrakilerdir. En az 3.0 büyüklüklü depremlere göre yapılan kaynak yayılımı analizinde, adı geçen anaşoklarla ilgili olan, sırasıyla, 60, 690 ve 28 deprem kullanılmıştır.

Elde edilen sonuçlara göre her 3 anaşok, kaynak yayılımı karakteri yönünden birbirine benzer depremlerdir. Daha çok hiposantırlar civarında görülen baskın enerji boşalımı, zamana ve mekâna göre bir ilerlemeden yoksundur. Bir başka deyişle, anaşokları izleyen sismisite, kaynak yayılımının mevcut mekanizmasını değiştirebilecek ve gelecekteki olası bir sismik aktiviteyi işaret edebilecek nitelikte değildir. Fakat açığa çıkan gerilme alanı, alandaki kırık sisteminin diğer bileşenlerine transfer olabilmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Sismik kaynak, fay yüzeyi, kaynak yayılımı, yırtılma hızı.

**Abstract:** The vicinity of Sığacık (İzmir), which has periodically displayed high seismicity in the recent years, has been addressed according to the earthquakes it generated in the period between 2003 and 2018 and source propagation has been examined depending on the main shock-aftershock relationships in this period. Source propagation consists only of the variation in the rupture area. The study area covers a radius of 60 km centered at the coordinates



of 38.205°N, 26.685°E. The variations of the force released by each aftershock according to the main shock have been calculated for the variation in the rupture area. As of AD 177-30.11.2018, some 8110 earthquakes with a minimum magnitude of 1 ( $M \geq 1.0$ ) occurred in the study area and 11 of them were historical earthquakes. Some 3 characteristic main shocks are addressed in the period of examination concerned, which was determined for the purpose of the study, namely the April 10, 2003 earthquake (00:40:16.00UTC  $M_L=5.6$  H=16 km, KOERI), the October 17, 2005 earthquake (09:46:53.90UTC  $M_L=5.9$  H=10 km, KOERI), and the October 28, 2018 earthquake (08:15:35.00UTC  $M_L=4.0$  H=5 km, KOERI). Of 8110 earthquakes, 6509 are those which were subsequent to the April 10, 2003 earthquake. Some 60, 690 and 28 earthquakes related to the main shocks concerned were used in the source propagation analysis carried out according to the earthquakes with a minimum magnitude of 3.0, respectively.

Our results show that the 3 main shocks are all analogous earthquakes in terms of the character of source propagation. The dominant energy release predominantly seen around the hypocenters is deprived of progress by time and space. In other words, the seismicity following the main shocks lacks the quality that can change the existing mechanism of source propagation and that indicate some possible seismicity in the future. However, released stress may be transferred to other branches of the fault system in the area.

**Keywords:** Earthquake Source, fault area, source propagation, rupture velocity

## GİRİŞ

Deprem kaynağı çalışmaları, kaynağı tanımlayan yırtılma yüzeyindeki yırtılma evreleri hesaplanabilmektedir (Aki ve Richards, 1980, 2002; Utku, 2017). Bununla, anaşok sürecindeki yırtılma gelişiminin konumu, momenti ve yönü izlenebilmektedir. Eğer bir sismotektonik kaynaktaki farklı anaşoklar için aynı hesaplama yapılırsa, uzun dönem sismik kaynak yayılımı ya da yırtılma gelişimi izlenmiş olur.

Sığacık ve çevresi için tanımlanan amaca uygun çalışma alanı, 38.205°K / 26.685°D koordinatlarını merkez alan, 60 km yarıçaplı coğrafik alandır. Bu yıllardaki en belirgin ya da ayırt edici sismik etkinlik, 10 Nisan 2003 (00:40:16.00UTC  $M_L=5.6$  H=16 km, KRDAE) depremiyle başlamış, 17 Ekim 2005 (09:46:53.90UTC  $M_L=5.9$  H=10 km, KRDAE) deprem serisi ile devam etmiştir, -ki bu serinin ilk şoku, aynı gün 05:45:16.70(UTC) deki 10 km derinlikte 5.7 ( $M_L$ ) büyüklü-

ğündeki depremi (KRDAE); UTC, uluslararası saat birimi,  $M_L$ , lokal büyüklük, KRDAE, Boğaziçi Üniversitesi, Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü'dür. 17 Ekim 2005 depremleri süreci, uzun bir sismik etkinliktir (Aktar vd., 2007; Tan, 2013). Bu dönemde meydana gelen sadece orta büyüklükteki depremler 4 tanedir. Bunlar, yukarıda adı geçen 2 depremler birlikte, 17 Ekim 2005 (09:55:29.90UTC  $M_L=5.6$  H=17 km, KRDAE) ve 20 Ekim 2005 (21:40:01.50UTC  $M_L=5.9$  H=8 km, KRDAE) depremleridir.

Bu çalışmada, son yıllardaki sismik etkinliğin yüksek olduğu bir dönem olan 2003-2018 periyodundaki sismik kaynak dağılımı incelenmektedir. Buna göre belli anaşoklar esas alınarak, anaşok-artsarsıntı ilişkisinden hareketle yırtılma gelişimi ortaya konmaktadır. Aşağıda yöntem ve veri seti değerlendirilerek sığacık depremlerinin kaynak yayılım ilişkisi tartışılacaktır.

## YÖNTEM ve VERİ

Sismik kaynak, elastik deformasyon enerjisinin ilk açığa çıktığı konum olan en az bir çekirdek nokta (nucleation point) ile yırtılma yüzeyinin tamamından oluşur. Yırtılma yüzeyi, o depremle oluşan fay yüzeyidir. Çekirdek nokta, enerji boşalımının ilk başladığı yerdir. Bu ifade, yırtılmanın yeni bir ânında, birim hacimdeki kuvvet (F) cinsinden (Utku, 2017),

$$F(t_j) = \rho_j \cdot \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{V'(t_j) - V'(t_0)}{t_j - t_0}$$

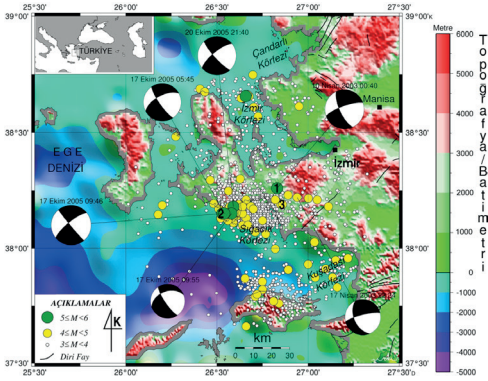
(1) eşitliğine yaklaşır. Burada, j, belli bir andaki olay sayacı,  $\rho$ , yoğunluk,  $t_0$ , oluş zamanı,  $V(t_j)$ ,  $t_j$  zamanındaki görünür Yer hareketidir. Dolayısıyla işlem; bir transformasyon ve bir türev işlemi olmak üzere iki adımdan oluşmaktadır. Transformasyon işlemi, bir genlik kazanımıdır. (1) denklemi gereği, işlem, katalog verisine uygulanabilir özelliktedir. Sığacık ve çevresi depremlerinin kaynak yayılımı analizi için Boğaziçi Üniversitesi, Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü (KRDAE) elektronik deprem kataloğu kullanılmıştır. Buna göre çalışma alanında 30.11.2018 tarihine kadar meydana gelmiş en az 1.0 ( $M_L \geq 1.0$ ) büyüklüklü 8110 deprem bulunmaktadır. Tarihsel dönemde 11 deprem vardır. Buradan hareketle, çalışma alanında, son yıllarda gözlenen sismik etkinliğin yüksek olduğu dönem, 10 Nisan 2003 (00:40:16.00UTC  $M_L=5.6$  H=16 km, KRDAE) depreminden günümüze (30.11.2018) kadar geçen zaman aralığı olarak alınır, bu periyottaki (01.01.2003-30.11.2018) en az 3.0 büyüklüklü 1530 depremden oluşan yüksek sismik etkinliğin önemli depremlerinin başında 10 Nisan 2003 (00:40:16.00UTC  $M_L=5.6$  H=16 km, KRDAE) ve 17 Ekim

2005 (09:46:53.90UTC  $M_L=5.9$  H=10 km, KRDAE) depremleri gelir. Sürecin son günlerdeki karakterini anlamak için de 28 Ekim 2018 (08:15:35.00UTC  $M_L=4.0$  H=5 km, KRDAE) depremi alınır, adı geçen bu 3 deprem, anaşok varsayımıyla bu çalışma kapsamında kullanılabilir. Şekil 1, 2003-30.11.2018 periyodunda Sığacık ve çevresinde meydana gelen en az 3.0 büyüklüklü 1530 depremin episantr dağılımını ve sismik etkinliği yönlendiren orta büyüklükteki depremlerin fay düzlemi çözümlerini gösterir. Fay düzlemi çözümleri, sismik moment tensor ters çözümüne dayanır (USGS, 2005).

## 10 Nisan 2003, 17 Ekim 2005 ve 28 Ekim 2018 DEPREMLERİNE ait KAYNAK YAYILIMLARI

10 Nisan 2003 (00:40:16.70UTC  $M_L=5.6$  H=16 km, KRDAE) depremi, baskın doğrultu atımlı bir faylanmayla meydana gelmiş, aynı yılın sonuna kadar 60 artsarsıntı üretmiş bir anaşok kimliğindedir (Şekil 1). Kaynak yayılımı hesaplamasından elde edilen yatay ve düşey düzlemdeki yırtılma gelişimlerinden, anaşok episantrına göre güneydoğuda kalan ve episantra yakın mesafede daha belirgin olmak üzere bir yırtılma gelişimi izlenebilmektedir. Kaynak yayılımının düşey düzlemdeki değişimi, hiposantr noktalarındaki kuvvetin, ilgili düşey düzlem üzerine izdüşümüdür. Düşey kesitlerden biri, K24B ( $\phi=156^\circ$ ) doğrultuludur. Bu kesite göre yaklaşık aynı derinliklerde gelişmiş ve hiposantırdan ~5 km uzakta bulunan bir alan ile hiposantırın ~10 km daha güneydoğusunda ve 10 km derinliklerde bulunan bir yırtılma gelişimi daha vardır.

17 Ekim 2005 (09:46:53.90UTC  $M_L=5.9$  H=10 km, KRDAE) depremi de doğrultu atım bileşeninin baskın olduğu bir sarsıntıdır. 31.12.2005'e kadar olan 690 artsarsıntı kullanılmaktadır. Şekil 2, hesaplanan kaynak yayılımının düşey kesitini göstermektedir.



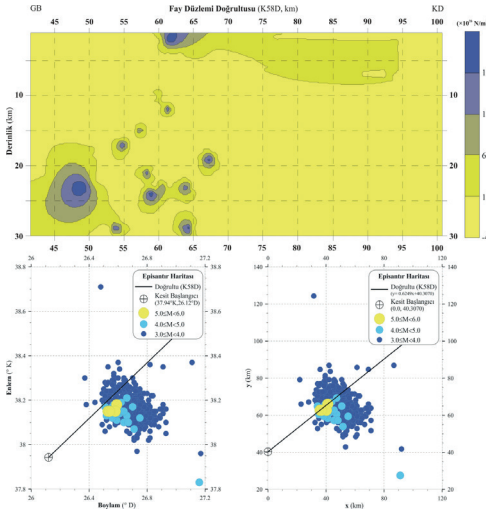
Şekil 1. Sığacık ve çevresinin 2003-30.11.2018 periyodundaki en az 3.0 büyüklüklü 1530 depreme ait episantr dağılımı ve fay düzlemi çözümlerini gösteren sismotektonik harita. 1, 2 ve 3 rakamları sırasıyla; 2003, 2005 ve 2018 depremleridir. Episantr verisi, Boğaziçi Üniversitesi, Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü elektronik deprem kataloğuna aittir. Fay düzlemi (CMT) çözümleri Harvard Üniversitesi'nindir (USGS, 2005). Harita, GMT ile yapılmıştır (Wessel ve Smith, 2006). Topoğrafya ve batimetri verisi USGS'dendir. Diri faylar, Şaroğlu vd. (1992)'den düzenlenmiştir.

Hesaplanan kaynak yayılımının yatay düzlemdeki değişiminden, serideki belli hiposantırlar civarında bir yırtılma odaklanması görülmesine rağmen çalışma alanının güneydoğusuna doğru bir yırtılma gelişimi de gözlenmektedir. Bir miktar da batı tarafta vardır. K58D ( $\phi=238^\circ$ ) doğrultulu düşey kesit, Şekil 2'de verilmektedir. Şekil 2'deki düşey kesitin alt bölümünde, kesit doğrultusunu, doğrultu başlangıcını ve bu kesit için kullanılan depremlerin (anaşok ve artsarsıntılarının) hem coğrafik hem Kartezyen koordinatlardaki episantr dağılımları görülmektedir. Şekil 2'den yırtılma yayılımının 10 km'den daha derinlere doğru olduğu görülmektedir. Bir miktar da yüzeye yakın derinliklerde bulunmaktadır (Şekil 2).

28 Ekim 2018 (08:15:35.00UTC  $M_L=4.0$  H=5 km, KRDAE) depremi, bu çalışmada sismik etkinlik sürecinin son durumunu görmek amacıyla ele alınan ve 30.11.2018 itibarıyla 28 depremin daha bulunduğu bir sürecin içindeki olaydır. Hesaplanan kaynak yayılımının yatay ve düşey düzlemdeki değişimlerinden, karakteristik bir çok hiposantır yeri davranışı sergilendiği görülmektedir. Bir başka deyişle, yırtılma yayılımı, episantrın güneydoğusuna doğru daha belirgin olmakla birlikte, genel davranış hiposantır civarında odaklanmakta ve uzaklaştıkça yayılım hızı ve etkisi düşmektedir. Bu durum, hemen-hemen her yöne doğru yayılımın izlenebildiği düşey kesitte daha iyi görülmektedir. Buna rağmen, ~5 km'den daha derinlere doğru ve güneye yönelimli bir hareket de fark edilebilmektedir. Bu depremde kullanılan düşey kesit doğrultusu, K66D ( $\phi=246^\circ$ )'dur (Kalafat, 2018).

## SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Sığacık ve çevresinin son yıllardaki en yüksek sismik etkinliğinin sergileyen 2003-30.11.2018 dönemi, 10 Nisan 2003 (00:40:16.70UTC  $M_L=5.6$  H=16 km, KRDAE), 17 Ekim 2005 (09:46:53.90UTC  $M_L=5.9$  H=10 km, KRDAE) ve 28 Ekim 2018 (08:15:35.00UTC  $M_L=4.0$  H=5 km, KRDAE) depremlerinin anaşok varsayımı üzerinden kaynak yayılımı özelliğine göre incelendiğinde, sözkonusu 3 anaşokun birbirine benzer karakter gösterdiği ve yırtılmanın ilgili anaşok hiposantırları odaklı olduğu ve hiposantırdan uzaklaştıkça etkisinin hızla azaldığı görülmektedir. Gerek yatay gerek düşey düzlemdeki bu biçim, uzun dönemde (2003-2018) de bir yayılma trendinin olmadığını göstermektedir. Bir diğer deyişle, bir yerden başlayıp sürekli ilerleyen bir yırtılma gelişimi yoktur. Belki daha derinlere doğru bir miktar yırtılma gelişiminden söz edilebilir. 28 Ekim 2018 depremi, açığa çıkan stresin diğer fay kollarına transferinin mümkün olduğuna işaret etmektedir.



Şekil 2. 17 Ekim 2005 (09:46:53.90UTC  $M_L=5.9$  H=10 km, KRDAE) depremine ait yırtılma gelişiminin düşey düzlemdeki değişimi. Veri, Boğaziçi Üniversitesi, Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü elektronik deprem kataloğundandır.

## KAYNAKLAR

Aki K, Richards, P.G., 2002. Quantitative Seismology, Second Edition. University Science Books, Sausalito, California, USA, 700 p.

Aki K, Richards, P.G., 1980. Quantitative Seismology, Theory and Methods. Vol. I, Vol. II., W.H. Freeman and Co., San Francisco, USA, 932 p.

Aktar, M., Karabulut, H., Ozalaybey, S., Childs, D., 2007. A conjugate strike-slip fault system within the extensional tectonics of Western Turkey. Geophys. J. Int. 171 (3), 1363–1375.

Kalafat, D., 2018. Kişisel görüşme. Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü, Boğaziçi Üniversitesi, İstanbul.

KRDAE, 2018. Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü, Boğaziçi Üniversitesi, <http://www.koeri.boun.edu.tr>, 30/11/2018.

Şaroğlu, F., Emre, Ö., Kuşçu, İ., 1992. Türkiye Diri Fay Haritası. Ölçek 1:1.000.000, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara.

Tan, O., 2013. The dense micro-earthquake activity at the boundary between the Anatolian and South Aegean microplates. Journal of Geodynamics 65:199-217, DOI:10.1016/j.jog. 2012.05.005

USGS, 2005. <http://neic.usgs.gov>, 17/10/2005.

Utku, M., 2017. Yırtılma Alanının Yayılma Hızı: 6-7 Şubat 2017 Çanakkale ve 21 Temmuz 2017 Gökova Deprem Kaynakları. Aktif Tektonik Araştırma Grubu 21. Çalıştay (ATAG21), Bildiri Özleri Kitabı, sayfa 29, 26-28 Ekim 2017, Afyon Kocatepe Üniversitesi, İkbâl Thermal Hotel, Afyonkarahisar.

Wessel, P., Smith, W.H.F., 2006. The Generic Mapping Tools (GMT) version 4.1.4 Technical Reference & Cookbook, NOAA/NESDIS.



**PALEONTOLOJİ VE BİYOSTRATİGRAFI / PALEONTOLOGY AND BIOSTRATIGRAPHY**  
Atike NAZİK - Cemal TUNOĞLU - Bilal SARI - Aslı KARABAŞOĞLU - Sevinç KAPAN

---

***Sözlü Sunumlar/Oral Presentations***  
***TAM METİN BİLDİRİLER/***  
***PROCEEDINGS***





## Kocaeli Yarımadası'ndaki Geç Erken-Erken Orta Triyas Denizel Ballıkaya Formasyonu'ndaki Yerel Bir Karasallaşma, KB Türkiye

*A Local Emersion within The Late Early–Early Middle Triassic Marine Ballıkaya Formation in The Kocaeli Peninsula of NW Turkey*

**Kübra Okur**

*Eskişehir Osmangazi University, Department of Geological Engineering, 26480 Eskişehir, Turkey*

*(kokur@ogu.edu.tr)*

**Öz:** Türkiye'nin KB'sında yer alan Kocaeli Yarımadası'nda, Permo-Triyas yaşlı formasyonlar, transgresif olarak kendilerinden daha yaşlı olan Paleozoyik kayalarını üzerlemiştir. Kocaeli Triyas istifli, Erikli Formasyonu'nun denizel kumtaşı ve şeylinin altında bulunan Kapaklı Formasyonu'nun karasal konglomerası ile başlar. Devamında Demirciler Formasyonu'na ait kireçtaşları, Ballıkaya Formasyonu'na ait dolomitik kireçtaşları, en üst seviyede ise Kazmalı Formasyonu'na ait yumru kireçtaşları bulunur. Tepeköy'ün KD'sunda, pembe dolomitik bir matrikste 75 cm'den daha fazla bir rekristalize breş seviyesinin görüldüğü Ballıkaya Formasyonu'nun Olenekiyen-erken Anisiyen yaşlı dolomitli kireçtaşlarında bir stratigrafik kesit ölçülmüştür. Üç metre yükseklikte, breş seviyesi gri renkli kireçtaşlarıyla örtülen masif pembemsi kireçtaşlarına geçmektedir. Breşik bir seviyenin bu ilk gözlemi, yerel bir karasallaşma olarak önerilebilir.

**Anahtar Kelimeler:** Breş, Jeoloji, Kocaeli Yarımadası, Türkiye

**Abstract:** In the Kocaeli Peninsula of NW Turkey, Permo-Triassic formations overlie transgressively older Paleozoic rocks. The Kocaeli Triassic sequence starts with the terrestrial conglomerate of the Kapaklı Formation underlying marine sandstone and shale of the Erikli Formation. Follow the limestones of the Demirciler Formation and the dolomitic limestones of the Ballıkaya Formation, topped by the nodular limestones of the Kazmalı Formation. NE of Tepeköy, we measured a stratigraphic section in to the Olenekian–early Anisian dolomitic limestone of the Ballıkaya Formation in which a recrystallized breccia level of more than 75 cm thickness is embedded in a pink dolomitic matrix. Three meters higher up, the breccia passes into massive pinkish limestones, the interval being overlain by gray colored limestones. This first observation of a brecciated level may suggests a local emersion.

**Keywords:** Breccia, Geology, Triassic, Kocaeli Peninsula, Turkey



## INTRODUCTION

In NW Turkey, Triassic is exposed in the Kocaeli Peninsula near Gebze and Hereke and the northwestern part of the Istanbul Strait. We examined this Kocaeli Triassic in two localities, that of Gebze and its southern surroundings and that of Ağva and its northern surroundings (Fig. 1).

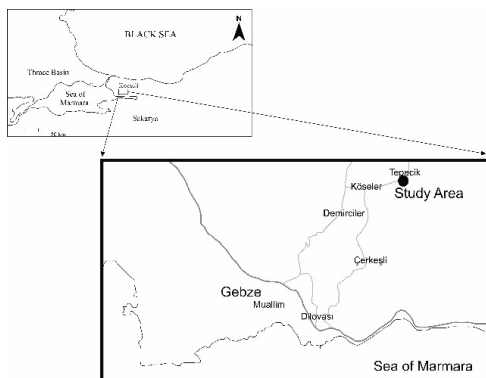


Figure 1. Location map

The Kocaeli Triassic in Gebze overlies the Istanbul Paleozoic sequence with angular unconformity. The Kocaeli Triassic reaches to a thickness of up to 1000 meters according to Baykal (1943). Above terrestrial clastics, follow carbonate-cemented lagoonal or very shallow marine sandstones, locally with lava lenses, limestones and dolomites. The overlying Olenekian-Lower Anisian dolomites and nodular limestones with fine marl intercalations form a unit that is 350-600 m thick, topped by 35 m of Ammonitico Rosso, Carnian in age. Above this Ammonitico Rosso follow 10-140 m of gray-green *Halobia* shales. These shales contain yellowish colored micritic limestone and calcarenite intercalations in the uppermost 90 m (Assereto, 1972; Yurttaş-Özdemir, 1973; Gedik, 1975).

## FIELD OBSERVATIONS

The Tepecik Stratigraphic Section: Coordinates 0721140 4527870-0721007 4527767; 66.77 meters thick Ballıkaya Formation: Along the Tepecik section, massive gray, karstic limestone and intercalated dolomitic limestone of the Ballıkaya Formation, of an inclination of N30W/22SW, were sampled every 15-20 cm. The inclination of the layers reached N50W/10SW over 43.92 m thickness. Examination of the fracture surface revealed a brecciated level in a pink matrix, recrystallized and measuring a thickness of over 75 cm.

The layered pink limestones with the brecciated feature, having an inclination of N85W/34SW, were continually measured for 2 m. As more measurements are made in the upper levels, the brecciated feature appears to decrease. Towards the end of the section, the pinkish color of the limestones is tinged to grayish. The section ends with dolomitic limestone.

## DISCUSSIONS OF THE RESULTS

This kind of brecciation in platform carbonates has been suggested to be the result of a limited emersion, not observed in previous. The brecciated level has shown in the correlation composite sections have prepared from the complete Triassic sequence of the study area (Fig. 2).

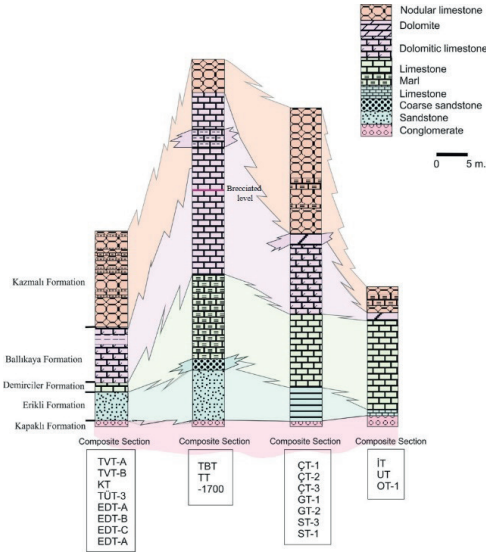


Figure 2. Correlation of the Composite Stratigraphic Sections

**Sea level:** The sudden local decrease in sea level, the increase in terrestrial input or the combinations thereof are deduced as the reason for brecciation.

**Tectonism:** A different interpretation suggests brecciation originating by a slip effect on fragile layers as the result from an earthquake which can be the effect of regional tectonism.

## ACKNOWLEDGEMENTS

Funding for this research was provided by the Scientific Research Council Project (No: 2017/1580) of Eskişehir Osmangazi University. We warmly thank to Uğur Sayın (Eskişehir Osmangazi University) and Gencer Cam (Balıkesir University) for their assistance during fieldwork. I'm grateful to co-supervisor Ali Murat Kılıç (Balıkesir University) and supervisor Hatice Kutluk (Eskişehir Osmangazi University) for their contributions to the conference proceeding paper. I would like to

thank ESOĞÜ BAP for supporting this study with the 2017-1580 coded project.

## REFERENCES

- Assereto, R., 1972. Notes on the Anisian biostratigraphy of the Gebze area (Kocaeli Peninsula, Turkey). *Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft*, 123: 435–444.
- Baykal, A. F., 1943. Adapazarı-Kandıra bölgesinde jeolojik etüdlr. *İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Mecmuası, Seri B., VIII (4): 256–262.*
- Çerikçiöğlü, B., 2001. Kocaeli Triyası dolomitlerinin kökenine petrografik ve izotopik bir yaklaşım, *TJK*, 44 (1): 37-44.
- Gedik, İ., 1975. Die Conodonten der Trias auf der Kocaeli Halbinsel [Türkei]. *Palaeontographica Abt. A.* 99–160.
- Kaya, O. and Lys, M., 1982. İstanbul Boğazı'nın batı yakasında (Kilyos) yeni bir Triyas bulgusu. *MTA Dergisi*, 20–26.
- Lom, N., Ülgen, S.C., Sakınç, M. and Şengör, A.M.C., 2016. Geology and stratigraphy of İstanbul region in Sen S. (ed.), Late Miocene mammal locality of Küçükçekmece, European Turkey. *Geodiversitas*, 38(2):175–195.
- Özdemir, Ü., 1974. Über die typischen belemniten der Trias von Kocaeli. *MTA Dergisi*, 80:43-49.
- Özler, H.M., and Karaman, S., 2011. Gebze ve Dilovası'nın (Kocaeli) hidrojeolojik incelemesi. *Fiziki Coğrafya Araştırmacıları, Sistematik ve Bölgesel Türk Coğrafya Kurumu Yayınları*, 5: 131–180
- Yurttaş-Özdemir, Ü. 1973. Kocaeli Yarımadası'nın Halobia'lı şeylleri hakkında. *MTA Dergisi*, 80: 43-49.



## Biga Yarımadası Kuzeyi'nde Gözlenen Fıçitepe Formasyonu'nun Stratigrafik Konumu ve Paleoortamsal Özelliklerinin Mollusk Faunası İle Yeniden Yorumlanması

*Stratigraphical and Paleoenvironmental Reinterpretations with Molluca Fauna of Fıçitepe Formation Located North of Biga Peninsula*

**Birben Gürsoy, Sevinç KAPAN**

*Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Müh. Fakültesi, Jeoloji Müh. Böl., Çanakkale  
(birbengursoy89@gmail.com)*

**Öz:** İlk defa Trakya havzasında Fıçitepe Birimi olarak tanımlanan ve daha sonraki yıllarda Fıçitepe formasyonu olarak kabul edilen birimin tip lokalitesi Trakya Havzasında Fıçitepe ve çevresi olup, Gelibolu Yarımadası'nda Tayfur köyü kuzeyi, Ece Limanı, Bozcaada da yüzlekler vermektedir. Stratigrafik konumu alt, üst ve yanal dokanak ilişkisinde bulunduğu diğer birimlerden faydalanılarak verilen Fıçitepe Formasyonu, Türkiye'nin 1/100 000 ölçekli jeoloji haritalarının hazırlanması esnasında Biga Yarımadası Kuzeyinde Lapseki-Adatepe-Şevketiye civarında da haritalanmış ve fauna yardımıyla Orta Eosen (Bartoniyen) yaşı verilmiştir. Ancak, Orta Eosen yaşını veren bu foraminifer topluluğunun, Fıçitepe Formasyonu'ndan mı yoksa Fıçitepe Formasyonu'nun ilişkili olduğu başka bir litolojiden mi olduğu ifade edilmediğinden şüphe oluşturmaktadır.

Bursa-Çanakkale otoyol genişletme çalışmaları esnasında Adatepe-Şevketiye arasında açılan yeni yol yarmalarında daha önceden varlığı bilinmeyen mollusk faunası ortaya çıkmıştır. Bu çalışmada tesadüfen elde edilen bu mollusk faunası ile Fıçitepe Formasyonu'nun stratigrafik konumu ve paleoortamsal özellikleri yorumlanmıştır. Saha çalışmalarında toplam 5 adet ölçülü stratigrafik kesit alınmıştır. Litostratigrafik ve biyostratigrafik korelasyon sonucunda en altta andezit, dasit ve piroklastiklerden oluşan Beyçayır Volkaniti, Orta Eosen yaşlı Beyçayır Volkaniti üzerine uyumsuzlukla gelen bordo-kahve renkli kumtaşı, çakıltaşı-çamurtaşı litolojisine ve zengin mollusk faunasına sahip Fıçitepe Formasyonu ve onu kesen Kızıldam Volkanitleri (35,18±0.26 my)'nin stratigrafik ilişkisi tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Biga Yarımadası, Fıçitepe Formasyonu, Mollusca, Paleontoloji, Stratigrafi

**Abstract:** In the Thrace basin, which is defined as the Fıçitepe Unit in the later years and is considered to be the Fıçitepe Formation, the type locality is located in the Thrace Basin of Fıçitepe and its environs. Stratigraphic position of the bottom, top and is located in the lateral contact relationship given the benefit of the other units Fıçitepe Formation, Turkey 1/100 000 scale geological Big Peninsula during the preparation of the map to the north Lapseki-Adatepe also mapped near Şevketiye and fauna aid Eocene (Bartonian) age was given. But; This foraminifera that gave the Middle Eocene age is suspected not to be mentioned as either the Fıçitepe Formation or another lithology with which the Fıçitepe Formation is related.

During the Bursa-Çanakkale highway expansion, the new road cuttings between Adatepe and

Şevketiye revealed mollusc fauna which was unknown before. In this study, stratigraphic position and paleoenvironmental characteristics of this mollusc fauna and Fıçitepe Formation were interpreted by chance. A total of 5 stratigraphic sections were taken in the field studies. Beyçayır Volcanite, which is composed of andesite, dacite and pyroclastics at the bottom, as a result of lithostratigraphic and biostratigraphic correlation; The stratigraphic relationship of  $35.18 \pm 0.26$  my) was determined.

**Keywords:** Biga Peninsula, Fıçitepe Formation, Mollusca, Paleontology, Stratigraphy

## GİRİŞ

Çalışma alanı Biga Yarımadası Kuzeyi'nde Çanakkale ili Adatepe-Şevketiye köyleri arasında kalan bölgedir. Saha çalışmalarında tespit edilen mostralardan alınan ölçülü stratigrafik kesitler ile üç adet birim ayırt edilmiştir (Şekil 1).

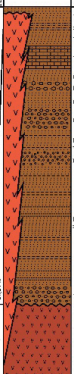
Birimlerin temelinde andezitik ve dasitik lav ve piroklastiklerden oluşan Beyçayır Volkaniti (Dönmez vd., 2005) bulunmaktadır. Volkanitler üzerine uyumsuzlukla Fıçitepe Formasyonu çökelleri gelmektedir. Bordo-kahve renkli çakıltaşı, kumtaşı ve çamurtaşından oluşan formasyon Gelibolu Yarımadası'nda Tayfur köyü kuzeyi, Ece limanı ve Fıçitepe'de (Siyako, 2006a; Kesgin ve Varol, 2003) Bozcaada'da ve Biga Yarımadası kuzeyinde Adatepe, Alpagut ve Şevketiye gibi geniş bir alanda yayılım göstermektedir.

Çalışma alanı içerisinde Mecidiye Köyü mevkiinde Fıçitepe Formasyonu çökellerini Kızıldam Volkanitleri'nin bazalt ve piroklastik lavları kesmektedir. Volkanitlere, Dönmez vd., (2008) birimin ilişkide olduğu kayaçları dikkate alarak Orta Eosen yaşını, Erenoğlu (2014) ise birim içerisinden aldıkları tüm kaya örneklerinden yaptığı Ar/Ar tarihlendirme yöntemi ile  $35,18 \pm 0,26$  My yaşını vermişlerdir.

## STRATİGRAFİ-PALEONTOLOJİ

Bölgede daha önce yapılan çeşitli çalışmalarda, Fıçitepe Formasyonu ile ilgili Toker ve Erkan (1985) formasyon içerisinde fosil bulunmadığını, yaşının ise bol mik-

tarda nannoplankton içeren orta Eosen yaşlı Koyun Limanı Formasyonu üzerine yanal ve düşey geçişli olarak gelmesi sebebiyle, göreceli olarak orta Eosen olması gerektiğini belirtmişlerdir. Siyako vd. (1989), yaşının stratigrafik konumlara göre İpresiyen-erken Lütesiyen (Erken-Orta Eosen) olması gerektiğini belirtmişlerdir. Sümengen ve Terlemeç (1991), Fıçitepe Formasyonu'nun içerisinde yaş tayini yapılacak fosil bulunmadığını ve stratigrafik ilişkileri yorumlayarak formasyonun yaşını Lütesiyen olarak belirlemişlerdir. Kesgin ve Varol (2003), Erken Eosen yaşlı Fıçitepe Formasyonu'nun üste doğru regresif özellikli, kumtaşı litolojisinden oluştuğunu vurgulamışlardır. Dönmez vd., (2008) ise "1/100 000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları" adlı çalışmalarında elde ettikleri *Halkyardia minima* (Liebus), *EOannularia conica* Sirel, *Gypsina mastelensis* Bursch, *EOannularia eocenica* Coleve Bermudez, *Fabiania cassis* (Openheim), *Gyrodinella manga* Y.Le Calvez, *Linderina brugeri* Schlumberger, *Discocyclina* sp., *Halyardia* sp., *Sohaerogypsina* sp., *Rotalia* sp., *Planorbulina* sp., *Orbitolites* sp., *Haddonina* sp., *Gyrodinella* sp., *Asterigerina* sp., *Gypsina* spp., *Amphistegina* sp., *Champmanina* spp, *Planorbulina* sp. fosil topluluğu ile formasyonun yaşını Orta Eosen (Bartoniyen) olarak önermişlerdir. Ancak; Orta Eosen yaşını veren bu fosil topluluğunun, Fıçitepe Formasyonu'ndan mı yoksa Fıçitepe Formasyonu'nun ilişkili olduğu başka bir litolojiden mi olduğu ifade edilmediğinden şüphe oluşturmaktadır.

STRATİJİK PERİYODLAR	LİTOLOJİ	AÇIKLAMA	PALEONTOLOJİ
SENEZOZOİK PALEOJEN EÖSEN MART		<p>1. Kuvaterner çökelleri (kum, kil, çakıl)</p> <p>2. Eosen çökelleri (kum, kil, çakıl)</p> <p>3. Eosen çökelleri (kum, kil, çakıl)</p> <p>4. Eosen çökelleri (kum, kil, çakıl)</p> <p>5. Eosen çökelleri (kum, kil, çakıl)</p> <p>6. Eosen çökelleri (kum, kil, çakıl)</p> <p>7. Eosen çökelleri (kum, kil, çakıl)</p> <p>8. Eosen çökelleri (kum, kil, çakıl)</p> <p>9. Eosen çökelleri (kum, kil, çakıl)</p> <p>10. Eosen çökelleri (kum, kil, çakıl)</p> <p>11. Eosen çökelleri (kum, kil, çakıl)</p> <p>12. Eosen çökelleri (kum, kil, çakıl)</p> <p>13. Eosen çökelleri (kum, kil, çakıl)</p> <p>14. Eosen çökelleri (kum, kil, çakıl)</p> <p>15. Eosen çökelleri (kum, kil, çakıl)</p> <p>16. Eosen çökelleri (kum, kil, çakıl)</p> <p>17. Eosen çökelleri (kum, kil, çakıl)</p> <p>18. Eosen çökelleri (kum, kil, çakıl)</p> <p>19. Eosen çökelleri (kum, kil, çakıl)</p> <p>20. Eosen çökelleri (kum, kil, çakıl)</p> <p>21. Eosen çökelleri (kum, kil, çakıl)</p> <p>22. Eosen çökelleri (kum, kil, çakıl)</p> <p>23. Eosen çökelleri (kum, kil, çakıl)</p> <p>24. Eosen çökelleri (kum, kil, çakıl)</p> <p>25. Eosen çökelleri (kum, kil, çakıl)</p> <p>26. Eosen çökelleri (kum, kil, çakıl)</p> <p>27. Eosen çökelleri (kum, kil, çakıl)</p> <p>28. Eosen çökelleri (kum, kil, çakıl)</p> <p>29. Eosen çökelleri (kum, kil, çakıl)</p> <p>30. Eosen çökelleri (kum, kil, çakıl)</p> <p>31. Eosen çökelleri (kum, kil, çakıl)</p> <p>32. Eosen çökelleri (kum, kil, çakıl)</p> <p>33. Eosen çökelleri (kum, kil, çakıl)</p> <p>34. Eosen çökelleri (kum, kil, çakıl)</p> <p>35. Eosen çökelleri (kum, kil, çakıl)</p> <p>36. Eosen çökelleri (kum, kil, çakıl)</p> <p>37. Eosen çökelleri (kum, kil, çakıl)</p> <p>38. Eosen çökelleri (kum, kil, çakıl)</p> <p>39. Eosen çökelleri (kum, kil, çakıl)</p> <p>40. Eosen çökelleri (kum, kil, çakıl)</p> <p>41. Eosen çökelleri (kum, kil, çakıl)</p> <p>42. Eosen çökelleri (kum, kil, çakıl)</p> <p>43. Eosen çökelleri (kum, kil, çakıl)</p> <p>44. Eosen çökelleri (kum, kil, çakıl)</p> <p>45. Eosen çökelleri (kum, kil, çakıl)</p> <p>46. Eosen çökelleri (kum, kil, çakıl)</p> <p>47. Eosen çökelleri (kum, kil, çakıl)</p> <p>48. Eosen çökelleri (kum, kil, çakıl)</p> <p>49. Eosen çökelleri (kum, kil, çakıl)</p> <p>50. Eosen çökelleri (kum, kil, çakıl)</p>	<p><i>Rotularia spirulaea</i> (Lamarck) d'Orbigny, <i>Ampullina cf. vulcani</i> (Brongniart), <i>Cyprædia elegans</i> (Defrance), <i>Tellina granconensis</i> Oppenheim, <i>Tellina sp.</i>, <i>Pitar (Callista) suberycinoides</i> Deshayes, <i>Pitar (Calpitaria) sulcataria</i> Deshayes, <i>Crassatella carcarenensis</i> Sacco, <i>Cyrena sirena sirena</i> Brongniart, <i>Miltha (Gibbolucina) coeloprocta</i> (Cossmann), <i>Cardium gratum</i> Deshayes, <i>Cardium rouyanum</i> d'Orbigny, <i>Venus sp.</i>, <i>Chlamys (Aequipecten) biarrizensis</i> d'Archiac, <i>Spondylus paucispinatus</i> Bellardi, <i>Ostrea plicata</i> (Solender), <i>Barbatia (Barbatia) appendiculata</i> Lamarck, <i>Rotularia spirulaea</i> (Lamarck) d'Orbigny, <i>Ampullina cf. vulcani</i> (Brongniart), <i>Cyprædia elegans</i> (Defrance), <i>Tellina granconensis</i> Oppenheim, <i>Tellina sp.</i>, <i>Pitar (Callista) suberycinoides</i> Deshayes, <i>Pitar (Calpitaria) sulcataria</i> Deshayes, <i>Crassatella carcarenensis</i> Sacco, <i>Cyrena sirena sirena</i> Brongniart, <i>Miltha (Gibbolucina) coeloprocta</i> (Cossmann), <i>Cardium gratum</i> Deshayes, <i>Cardium rouyanum</i> d'Orbigny, <i>Venus sp.</i>, <i>Chlamys (Aequipecten) biarrizensis</i> d'Archiac, <i>Spondylus paucispinatus</i> Bellardi, <i>Ostrea plicata</i> (Solender), <i>Barbatia (Barbatia) appendiculata</i> Lamarck.</p>

Şekil 1. Çalışma alanının genelleştirilmiş kolon kesiti

Bu çalışmada tespit edilen Adatepe çıkışındaki mostrada Polychaeta sınıfına ait *Rotularia spirulaea* (Lamarck); Gastropoda sınıfına ait *Ampullina cf. vulcani* (Brongniart), *Cyprædia elegans* (Defrance,) ve *Natica epiglotina* Lamarck, Bivalvia sınıfına ait *Barbatia (Barbatia) appendiculata appendiculata* (J. Sowerby), *Chlamys (Aequipecten) biarrizensis* d'Archiac, *Spondylus paucispinatus* Bellardi, *Ostrea plicata* (Solender), *Crassatella carcarenensis* Sacco, *Cyrena sirena sirena* Brongniart, *Miltha (Gibbolucina) coeloprocta* (Cossmann), *Cardium gratum* Deshayes, *Cardium rouyanum* d'Orbigny, *Venus sp.*, *Tellina granconensis* Oppenheim, *Tellina sp.*, *Pitar (Callista) suberycinoides* Deshayes, *Pitar (Calpitaria) sulcataria* Deshayes, türleri tanımlanmıştır (Levha 1).

## SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Andezitik, dasitik piroklastik lavlardan oluşan Beyçayır Volkaniti üzerine uyumsuzlukla gelen Fıçitepe Formasyonu'nun fosilli seviyelerinden tanımlanan *Chlamys biarrizensis biarrizensis*, *Spondylus paucispinatus*, *Ostrea plicata*, *Crassatella carcarenensis crassa* ve *Ampullina cf. vulcani* türlerine göre; formasyon, ılık (18-20°C), normal tuzluluğa

sahip, orta-yüksek enerjili, tropikalden subtropikale değişen, sıg koşulları temsil eden (Okan ve Hoşgör, 2008; Wonzy, 1977) ortamda çökelmiştir.

*Cardium rouyanum* ve *Tellina granconensis* türleri (Karaguileva, 1964) Bulgaristan, Pireneler-Güney Fransa ve Alpler-Kuzey İtalya'da sadece geç Eosen gibi dar bir zaman aralığında yayılım sunmaktadır. Ayrıca, orta Paleojen'deki Tetis'in son kalıntılarının karakteristik bir örneği olan *Rotularia spirulaea* (Lamarck) (Mikuz, 2008) Fıçitepe Formasyonu'nun fosilli seviyeleri içerisinde bulunmaktadır. İnceleme alanından elde edilen tüm bu veriler; Fıçitepe Formasyonu'nun geç Eosen (Priaboniyen)'de kapanmakta olan Tetis denizinin kıyısında çökeldiğini ortaya koymaktadır.

## KATKI BELİRTME

Bu çalışma Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimince (Proje Numarası: FYL-2016-654) desteklenmiştir. Yazarlar Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi BAP Birimine teşekkür ederler.

## KAYNAKLAR

### (a) Süreli yayınlar:

Dönmez, M., Akçay, A.E., Genç, C. ve Acar, Ş., 2005. Biga Yarımadası'nda Orta-Üst Eosen volkanizması ve denizel ignimbiritler. MTA Dergisi, 131: 49-61.

Dönmez, M., Akçay, A.E., Duru, M., İlgar, A., Pehlivan, Ş., 2008. Türkiye jeoloji haritaları: Çanakkale-H17 Paftası. No:101.

Kesgin, Y., ve Varol, B., 2003. Gökçeada ve Bozcaada'nın Tersiyer jeolojisi (Çanakkale), Türkiye. MTA Dergisi, 126: 49-67.



Mikuz, V., 2008. Serpulidni crv *Rotularia spirulæa* iz eocenskin plasti pri Graciscu v Istri, Hrvaska. *Gedogija* 51 (2): 161-168, Ljubljana, Doi: 10.5474/gelogija 2008.017.

Okan, Y. and Hoşgör, İ., 2008. The Ampullinid Gastropod *Globularia* (Swainson 1840) from the Late Tharetian-Early Ilerdian Kırkkavak formation (Polatlı-Ankara) of the Tethyan Realm, *Turkish Journal of Earth Sciences* (Turkish J. Earth Sci.), 17: 783-801.

Siyako, M., Burkan, K.A., ve Okay, A.I., 1989. Biga ve Gelibolu Yarımadaı Tersiyer jeolojisi ve hidrokarbon olanakları. *Turkish Association of Petroleum Geologist Bulletin*, 1: 183-199.

Siyako, M., 2006a. Trakya havzasının Linyitli Kumtaşları. *MTA Dergisi*, 132: 63-73.

Sümengen, M., ve Terlemez İ., 1991. Güneybatı Trakya yöresi Eosen çökellerinin stratigrafisi. *MTA Dergisi*, 113: 17-30

Toker, V., ve Erkan. E., 1985. Gelibolu Yarımadaı Eosen formasyonlarının nannoplankton biyostratigrafisi. *MTA Dergisi*, 101 (102): 72-91.

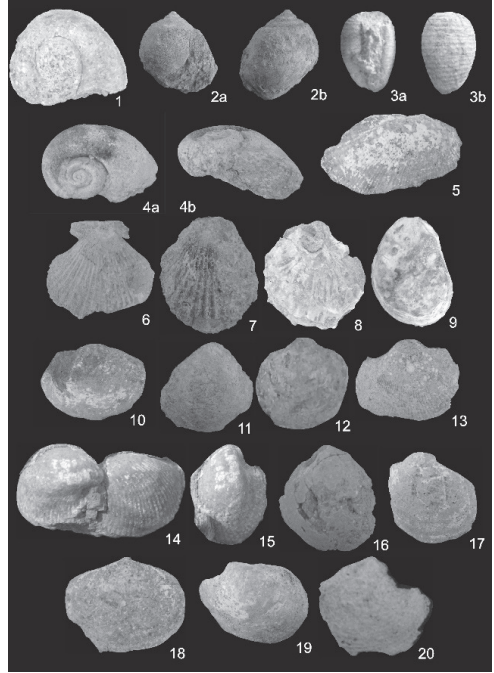
Wozny, E., 1977. Pelecypods from the Upper Eocene of East Poland. *Acta Palaeontologica Polonica*, 22 (1): 93-118.

### (b) Kitaplar:

Karagiuleva J.D., 1964. Les fossiles de Bulgarie VIa Paleogene Mollusca. *Academie des Sciences de Bulgarie*, Sofia.

### (c) Raporlar ve Tezler:

Erenoğlu, O., 2014. Dededağ Çevresindeki (Beyçayır-Çanakkale) Eosen, Oligo-Miyosen Volkanitlerinin Kronostratigrafik Konumu ve Biga Yarımadaı'nda Bölgesel Volkanizma İçindeki Önemi. Doktora Tezi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Türkiye.



Levha 1. 1: *Rotularia spirulæa* (Lamarck); 2: *Ampullina* cf. *vulcani* (Brongniart); 3: *Cypraedia elegans* (Defrance); 4: *Natica epiglottina* Lamarck; 5: *Barbatia* (*Barbatia*) *appendiculata* *appendiculata* (J. Sowerby); 6: *Chlamys* (*Aequipecten*) *biarritzensis* d'Archiac; 7: *Spondylus paucispinatus* Bellardi; 8-9: *Ostrea plicata* (Solender); 10: *Crassatella carcarenis crassa* Sacco; 11: *Cyrena sirena sirena* Brongniart; 12: *Miltha* (*Gibbolucina*) *coeloprocta* (Cossmann); 13: *Cardium gratum* Deshayes; 14-15: *Cardium rouyanum* d'Orbigny; 16: *Venus* sp.; 17: *Tellina granconensis* Oppenheim; 18: *Tellina* sp.; 19: *Pitar* (*Callista*) *suberycinoides* Deshayes; 20: *Pitar* (*Calpittaria*) *sulcataria* Deshayes



## Plio-Pleistocene Marine and Terrestrial Paleoenvironments of Datça Peninsula: Preliminary Observations

*Datça Yarımadasında Pliyo-Pleyistosen Denizel ve Karasal Paleoortamlar: İlk Gözlemler*

**Fatih Seçkin Şiş<sup>1</sup>, Meryem Dilan İnce<sup>1</sup>, Levent Tosun<sup>1</sup>, Ökmen Sümer<sup>2</sup>, Çağlar Özkaymak<sup>3</sup>, Marius Stoica<sup>4</sup>, Bora Uzel<sup>2</sup>, Cor Langereis<sup>5</sup>, Nuretdin Kaymakçı<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>METU, Department of Geological Engineering, 06800, Ankara, Turkey

<sup>2</sup>DEU, Department of Geological Engineering, 35160, İzmir, Turkey

<sup>3</sup>AKU, Department of Geological Engineering, 03200, Afyonkarahisar, Turkey

<sup>4</sup>University of Bucharest, Geology and Geophysics, 050107, Bucharest, Romania

<sup>5</sup>Utrecht University, Department of Earth Sciences, 3584-CD Utrecht, The Netherlands

(seckin.sis@metu.edu.tr)

**Abstract:** The Datça Basin, characterized by the Datça Fault in the north, developed at early Pliocene as a half-graben, then became a graben in the late Pleistocene. Plio-Pleistocene units have been deposited unconformably on the Mesozoic carbonates and ophiolites. We conducted paleontological studies on the sediments of both terrestrial and marine environments to shed some light the marine-continental transitions in the Plio-Pleistocene deposits of Datça Basin. Three composite sections were sampled in the Yıldırım Formation. We considered the planktonic and benthic foraminiferal ratio (P/B ratio) for deriving paleobathymetry estimations, but the very shallow water depths prevented calculation. Fluvial dominated mixed environments may have been responsible for this absence of foraminifera. We also studied the mollusk fauna which indicates a shallow marine environment. In this case, ostracods, found in the washed samples, are getting more importance for further studies.

**Keywords:** Datça Peninsula, Datça Graben, paleontology, paleoenvironment, foraminifera, ostracod

**Öz:** Kuzeyde Datça Fayı ile karakterize olan Datça Havzası, Erken Pliyosen'de yarım graben olarak gelişmiş, daha sonra Geç Pleyistosen'de bir graben olmuştur. Miyosen sonrası birimler Mesozoyik karbonatlar ve ofiyolitler üzerinde uyumsuz olarak çökelmiştir. Datça Havzası'nın Pliyo-Pleyistosen çökellerinde bu geçişlere açıklık getirmek amacıyla hem karasal hem de denizel ortamlar tortullarında paleontolojik çalışmalar yapılmıştır. Yıldırım Formasyonu'nda üç kesit ölçülmüş ve örneklenmiştir. Her ne kadar, planktonik ve bentik foraminifer oranı, paleobiyometri yorumlamaları için düşünülmüş olsa da, foraminiferin varlığına rağmen çok sığ su derinliği hesaplamayı mümkün kılmamıştır. Mollusk faunası sığ deniz ortamına işaret etmektedir. Benzer şekilde, fuliviyal ortamın baskın oluşu foraminiferlerin yokluğunun nedenlerinden biri olabilir. Bu durumda, yıkanan örnekler içinde bulunan ostrakodlar ilderdeki çalışmalar için daha fazla önem kazanmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Datça Yarımadası, Datça Grabeni, paleontoloji, paleoortam, foraminifera, ostrakod

insula is located at the south-western Anatolia which is a tectonically very active region (Figure 1a). The main reasons of the tectonic activity are generally accepted as the westward escape of Anatolian block along the north Anatolian Fault Zone in the north; and to the south, along the Aegean-Cyprian trench the subduction of the African slab beneath the Anatolia (Van Hinsbergen et al., 2010; Biryol et al., 2011; Uzel et al., 2015). As a consequence, extensional structures have been developed, and differential subsidence and uplift have occurred at the SW Anatolia (Hetzel et al., 2013; Emre and Sözbilir, 1997; Bozkurt and Oberhänsli, 2001; Sözbilir, 2001, 2002; Ring et al., 2003; Gessner et al., 2013; Uzel et al., 2015). Datça Basin, characterized by Datça Fault in the north, developed at early Pliocene as a half-graben, then became a graben at late Pleistocene and post-Miocene basin fill have been deposited unconformably on the Mesozoic carbonates and ophiolites (Ersoy, 1990; Dirik, 2007; Kapan-Yeşilyurt and Taner, 2002). Although they are dominated by continental depositional environments, shallow marine environments are deposited due to the regional tectonics and global sea level change. In this context, we conducted paleontological studies to shed some light on the continental and marine transitions on Plio-Pleistocene deposits of Datça Basin.

## STRATIGRAPHY

The stratigraphy of the basin given in the literature (Ersoy, 1990; Dirik, 2007) have been generally confirmed with the fieldwork which centered upon the north and mid-part of the basin. The rock units exposed in the region are classified into two groups: basement rocks and basin infill (Figure 1b). The basement rocks, belonging to Lycian Nappes, comprise Mesozoic carbonates on the southern part,

recrystallized limestone, pelagic and micritic limestone, and ophiolites on the northern part of the basin. The second group is Neogene basin infill overlying unconformably on the basement rocks, comprises Plio-Pleistocene units and Quaternary covers which are the main concern of this study. Kızılağaç Formation (Dirik, 2007) is the oldest basin-fill, only exposed at the northern margin of the basin. It is characterized by reddish brownish coarse grained, poorly rounded clastics. On top of the formation there is finer clastic sediments and these are laterally transitional to lacustrine limestone. Yıldırım Formation (Dirik, 2007) is widely exposed at the southern and mid-part of the basin. It is characterized by limestone and ophiolite originated clastics and fining upward sequences in general. It consists fluvial cyclic depositions at the mid and top parts. It is observed that there are 3 pyroclastic levels belonging to the formation which have not been dated before. Three composite sections are measured in the formation, 150 m (DU), 50 m (DM) and 150 m (DL), which are indicated on the map. Karaköy Formation overlies Yıldırım Formation with an angular unconformity at the southern margin of the basin. Another unit is the Kos-Niyros pyroclastics, studied by Gençalioglu-Kuşcu and Uslular (2018). The youngest units of the basin are colluvial and fluvial deposits at the southern margin.

## PALEONTOLOGY

In order to get better understanding that continental and marine environmental transitions, paleobathymetry studies, based on mainly foraminifera, play a part in this context. Although planktonic and benthic foraminifer ratio had been considered for deriving paleobathymetry estimations (Van Hinsbergen, 2005), in spite of presence of foraminifera



very shallow water depth prevented calculation. Moreover, fluvial dominated mixed environment may have been a cause of absence of foraminifera (Gupta, 1999) which is the case for most part of the measured sections. In this case, biostratigraphy studies are being conducted with ostracods instead of foraminifera. In addition, ostracods, useful for paleo-environmental studies (Richards et al., 2018; Van Baak et al., 2015), were observed both in marine and lacustrine environments. Besides these micro-faunas, there are both marine and terrestrial mollusk fauna (Kapan-Yeşilyurt and Taner, 2002). Paleontology studies have been conducted for making inferences both paleoenvironment and biostratigraphy of Plio-Pleistocene deposits of Datça Peninsula. 41 samples were collected from measured sections and around the Reşadiye village. Some of the taxa observed in the field are family Ostreidea, genera *Cerastoderma*, *Melanopsis*, *Pecten Planorbis*, *Theodoxus* and *Venus*.

## DISCUSSION AND CONCLUSION

Datça Basin consists of both terrestrial and marine deposits which are developed depending on the graben system. Terrestrial environments are characterized by lacustrine and the fluvial environments; while mollusk fauna indicates to shallow marine environments. Foraminifera are absent in some parts of the measured sections, probably due to fluvial dominated mixed environments. In this case, ostracods, found in the washed samples, are getting more importance for future studies. Geochronology of the deposits will be more reliable with the correlation of biostratigraphy, cyclostratigraphy and other studies carried out.

## ACKNOWLEDGEMENTS

We would like to thank TÜBİTAK (The Scientific and Technological Research Council of Turkey) for giving financial support for

this study (Grant number: 117R012)

## REFERENCES

- Biryol, C.B., Beck, S.L., Zandt, G., Özacar, A.A. 2011. "Segmented African lithosphere beneath the Anatolian region inferred from teleseismic P-wave tomography", *Geophys. J. Int.*, 184, 1037-1057.
- Bozkurt, E., Oberhänsli, R. 2001. "Menderes Massif (western Turkey): structural, metamorphic and magmatic evolution", *Int. J. Earth Sci.*, 89, 679-882.
- Dirik, K. 2007. "Neotectonic characteristics and seismicity of the Reşadiye Peninsula and surrounding area, Southwest Anatolia", *Geol. Bull. of Turkey*, 50, 130-149.
- Emre, T., Sözbilir, H. 1997. "Field evidence for metamorphic core complex, detachment faulting and accommodation faults in the Gediz and Büyük Menderes grabens (Western Turkey)", *International Earth Sciences Colloquium on the Aegean Region 1995*, 2, 73-94.
- Ersoy, Ş. 1990. "Stratigraphy and tectonics of the neotectonic units in the Reşadiye (Datça) Peninsula, SW Turkey", *IESCA Proceeding*, v.2, 116 - 128.
- Gençaliolu-Kuşcu, G., & Uslular, G. (2018). Geochemical characterization of mid-distal Nisyros tephra on Datça peninsula (southwestern Anatolia). *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 354, 13-28.
- Gessner, K., Gallardo, L.A., Markwitz, V., Ring, U., Thomson, S.N. 2013. "What caused the denudation of the Menderes Massif: review of crustal evolution, lithosphere structure, and dynamic topography in southwest Turkey", *Gondwana Res.*, 24, 243-274.
- Gupta, B. K. S. (1999). Foraminifera in marginal marine environments. In *Modern foraminifera* (pp. 141-159). Springer, Dordrecht.

- Hetzl, R., Zwingmann, H., Mulch, A., Gessner, K., Akal, C., Hampel, A., Güngör, T., Petschick, R., Mikes, T., Wedin, F. 2013. "Spatio-temporal evolution of brittle normal faulting and fluid infiltration in detachment fault systems—a case study from the Menderes Massif, western Turkey", *Tectonics*, 32, 364-376.
- Kapan-Yeşilyurt, S., Taner, G. 2002. "Datça yarımadasının geç Pliyosen pelecypoda ve gastropoda faunası ve stratigrafisi (Muğla-Güneybatı Anadolu)", *MTA Dergisi*, 125, 89-120.
- Van Baak, C. G., Mandic, O., Lazar, I., Stoica, M., & Krijgsman, W. (2015). The Slanicul de Buzau section, a unit stratotype for the Romanian stage of the Dacian Basin (Plio-Pleistocene, Eastern Paratethys). *Palaeogeography, palaeoclimatology, palaeoecology*, 440, 594-613.
- Uzel, B., Langereis, G. C., Kaymakçı, N., Sözbilir, H., Özkaymak, Ç., Özkaptan, M. 2015. "Paleomagnetic evidence for an inverse rotation history of Western Anatolia during the exhumation of Menderes core complex", *Earth and Planetary Science Letters*, 414, 108-125
- Van Hinsbergen, D. J. J., Kouwenhoven, T. J., & Van der Zwaan, G. J. (2005). Paleobathymetry in the backstripping procedure: Correction for oxygenation effects on depth estimates. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 221(3-4), 245-265.
- Van Hinsbergen, D.J.J., Kaymakci, N., Spakman, W., Torsvik, T.H., Amaru, M. 2010. "Reconciling geological history with mantle structure in western Turkey", *Earth Planet. Sci. Lett.*, 297, 674-686.
- Richards, K., van Baak, C. G., Athersuch, J., Hoyle, T. M., Stoica, M., Austin, W. E., ... & Pinnington, C. A. (2018). Palynology and micropalaeontology of the Pliocene-Pleistocene transition in outcrop from the western Caspian Sea, Azerbaijan: Potential links with the Mediterranean, Black Sea and the Arctic Ocean?. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 511, 119-143.
- Ring, U., Johnson, C., Hetzel, R., Gessner, K. 2003. "Tectonic denudation of a Late Cretaceous–Tertiary collisional belt: regionally symmetric cooling patterns and their relation to extensional faults in the Anatolide belt of western Turkey". *Geol. Mag.*, 140, 421-441.
- Sözbilir, H. 2001. "Extensional tectonics and the geometry of related macroscopic structures: field evidence from the Gediz detachment, western Turkey", *Turk. J. Earth Sci.*, 10, 51-67.
- Sözbilir, H. 2002. "Geometry and origin of folding in the Neogene sediments of the Gediz Graben, Western Anatolia, Turkey", *Geodinamica Acta.*, 15, 277-288.



**PALİNOLOJİ VE PALEOİKLİM / *PALYNOLOGY AND PALEOCLIMATE RESEARCH***

Funda AKGÜN - Zühtü BATI - Dimiter IVANOV - Torsten UTESCHER

Mine S. KAYSERİ ÖZER

---

***Sözlü Sunumlar/Oral Presentations***

---

***TAM METİN BİLDİRİLER/***

***PROCEEDINGS***





## Aktoprak Alt Havzasının Ayrıntılı Palinofloral İncelemesi ve Bunların Vejetasyon ve İklimsel Önemi (Ulukışla havzası, Güney Orta Anadolu)

*Detailed Palynofloral Investigations (Late Eocene-Late Miocene) of the Aktoprak Subbasin and Their Vegetation and Climatic Implications (Ulukışla Basin; Southern Central Anatolia)*

**Funda Akgün<sup>1</sup>, Erdoğan Tekin<sup>2</sup>, Mine Sezgül Kayseri Özer<sup>3</sup>, Şevket Şen<sup>4</sup>, Erdal Herece<sup>5</sup>, İbrahim Gündoğan<sup>1</sup>, Koray Sözeri<sup>5</sup>, Baki Varol<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Dokuz Eylül University, Engineering Faculty, Department of Geological Engineering, Tınaztepe/ İzmir, Turkey

<sup>2</sup>Ankara University, Engineering Faculty, Department of Geological Engineering, Ankara, Turkey

<sup>3</sup>Dokuz Eylül University, Institute of Marine Science and Technology, Haydar Aliyev Bul. No: 100, 35340, İnciraltı-İzmir, Turkey

<sup>4</sup>UMR 7207 CNRS, MNHN, 8 rue Buffon, 75005 Paris, Fransa

<sup>5</sup>General Directorate of Mineral Research and Exploration, Üniversiteler Mahallesi Dumlupınar Bulvarı No:139 06800 Çankaya/Ankara, Turkey  
(sezgul.kayseri@deu.edu.tr)

**Öz:** Ulukışla Havzasında Geç Eosen-Erken Oligosen, geç Orta-erken Geç Miyosen ve Geç Miyosen zamanlarının ilk palinolojik kanıtları kaydedilmiştir. Geç Eosen-Erken Oligosen aralığında Kabaktepe Formasyonu'nun çökme alanı sığ bir denizdir, denizel dinoflagellat türlerinin ve palinomorfaların varlığı acı su ortamını göstermektedir. Ayrıca, bu tortularda tanımlanan bitkiler lagoonal ve karasal alanların sakinleri olabilir (örn. Cicatricosisporites spp., Osmundaceae, Selaginellaceae, Pteridaceae, Lycopodium, Cyatheaceae, Leiotriletes maxoides maxoides, Pinaceae-Pinus haploxylon ve P. silvestris tipleri, Cathaya, Cedrus, Plicapollis pseudoexcelsus, Plicapollis plicatus, Bohlensipollis hohli, Edmundipollis megagranatus, Margocolporites vanwijhei ve denizel dinoflagellate türleri). Bu zaman aralığında paleoklim, sayısal iklimsel değerler ve palinomorf verilerine dayanarak kurak (MAP 818-1350mm) ve subtropikal (MAT: 15-19°C ve CMT: 6-9°C) 'dir. Bu nedenle, çalışma alanının bu iklim değerleri, Anadolu'nun diğer alanlarındaki Geç Eosen-Erken Oligosen depolanma alanlarının diğer iklimsel değerlerinden daha düşüktür.

Miyosen'in farklı aralıklarından iki mikroflora, Kurtulmuştepe Formasyonu'nun kuru göl düzlük paleortamları ve sığ gölde depolanmış ara katmanların ince kırıntılı çökellerinden ve taşkın düzlüğü ve örgülü nehirde biriken kıltaşı-çamurtaşı arakatlı kanallı kumtaşı ve kanal dolgulu konglomeradan ve Aktoprak Alt Havzası'ndaki Aktoprak Formasyonu'nun (Geç Miyosen) Çatköy Üyesi'ndeki taşkın düzlüğü paleortamlarından kaydedilmiştir. Kurtulmuştepe Formasyonu'nun geç Orta-erken Geç Miyosen yaşlı palinoflorası, nehir kenarı ve orta yükselti alanlarında (Alnus, Salix, Carpinus, Myricaceae, Corylus, Castanea, Ulmus, Araliaceae, Carpinus, Betula ve Quercus) yetişen angiosperm ve gymnosperm türleri (silvestris ve haploxylon tipleri- Pinaceae ve Cupressaceae) ile temsil edilmektedir. Ayrıca formasyonun Geç Miyosen

palinoflorasındaki çayır türleri (örn. Cyperaceae, Plantago, Asteraceae, Artemisia, Centaureae, Chenopodiaceae, Caryophyllaceae, Brassicaceae, Poaceae, Apiaceae ve Ephedraceae) bol ve çeşitlidir. Aynı zamanda, Chenopodiaceae bu otsul bitkiler arasında en büyük yüzdeye sahiptir. Aktoprak Formasyonu'nun (Geç Miyosen) Çatköy Üyesi palinoflorası, haploxyton tip Pinaceae, Cedrus, Abies, Ephedraceae, Alnus, Myricaceae, Salix, Corylus, Betula, Castanea, Asteraceae (Artemisia), Chenopodiaceae ve Amaranthaceae ile tanımlanmaktadır.

Miyosen'deki (AktoprakAlt havzası) paleoiklim subtropik olmasına karşın, Miyosen'deki bu iklim koşulu, Anadolu'nun diğer Miyosen havzalarına göre daha serin ve kurudur.

**Anahtar Kelimeler:** Geç Eosen-Geç Miyosen, Paleoiklim, Paleovejetasyon, Palinoloji, Ulukışla Basın

**Abstract:** The first palynological evidences of the Late Eocene–Early Oligocene, late Middle-early Late Miocene and Late Miocene times are recorded in the Ulukışla Basin. According to the presence of marine dinoflagellate species and palynomorphs indicated the brackish environment, the deposited area of the Kabaktepe Formation during the Late Eocene–Early Oligocene interval is a shallow marine environment. Besides, the plants identified in these deposits could be inhabitants of lagoonal and terrestrial areas (e.g. *Cicatricosisporites* spp., Osmundaceae, Selaginellaceae, Pteridaceae, *Lycopodium*, Cyatheaceae, *Leiotriletes maxoides maxoides*, Pinaceae–*Pinus haploxyton* and *P. silvestris* types, *Cathaya*, *Cedrus*, *Plicapollis pseudoexcelsus*, *Plicapollis plicatus*, *Bohlensipollis hohli*, *Edmundipollis megagranatus*, *Margocolporites vanwijhei* and marine dinoflagellate species). Palaeoclimate in this time interval is dry (MAP 818-1350mm) and subtropical (MAT: 15-19°C and CMT: 6-9°C) based on the numerical climatic values and palynomorphs data. Thus, this climatic values of the study area are lower than the other climatic values of the deposited in the Late Eocene–Early Oligocene of Anatolia.

Two microfloras from different intervals of the Miocene are recorded from thin clastic sediments of the interlayers deposited in the shallow lacustrine and dry lake flats palaeoenvironments of the Kurtulmuştepe Formation, and the channelized sandstones and channel fill conglomerates with claystones-mudstone intercalations deposited in the braided river and floodplain palaeoenvironments in the Çatköy Member of the Aktoprak Formation (Late Miocene) in the Aktoprak Subbasin. The late Middle-early Late Miocene palynoflora of the Kurtulmuştepe Formation is represented by the gymnosperm species (Pinaceae of *silvestris* and *haploxyton* types, and Cupressaceae) and angiosperm species grown in riparian and middle altitude areas (*Alnus*, *Salix*, *Carpinus*, Myricaceae, *Corylus*, *Castanea*, *Ulmus*, Araliaceae, *Carpinus*, *Betula* and *Quercus*). Besides, grassland species in the Late Miocene palynoflora of the formation. (e.g. Cyperaceae, *Plantago*, Asteraceae, *Artemisia*, *Centaureae*, Chenopodiaceae, Caryophyllaceae, Brassicaceae, Poaceae, Apiaceae and Ephedraceae) are abundant and diverse. At the same time Chenopodiaceae has the largest percentage among these herbaceous plants. Palynoflora of the Çatköy Member of the Aktoprak Formation (Late Miocene) is characterized by Pinaceae of *haploxyton* type, *Cedrus*, *Abies*, Ephedraceae, *Alnus*, Myricaceae, *Salix*, *Corylus*, *Betula*, *Castanea*, Asteraceae (*Artemisia*), Chenopodiaceae and Amaranthaceae.

Although the palaeoclimate during the Miocene (Aktoprak subbasin) is subtropical, this climatic condition during the Miocene is cooler and dryer than the other Miocene basins of Anatolia.

**Keywords:** Late Eocene-Late Miocene, Paleoclimate, Paleovegetation, Palynology, Ulukışla Basin

## INTRODUCTION

The complex geological history of Anatolia is considered to be a long history that is related to the interaction of multi-dimensional and many plunge-immersion zones, consuming ocean and continental lithosphere and the African-Eurasian convergence (e.g. Şengör and Yılmaz, 1981; Robertson and Dixon, 1984). The Pontides are limited to the Izmir-Ankara-Erzincan suture region, a mélangé area that is thought to represent a fossil plunge zone consuming the ocean lithosphere of the Neotethys Ocean in the south (Şengör and Yılmaz, 1981). This suture forms the base region of a large ophiolitic belt, and on these ophiolites there are numerous sedimentary basins forming the Central Anatolian basin system (e.g. Ayaş-Beyazarı, Haymana-Polatlı, Tuzgözü, Ereğli-Ulukışla, Çankırı-Çorum and Sivas-Erzincan Basins).

Central Anatolia (Turkey) contains many small to large Paleojen-Neojen sedimentary basins (Ayaş-Beyazarı, Haymana-Polatlı, Ereğli-Ulukışla, Sivas, Çankırı-Çorum). One of them is the Ereğli-Ulukışla Basin which is situated at the southeastern edge of Central Anatolian basins (Akgün et al., 2016).

Three subbasins have been identified in the Ereğli-Ulukışla Basin. These are Aktoprak, Hacıbekirli and Tepeköy+Beştepeler subbasins. The present study investigates palynofloras and palaeoenvironmental evidences of the Kabaktepe Formation (Late Eocene-Early Oligocene), Kurtulmuştepe Formation (late Middle-early Late Miocene) and Çatköy Member of the Aktoprak Formation (Late Miocene) in the Aktoprak Subbasin.

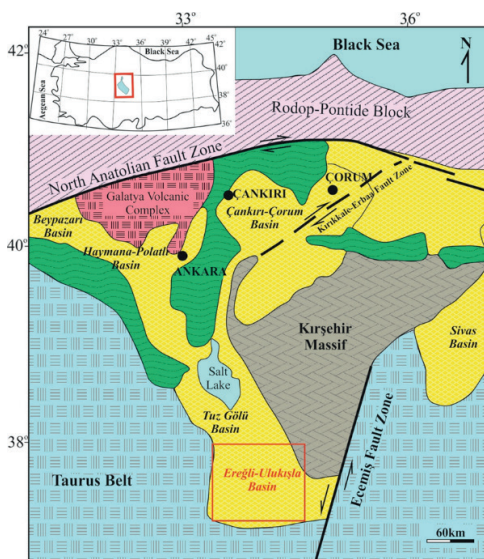


Figure 1. Simplified regional geology map.

## PALYNOFLORA OF LATE EOCENE-EARLY OLIGOCENE IN AKTOPRAK SUBBASIN

The Kabaktepe Formation was deposited during the Late Eocene-Early Oligocene as shown by age determination from the <sup>86/87</sup>Sr isotopic records (0.707693 to 0.707793). Samples for the palynological study were collected from the claystones and mudstones interlayers in the marine gypsum defined by the sedimentological and petrographical data. Palynoflora of this time interval is characterized by the diversity and abundance of the spores (e.g. *Cicatricosisporites* spp., Osmundaceae, Selaginellaceae, Pteridaceae, *Lycopodium*, Cyatheaaceae and *Leiotriletes maxoides maxoides*). Gymnosperm pollen are abundant in the palynoflora and these are rep-



resented by only Pinaceae-*Pinus haploxylon* and *P. silvestris* types, *Cathaya* and *Cedrus*. Diversity of the angiosperm pollen is low in the Late Eocene-Early Oligocene palynoflora. Important elements for palynostratigraphy are *Plicapollis pseudoexcelsus*, *Plicapollis plicatus*, *Bohlensipollis hohli*, *Edmundipollis megagranatus* and *Margocolporites vanwijhei*. Besides, this palynoflora also includes abundant and various marine dinoflagellate species, and supports age determination based on the <sup>86/87</sup>Sr isotopic data. According to palynologic, isotopic and sedimentologic data, the deposition area is a shallow marine environment, and also the plants identified in these deposits could be inhabitants of lagoonal and terrestrial areas. Palaeoclimate is subtropical based on palynoflora (MAT: 15-19°C and CMT: 6-9°C), and dry periods (MAP: 818-1350mm) have also been observed witnessing some seasonality.

### **PALYNOFLORA OF MIOCENE IN AKTOPRAK SUBBASIN**

Two microfloras from different intervals of the Miocene are defined from the claystones and mudstones interlayers deposited in the shallow lacustrine and dry lacustrine flats palaeoenvironments of the Kurtulmuştepe Formation (late Middle Miocene), and the claystones of the floodplain palaeoenvironment in the Çatköy Member of the Aktoprak Formation (Late Miocene) in the Aktoprak Subbasin. Deposition time of these formations is determined from regional stratigraphic correlation and palynofloral data.

#### **Microflora of Kurtulmuştepe Formation**

The late Middle-early Late Miocene palynoflora of the upper part of the Kurtulmuştepe Formation is represented by a low diversity and but abundance of the gymnosperm species (Pinaceae of *silvestris* and *haploxylon* types, and Cupressaceae). Angiosperm spe-

cies grown in riparian and middle altitude areas have low percentage and these consist of *Alnus*, *Salix*, *Carpinus*, Myricaceae, *Corylus*, *Castanea*, *Ulmus*, Araliaceae, *Carpinus*, *Betula* and *Quercus*. Herbaceous plants in the Late Miocene palynoflora of the Kurtulmuştepe Formation (e.g. Cyperaceae, *Plantago*, Asteraceae, *Artemisia*, *Centaureae*, Chenopodiaceae, Caryophyllaceae, Brassicaceae, Poaceae, Apiaceae and Ephedraceae) are abundant and diverse. Especially Chenopodiaceae have the largest percentage among these herbaceous plants. According to the palynofloral data, the sampled claystones and mudstones of the Kurtulmuştepe Formation could be formed in Late Middle-early Late Miocene. Palaeoclimate during the sedimentation of these deposits is subtropical, and abundance and diversity of the grassland species and sedimentological data demonstrate the presence of dry periods in this climatic trend (MAP: 279-1958 mm).

#### **Microflora of Çatköy Member of the Aktoprak Formation**

The other palynoflora in the Aktoprak Subbasin is defined from the Çatköy Member of the Aktoprak Formation (Late Miocene), and it is only represented by spores of *Sphagnum*. The gymnosperm pollen consists of Pinaceae of *haploxylon* type, *Cedrus*, *Abies* and Ephedraceae. The angiosperm pollen are abundant and diverse, although the percentage of the herbaceous angiosperm pollen is higher than the other types (e.g. *Alnus*, Myricaceae, *Salix*, *Corylus*, *Betula* and *Castanea*), thus indicating riparian and lowland palaeoenvironment. Diversity of Asteraceae family, and abundance of Asteraceae (*Artemisia*), Chenopodiaceae and Amaranthaceae, presence of Ephedraceae and abundances and diversity of other herbaceous plants could be indicative of the deposition time of the Çatköy Member as the Late Miocene. Palaeoclimatic condition during the deposition of this formation could be

temperate with intervals of dry periods, based on the palynological and sedimentological data (MAP: 897-932mm.).

## DISCUSSION AND CONCLUSION

In this study, firstly palynological records of the Late Eocene–Early Oligocene, late Middle-early Late Miocene and Late Miocene times are obtained from the Ulukışla Basin.

According to the palynological data deposited area of the Kabaktepe Formation during the Late Eocene–Early Oligocene interval is a shallow marine environment. Besides, the plants identified in these deposits could be inhabitants of lagoonal and terrestrial areas. Palaeoclimate in this time interval is dry (MAP 818-1350mm) and subtropical (MAT: 15-19°C and CMT: 6-9°C) based on the numerical climatic values and palynomorphs data. This climatic values are lower than the other climatic values of the deposited in the Late Eocene-Early Oligocene of Anatolia.

Two microfloras from different intervals of the Miocene are recorded from thin clastic sediments of the interlayers deposited in the shallow lacustrine and dry lacustrine flats palaeoenvironments of the Kurtulmuştepe Formation (late Middle Miocene), and the clays-tones of the floodplain palaeoenvironment in the Çatköy Member of the Aktoprak Formation (Late Miocene) in the Aktoprak Subbasin.

Although the palaeoclimate during the Miocene in the Aktoprak subbasin is subtropical, this climatic condition during the Miocene is cooler and dryer than the other Miocene basins of Anatolia.

## REFERENCES

Akgün, F., Kayseri-Özer, M.S., Tekin, E., Varol, B., Herece, E.İ., Gündoğan, İ., Sözeri, K., Şen, Ş., Görmüş, M., Büyükmeriç, Y.,

2016. Palaeovegetational Dynamic of the Cihanbeyli-Yenicoba from The Cretaceous to Early Pliocene (Salt Lake, Turkey), RCMNS workshop on the role of Anatolia in Mediterranean Neogene palaeobiogeography EGE University, Izmir, 16-18 Eylül 2016. 29p.

Robertson, A. H. F. and Dixon, J. E., 1984. *Introduction: aspects of the geological evolution of the Eastern Mediterranean*, Geological Society, London, Special Publications, 17, 1-74.

Şengör, A.M.C. and Yılmaz, Y., 1981. Tethyan evolution of Turkey: a plate tectonic approach. *Tectonophysics*, 75, 181-241



## Batı Pontidlerdeki Orta-Geç Eosen yaşlı Denizel Evaporit içeren Birimlerin Paleokoekolojik İncelemesi: Palinoflora, Foramnifer ve Kil Mineralojisi

*Palaeoecological Investigations of the Middle-Late Eocene Marine Evaporite bearing units in the Western Pontides (Bolu-Bakacak area of NW Turkey): Palynoflora, Foraminifers and Clay mineralogy*

**Funda Akgün<sup>1</sup>, Erdoğan Tekin<sup>2</sup>, Mine Sezgül Kayseri Özer<sup>3</sup>, Zehra Karakaş<sup>2</sup>, İbrahim Gündoğan<sup>1</sup>, Erdal Herece<sup>5</sup>, Muhammed Sami Us<sup>2,4</sup>, Elif Akıskaya<sup>2</sup>, Turhan Ayyıldız<sup>2</sup>, Baki Varol<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Dokuz Eylül University, Engineering Faculty, Department of Geological Engineering, Tınaztepe/ İzmir, Turkey

<sup>2</sup>Ankara University, Engineering Faculty, Department of Geological Eng., Ankara, Turkey

<sup>3</sup>Dokuz Eylül University, Institute of Marine Science and Technology, Haydar Aliyev Bul. No: 100, 35340, Inciraltı-Izmir, Turkey

<sup>4</sup>Munzur University, Engineering Faculty, Department of Geological Eng., Tunceli, Turkey

<sup>5</sup>General Directorate of Mineral Research and Exploration, Üniversiteler Mahallesi Dumlupınar Bulvarı No:139 06800 Çankaya/Ankara, Turkey

(e-mail funda.akgun@deu.edu.tr)

**Öz:** Bu çalışmada, Batı Pontid evaporitlerinin Apalar Formasyonundan Orta-Geç Eosen'in ilk palinolojik verileri elde edilmiştir. Sığ lagün ve kıyı sabha ortamında depolanmış olan Apalar Formasyonunun Orta-Geç Eosen palinoflorası, Kretase'den beri gözlenen Normapolle polen (örn. Interpollis, Plicapollis pseudoexcelsus ve Anacolositides) olarak adlanan ilkel angiospermiler ile tanımlanmıştır. Ayrıca, Erken Paleojen'den beri bolca kaydedilmiş olan Post-Normapol polen türleri (örn. Triporopollenites robustus, Triporopollenites rhenanus, Milfordia Platycaryapollenites, Compositoipollenites, Subtriporopollenites constans ve anulatus), bu Normapolle polen türlerine eşlik etmektedir. Buna ek olarak, Apalar Formasyonu palinoflorasında bol bulunan, Orta-Geç Eosen-Erken Miyosen zaman aralığında bolluğu azalan Lygodium (Corrugatisporites, Leiotriletes maxoides minoris, Leiotriletes maxoides maxoides, Leiotriletes maxoides maximus) ve Schizaeaceae-Anemia (Cicatricosisporites spp.) gibi bazı spor formları ile simgelenmiştir.

Orta-Geç Eosen'deki paleovejetasyon, ova-akarsu kenarı ve dağ ormanları (Schizaeales: Cicatricosisporites, Corrugatisporites, Leiotriletes, Selaginella, Polyodiaceae, Juglandaceae-Plicapollis, Subtriporopollenites, Platycarya, Icacinaceae, Aquifoliaceae-Ilex, Mastixiaceae, Olacaceae, Rutaceae, Simaroubaceae-Suriana ?, Sapindaceae, Sapotaceae, Bombacaceae, Acer, Alnus, Buxus, Carya, Castanea-Castanopsis, Celtis, Elaeagnus, Oleaceae, Onagraceae, Ostrya, Salix, Tamarix, Tilia, Ulmus, Pinus diploxylon tip, Pinus haploxylon tip, Podocarpus, Tsuga, Ephedra ve Cycas) ve Apalar Formasyonu çökelişi sırasında mangrov ve mangrove gerisi (Nypa, Restionaceae, Ephedraceae, Mauritiaceae, Proxapertites (Araceae), Longaperteae (Arecaceae) ve Acrostichum aureum) bitkileri ile simgelenmektedir.

Orta-Geç Eosen Apalar Formasyonunun çökelişi sırasındaki paleoiklim, bitki dağılımına dayalı

olarak nemli ve tropikal olabilir. Apalar Formasyonu'nun kilaşı çökellerinde, XRD analiz metoduna göre kaolinit, illit ve klorit bolca kaydedilmiştir. Minerallerin bu bolluğu paleoiklimde humiditeyi desteklemektedir. Bununla birlikte, örneklerdeki kuru iklim koşullarına işaret eden smektit tipi kil mineralinin varlığı ve aynı zamanda eğrelti türlerinin bolluğu ve angiospermilerin çeşitliliğinin azalması da daha az nemli paleoiklimsel koşulların varlığı şeklinde yorumlanabilir.

**Anahtar Kelimeler:** Palinoloji, Orta-Geç Eosen Evaporitleri, Lagün-Sabka, Paleoiklim, Bolu-Bakacak

**Abstract:** In this study, first palynological data of the Middle-Late Eocene have been obtained from the Apalar Formation of the Western Pontides evaporates. The Middle-Late Eocene palynoflora of the Apalar Formation which is deposited in shallow lagoon and coastal sabkha environment is characterized by the primitive angiosperms called Normapollen (e.g. *Interpollis*, *Plicapollis pseudoexcelsus* and *Anacolosidites*) which are observed since the Cretaceous. Besides, Post-Normapollen pollen species which have been abundantly recorded since the Early Palaeogene (e.g. *Triporopollenites robustus*, *Triporopollenites rhenanus*, *Milfordia Platycarya-pollenites*, *Compositoipollenites*, *Subtriporopollenites constans* and *anulatus*) are accompanied these Normapollen pollen species. In addition some spore forms consisted of *Lygodium* (*Corrugatisporites*, *Leiotriletes maxoides minoris*, *Leiotriletes maxoides maxoides*, *Leiotriletes maxoides maximus*) and Schizaceae-*Anemia* (*Cicatricosisporites* spp.) which abundance decreasing in the Middle-Late Eocene to Early Miocene time interval are defined in the palynoflora of the Apalar Formation.

The palaeovegetation in the Middle-Late Eocene is characterized by the lowland-riparian and montane forests (Schizaeales: *Cicatricosisporites*, *Corrugatisporites*, *Leiotriletes*, *Selaginella*, Polypodiaceae, Juglandaceae-*Plicapollis*, *Subtriporopollenites*, *Platycarya*, Icacinaceae, Aquifoliaceae-*Ilex*, Mastixiaceae, Olacaceae, Rutaceae, Simaroubaceae-*Suriana*?, Sapindaceae, Sapotaceae, Bombacaceae, *Acer*, *Alnus*, *Buxus*, *Carya*, *Castanea*-*Castanopsis*, *Celtis*, *Elaeagnus*, Oleaceae, Onagraceae, *Ostrya*, *Salix*, *Tamarix*, *Tilia*, *Ulmus*, *Pinus* diploxylon type, *Pinus* haploxylon type, *Podocarpus*, *Tsuga*, *Ephedra* and *Cycas*) and plants of the mangrove and back mangrove (*Nypa*, Restionaceae, Ephedraceae, Mauritiaceae, *Proxapertites* (Araceae), *Longapertites* (Areaceae) and *Acrostichum aureum*) environment during the deposition of the Apalar Formation.

Palaeoclimate during the deposition of the Apalar Formation in the Middle-Late Eocene could be humid and tropical based on the plant distribution. XRD analysis results showing kaolinite, illite and chlorite abundances in claystones of the Apalar Formation supporting a humidity in palaeoclimate. However, existence of smectite type clay minerals in the samples indicates an arid period, and also decline of the abundance of ferns species and diversity of angiosperms could be interpreted as an evidence of less humid palaeoclimatic conditions.

**Keywords:** Palynology, Middle to Late Eocene Evaporite, Lagoon-Sabkha, Paleoclimate, Bolu-Bakacak

## INTRODUCTION

Marine evaporites in the Central Anatolia basins was precipitated as last depositional unit through the late Middle Eocene time. Evaporites studied in Bolu, which accumulated in the Western Pontid belt (NW Turkey), show part-

ly similar trend those of the Central Anatolian evaporite bearing basins (e.g., Çankırı, Tuzgözü, Ulukışla Basins) (Fig. 1). While they took place during the Middle Eocene regression after the precipitation of the neritic carbonates, studied evaporites belongs to Apalar For-

mation are overlain by carbonates with *Nummulites*, *Alveolina*, Miliolida and pelecypod fossils is called as Fındıcak Formation that are middle-late Cuzian (Early Eocene) aged (*Loekhartia conditi*, *Nummulites lucassanus*, *N. cantabricus*, *Assilina placentula*, *Asterigerina* cf. *cayrazensis*, *Alveolina cusbitata*).

Western Pontides evaporites of the Apalar Formation shows marine inner basin / partly restricted character, divided into shallow lagoon and coastal sabkha environment. The evaporite bearing deposits are also composed of the limestone with planktic and benthic fossils, and mudstone and thin layers claystone interlayers rich in organic matter that have been investigated in the six stratigraphical sections, which are the cross-sections continued of each other in the possible lateral direction (Tekin et al., 2018).



Figure 1. Location map of the study area

## PALYNOFLORA OF THE MIDDLE-LATE EOCENE OF THE APALAR FORMATION

Palynoflora defined in the rich organic matter in thin layers of the Apalar Formation, is represented by existence of primitive angiosperms called Normapollen (e.g. *Interpollis*, *Plicapollis pseudoexcelsus* and *Anacolisidites*) have been observed since Cretaceous, observation of the Post-Normapollen (e.g. *Triporopollenites robustus*, *Triporopollenites rhenanus*, *Platycaryapollenites*, *Compositopollenites*, *Subtriporopollenites* and *Milfor-*

*dia*) which have been abundantly recorded since Early Palaeogene, and recording of spore species *Lygodium* (*Corrugatisporites*, *Leiotriletes maxoides minoris*, *Leiotriletes maxoides maxoides*, *Leiotriletes maxoides maximus*) and Schizaeaceae-*Anemia* (*Cicatricosporites* spp.) which abundance decreasing in the Middle-Late Eocene to Early Miocene time interval. Consequently, evaporites deposition of the Apalar Formation is Middle-Late Eocene in age based on the palynological data.

The palaeovegetation of the studied unit is characterized by the lowland-riparian forests and plants of the mangrove and back mangrove environment. The lowland-riparian forests is represented by abundant and diverse fern spores (Schizaeales: various *Cicatricosporites*, *Corrugatisporites*, *Leiotriletes* and *Selaginella*, Polypodiaceae), mega mesothermal angiosperms (e.g. *Myrica*, *Nyssa*, *Engelhardtia*, Juglandaceae-*Plicapollis pseudoexcelsus*, *Subtriporopollenites constans* and *anulatus*, *Platycarya*), less abundance of megathermal plants (e.g. Icacinaceae, Rutaceae, Simaroubaceae-*Suriana*?, Bombacaceae *Mastixiaceae-Diplopanax*, Sapindaceae, Sapotaceae). Besides, mesothermal plants are *Acer*, *Alnus*, *Buxus*, *Carya*, *Castanea–Castanopsis*, *Celtis*, *Elaeagnus*, Oleaceae, Onagraceae, *Ostrya*, *Salix*, *Tamarix*, *Tilia* and *Ulmus*. Low percentages of Gymnosperm pollen (e.g. *Pinus* diploxylon type, *Pinus haploxylon* type, *Podocarpus*, *Tsuga*, *Ephedra* and *Cycas*) accompanies these angiosperm pollens. The mangrove and back mangrove (=inner mangrove) plants in the shallow lagoon deposition environment during the Middle-Late Eocene are characterized by *Nypa*, Restionaceae, Ephedraceae, Mauritiaceae, *Proxapertites* (Araceae), *Longapertites* (Arecaceae) and *Acrostichum aureum* which is mangrove fern plant, and in today's pantropical zone, tolerant to high saltiness, sustaining its life in brackish-water environment or even lacustrine conditions (Fig. 2). Moreover, the presence of some foraminifera and marine



dinoflagellate cysts support the marine effect in the area of sedimentation.

In addition, shallow lagoon palaeoenvironment defined by palynoflora data is also supported by annelid type fossils. Palaeoclimate during the deposition of the Apalar Formation in the Middle-Late Eocene could be humid and tropical based on the plant distribution. Humid climate conditions based on palynoflora show that abundant kaolinite, illite and chlorite facies associations, while arid climate levels have mainly smectite type clay mineral. Decreases of the abundance of ferns species and diversity of angiosperms could be indicated the less humid record of this palaeoclimatic condition.

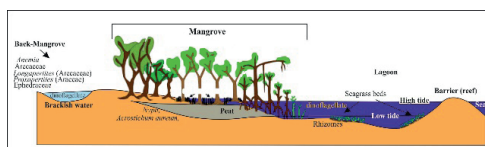


Figure 2. Reconstruction of the mangrove and back-mangrove environments.

## DISCUSSION AND CONCLUSION

The first playnological record of the Middle-Late Eocene have been obtained from the Apalar Formation of the Western Pontides evaporites, in this study.

The Middle-Late Eocene palynoflora of the Apalar Formation deposited in shallow lagoon and coastal sabkha environment is represented by the primitive angiosperms called Normapolle pollen. Besides, Post-Normapolle pollen which have been abundantly recorded since the Early Palaeogene are accompanied these Normapolle pollen species. In addition some spores species consisted of *Lygodium* and Schizaeaceae-*Anemia* which abundance decreasing in the Middle-Late Eocene to Early Miocene time interval are observed in the Middle-Late Eocene palynoflora of the Apalar Formation.

The palaeovegetation in the Middle-Late Eocene is characterized by the lowland-riparian forests and plants of the mangrove and back mangrove environment during the deposition of the Apalar Formation.

Palaeoclimate during the deposition of the Apalar Formation in the Middle-Late Eocene could be humid and tropical based on the plant distribution. Besides, XRD analysis method kaolinite, illite and chlorite abundantly recorded in the thin clastic sediments of the Apalar Formation. This abundance of the clay minerals supported the humidity in palaeoclimate during the Middle-Late Eocene time interval. However, presence of smectite type clay mineral in thin clastic sediments indicated the arid period in palaeoclimate, and also decline of the abundance of ferns species and diversity of angiosperms could be showed the less humid record of this palaeoclimatic condition.

## ACKNOWLEDGEMENTS

Thanks to TUBITAK-CAYDAG 116Y140 numbered project.

Dr. Ercüment SİREL is a paleontological supervisor of the project and didn't participate to the field studies. He determined the larger benthic foraminifera ranging from Mesozoic to Tertiary from the studied area.

## REFERENCES

Tekin, E., Gündoğan, İ., Ayyıldız, T., Akgün, F., Us, M.S., Herece, İ.E., Karakaş, Z., Akıska, E., Kayseri Özer, M.S., Varol, B.E., 2018. Sedimentological properties of the Western Pontides Middle Eocene evaporites (Kaynaşlı-Bakacak, West of Bolu, Turkey). European Geosciences Union General Assembly, 20, EGU2018-2272-2.



**PALİNOLOJİ VE PALEO İKLİM / *PALYNOLOGY AND PALEOCLIMATE RESEARCH***

Funda AKGÜN - Zühtü BATI - Dimiter IVANOV - Torsten UTESCHER

Mine S. KAYSERİ ÖZER

---

**Poster/*Posters***

---

***TAM METİN BİLDİRİLER/***

***PROCEEDINGS***







## Paleovegetation and Paleoclimate of the Hacibekirli and Gelinkayalar Formations for the late Early-early Middle Miocene in the Ulukışla Basin (Southern Central Anatolia)

*Ulukışla Havzası'ndaki geç Erken-erken Orta Miyosen Yaşlı Hacibekirli ve Gelinkayalar Formasyonlarının Paleovejetasyon ve Paleoklimi (Güney Orta Anadolu)*

**Funda Akgün<sup>1</sup>, Mine Sezgül Kayseri Özer<sup>2</sup>, Erdoğan Tekin<sup>3</sup>, Şevket Şen<sup>4</sup>, Erdal Herece<sup>5</sup>, İbrahim Gündoğan<sup>1</sup>, Koray Sözeri<sup>5</sup>, Muhammed Sami Us<sup>3,6</sup>, Baki Varol<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Dokuz Eylül University, Engineering Faculty, Department of Geological Engineering, Tınaztepe/ İzmir, Turkey

<sup>2</sup>Dokuz Eylül University, Institute of Marine Science and Technology, Haydar Aliyev Bul. No: 100, 35340, İnciraltı-İzmir, Turkey

<sup>3</sup>Ankara University, Engineering Faculty, Department of Geological Engineering, Ankara

<sup>4</sup>UMR 7207 CNRS, MNHN, 8 rue Buffon, 75005 Paris, Fransa

<sup>5</sup>General Directorate of Mineral Research and Exploration, Üniversiteler Mahallesi Dumlupınar Bulvarı No:139 06800 Çankaya/Ankara, Turkey

<sup>6</sup>Munzur University, Engineering Faculty, Department of Geological Engineering, Tunceli (e-mail sezgul.kayseri@deu.edu.tr)

**Abstract:** In this study, first playnological data of the late Early Miocene and late Early-early Middle Miocene have been obtained from the Hacibekirli and Tepeköy-Beştepeler Subbasins. The late Early Miocene palynoflora of the Hacibekirli Subbasin, which is deposited in fluvial/lacustrine and delta palaeoenvironments is characterized by the diverse and abundant spore forms (e.g. Lygodiaceae, Pteridaceae, Gleicheniaceae, Selaginellaceae, Schizeaceae and Polypodiaceae), and gymnosperm pollen (Pinaceae of haploxylon type, Pinaceae-Cedrus, Pinaceae-Picea, Podocarpaceae-Podocarpus, Cycadaceae-Cycas, Pinaceae-Cathaya and Arecaceae). Herbaceous angiosperm pollen are not abundant in the palynoflora, contrary to the woody angiosperm plants represented by Juglandaceae, Malvaceae-Tilia, Juglandaceae-Carya, Betulaceae-Corylus, Betulaceae-Carpinus, Betulaceae-Alnus, Fagaceae-Castanea, Mastixiaceae, Salicaceae and Juglandaceae-Juglans. Some spormorphs having palynostratigraphical importance (e.g. Plicapollis pseudoexcelsus, Plicatopollis plicatus, Momipites punctatus (Engelhardia), Compositoipollenites rhizophorus and Compositoipollenites minimus) suggest that the palynoflora of the Hacibekirli Formation is late Early-early Middle Miocene in age. The abundance of the thermophilous species (e.g. Engelhardia, Mastixiaceae, Theaceae, Arecaceae and Cycadaceae-Cycas) in this palynoflora are characteristic for the late Early-early Middle Miocene period (the Burdigalian-Langhian) palynoflora in Turkey due to the Middle Miocene Climatic Optimum (MMCO) period observed globally. The palaeoclimate is subtropical and humid during the deposition of the Hacibekirli Formation in the late Early-early Middle Miocene period (MAT: 17-21°C and MAP: ~1100 mm). These climatic values are resemble to other values of same age in Turkey.

The palynoflora of the Tepeköy Member in Gelinkayalar Formation (late Early-early Middle Miocene) of the Tepeköy-Beştepeler Subbasin which is defined from fine-grain clastic sediments deposited in marginal lacustrine palaeoenvironment represented by abundance of gymnosperm and angiosperm pollen consisted of Pinaceae of haploxylon type, Pinaceae-Abies, Tsuga, Cupressaceae, Cupressaceae-Sequoia, Pinaceae-Cedrus, Pinaceae-Picea, Pinaceae-Cathaya, Juglandaceae, Malvaceae-Tilia, Juglandaceae-Juglans and Carya, Ulmaceae-Zelkova, Fagaceae-Fagus, Betulaceae-Corylus, Betulaceae-Carpinus, Betulaceae-Alnus, Fagaceae-Castanea, Mastixiaceae and Salicaceae. The palaeoclimate would be warm subtropical in this time interval and also humidity must be effective during the deposition of Hacıbekirli Formation in the Hacıbekirli Subbasin.

**Keywords:** Palynology, late Early-early Middle Miocene, Paleoclimate, Palaeovegetation, Ulukışla Basin

**Öz:** Bu çalışmada Hacıbekirli ve Tepeköy-Beştepeler Alt havzalarından erken Erken Miyosen ve geç Erken-erken Orta Miyosen'e ait ilk palinolojik veriler elde edilmiştir. Hacıbekirli Alt havzasının geç Erken Miyosen yaşlı palinoflorası, akarsu / gölsel ve delta paleoortamlarında depolanmış olup, çeşitli ve bol spor formları (örn. Lygodiaceae, Pteridaceae, Gleicheniaceae, Selaginellaceae, Schizeaceae ve Polypodiaceae) ve gymnosperm polen (haploxylon tip Pinaceae, Pinaceae-Cedrus, Pinaceae-Picea, Podocarpaceae-Podocarpus, Cycadaceae-Cycas, Pinaceae-Cathaya ve Arecaceae) ile karakterizedir. Juglandaceae, Malvaceae-Tilia, Juglandaceae-Carya, Betulaceae-Corylus, Betulaceae-Carpinus, Betulaceae-Alnus, Fagaceae-Castanea, Mastixiaceae, Salicaceae ve Juglandaceae-Juglans ile temsil edilen odunsu angiosperm bitkilerinin aksine, palinoflorada otsu angiosperm poleni bol değildir.

Palinostratigrafik önemi olan bazı spormorflar (örn. *Plicapollis pseudoexcelsus*, *Plicatopollis plicatus*, *Momipites punctatus* (*Engelhardia*), *Compositoipollenites rhizophorus* ve *Compositoipollenites minimus*), Hacıbekirli Formasyonu palinoflorasının, geç Erken-erken Orta Miyosen yaşlı olduğunu ileri sürmektedir. Bu palinoflorada termofil türlerin (örn. *Engelhardia*, Mastixiaceae, Theaceae, Arecaceae ve Cycadaceae-Cycas) bolluğu, küresel olarak gözlenen Orta Miyosen Klimatik Optimum (MMCO) periyodu nedeniyle, Türkiye'de geç Erken-erken Orta Miyosen dönemi (Burdigaliyen-Langiyen) palinoflorası için karakteristiktir. Paleoklim, geç Erken-erken Orta Miyosen sürecinde Hacıbekirli Formasyonu'nun çökelişi sırasında subtropikal ve nemlidir (MAT: 17-21°C ve MAP: ~ 1100 mm). Bu iklim değerleri, Türkiye'de aynı yaşta diğer değerlere benzemektedir.

Tepeköy-Beştepeler Alt havzasının Gelinkayalar Formasyonu (erken Erken-erken Orta Miyosen) Tepeköy Üyesi palinoflorası, göl kenarında depolanmış ince taneli kırıntılı çökellerden tanımlanan, haploxylon tip Pinaceae, *Abies*, *Tsuga*, Cupressaceae, Cupressaceae-Sequoia, Pinaceae-Cedrus, Pinaceae-Picea, Pinaceae-Cathaya, Juglandaceae, Juglandaceae-Juglans, Malvaceae-Tilia, Ulmaceae-Zelkova, Fagaceae-Fagus, Juglandaceae-Carya, Betulaceae-Corylus, Betulaceae-Carpinus, Betulaceae-Alnus, Fagaceae-Castanea, Mastixiaceae ve Salicaceae'den oluşan gymnosperm ve angiosperm polen türlerinin bolluğu ile temsil edilmektedir. Bu zaman aralığında paleoklim sıcak subtropikal olacaktır ve Hacıbekirli Alt havzasında Hacıbekirli Formasyonunun çökelişi sırasında nem de etkili olmalıdır.

**Anahtar Kelimeler:** Palinoloji, geç Erken-erken Orta Miyosen, Paleoklim, Paleovejetasyon, Ulukışla Havzası.

## INTRODUCTION

Central Anatolia (Turkey) contains many small to large Paleogene-Neogene sedimentary basins (Ayaş-Beypazarı, Haymana-Polatlı, Ereğli-Ulukışla, Sivas, Çankırı-Çorum, Tuz Gölü, Sivas-Erzincan). One of them is the Ulukışla Basin, which is situated at the southeastern edge of Central Anatolian basins (Akgün et al., 2016).

Three subbasins have been distinguished in the Ulukışla Basin. These are Aktoprak, Hacibekirli, and Tepeköy-Beştepeler subbasins. The present study investigates palynofloras and palaeoenvironmental evidences of the Hacibekirli Formation (late Early Miocene) in the Hacibekirli Subbasin and Tepeköy Member of the Gelinkayalar Formation (late Early-early Middle Miocene) in the Tepeköy-Beştepeler Subbasin.

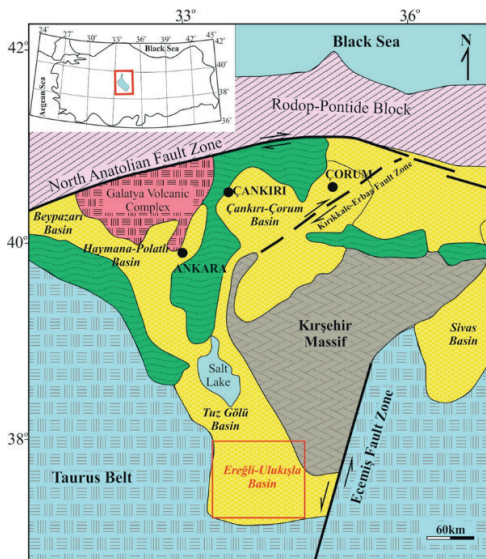


Figure 1. Simplified regional geology map.

## PALYNOFLORA OF THE LATE EARLY MIOCENE IN HACİBEKİRLİ SUBBASIN

The palynoflora of the Hacibekirli Subbasin is recorded from claystone and mudstone samples collected from the Hacibekirli Formation, which is deposited in fluvial/lacustrine and delta palaeo environments. The age of this formation is defined by macro and micro vertebrate fossils (lizard scales, crocodile teeth and scales and mammalian teeth) as late Early Miocene (latest Burdigalian). The palynoflora of the Hacibekirli Formation is represented by diverse and abundant spore species (e.g. *Lygodiaceae*, *Pteridaceae*, *Gleichaniaceae*, *Selaginellaceae*, *Schizeaceae* and *Polypodiaceae*), and gymnosperm pollen (*Pinaceae-Pinus*, *Cedrus*, *Picea*, *Podocarpus*, *Cycas*, *Cathaya* and *Arecaceae*). Herbaceous angiosperm pollen are not abundant and diverse in this palynoflora, contrary to woody angiosperm plants (e.g. *Juglandaceae*, *Tilia*, *Carya*, *Corylus*, *Carpinus*, *Alnus*, *Castanea*, *Mastixiaceae*, *Salicaceae* and *Juglans*). The abundance of the thermophilous plants (e.g. *Engelhardia*, *Mastixiaceae*, *Theae*, *Arecaceae* and *Cycas*), which are characteristic for the Burdigalian-Langhian palynoflora in Turkey, and also the record of the some pollen species having palynostratigraphical importance (e.g. *Plicapollis pseudoexcelsus*, *Plicatopollis plicatus*, *Momipites punctatus*, *Compositoipollenites rhizophorus* and *C. minimus*) suggest that the palynoflora of the Hacibekirli Formation is late Early-early Middle Miocene in age. Besides, some dinoflagellate species, *Botroyococcus* and Prasinophytic algae indicate brackish conditions in the algal lacustrine environment. The palaeoclimate is subtropical and humid as evidenced by the palynoflora of the Hacibekirli Formation during the late Early Miocene (MAT: 17-21°C and MAP: ~1100 mm).

## PALYNOFLORA OF THE LATE EARLY-EARLY MIDDLE MIOCENE IN TEPEKÖY-BEŞTEPELER SUBBASIN

The palynoflora of the Tepeköy Member in Gelinkayalar Formation (late Early-early Middle Miocene) of the Tepeköy-Beştepeler Subbasin is defined from claystones and mudstones samples deposited in lacustrine palaeoenvironment. This microflora is represented by the abundant and diverse gymnosperm (e.g. *Pinaceae-Pinus*, *Abies*, *Tsuga*, *Cupressaceae*, *Sequoia*, *Cedrus*, *Picea* and *Cathaya*) and angiosperm pollen (e.g. *Juglandaceae*, *Tilia*, *Zelkova*, *Fagus*, *Carya*, *Corylus*, *Carpinus*, *Alnus*, *Castanea*, *Mastixiaceae*, *Salicaceae* and *Juglans*). Herbaceous angiosperm pollen are less abundant in the late Early Miocene palynoflora of the Hacibekirli Formation. Besides, aquatic plants and thermophilous pollen species are recorded in the samples of the Gelinkayalar Formation. All palynological evidences and regional stratigraphy indicate that this formation is deposited during the late Early-early Middle Miocene. The palaeoclimate could be warm subtropical in this time interval and also humidity must be effective.

## DISCUSSION AND CONCLUSION

In this study, first palynological record of the late Early Miocene and late Early-early Middle Miocene have been obtained from the Hacibekirli and Tepeköy-Beştepeler Subbasins.

The late Early Miocene palynoflora of the Hacibekirli Subbasin, which is deposited in fluvial/lacustrine and delta palaeoenvironments is characterized by the diverse and abundant spore species, gymnosperm pollen and woody angiosperm plants. The palynostratigraphical importance spormorphs (e.g. *Plicapollis pseudoexcelsus*, *Plicatopollis plicatus*, *Momipites punctatus* (*Engelhardia*),

*Compositoipollenites rhizophorus* and *C. minimus*) suggest that the palynoflora of the Hacibekirli Formation is late Early-early Middle Miocene in age. The high percentage of the thermophilous species in this palynoflora is characteristic for the late Early-early Middle Miocene period (the Burdigalian-Langhian) palynoflora in Turkey. This abundance of the thermophilous species could be related to the the Middle Miocene Climatic Optimum (MMCO) period observed globally. The palaeoclimate is humid and subtropical during the deposition of the Hacibekirli Formation in the late Early-early Middle Miocene period (MAT: 17-21°C and MAP: ~1100 mm). These climatic values are resembled to other values of same age in Turkey.

The late Early-early Middle Miocene palynoflora of the Tepeköy Member in Gelinkayalar Formation of the Tepeköy-Beştepeler Subbasin, which is defined from claystones and mudstones of the lacustrine palaeoenvironment are represented by abundance of gymnosperm and angiosperm pollen species. The palaeoclimate could be warm subtropical in this time interval. Besides humidity in the climatic condition must be effective as the Hacibekirli Formation in the Hacibekirli Subbasin.

## REFERENCES

- Akgün, F., Kayseri-Özer, M.S., Tekin, E., Varol, B., Herece, E.İ., Gündoğan, İ., Sözeri, K., Şen, Ş., Görmüş, M., Büyükmeriç, Y., 2016. Palaeovegetational Dynamic of the Cihanbeyli-Yeniceoba from The Cretaceous to Early Pliocene (Salt Lake, Turkey), RCMNS workshop on the role of Anatolia in Mediterranean Neogene palaeobiogeography EGE University, Izmir, 16-18 Eylül 2016. 29p.

**SEDİMANTOLOJİ VE SEDİMANTER SÜREÇLER**  
***SEDIMENTOLOGY AND SEDIMENTARY PROCESSES***

Ülvi Can ÜNLÜGENÇ - Faruk OCAKOĞLU - Ezher TAGLIASACCHI - Enrico CAPEZZUOLI

---

***Sözlü Sunumlar/Oral Presentations***

---

***TAM METİN BİLDİRİLER/***  
***PROCEEDINGS***





## Çankırı Havzası Kuzey Kesiminde (Çankırı ve Çorum Civarı) Eosen Paleocoğrafyası ve Jeodinamik İpuçları

*Eocene Paleogeography and Its Geodynamic Implications in the North of  
Çankırı Basin (Vicinity of Çankırı and Çorum)*

**Faruk Ocakoğlu**

*Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 26480 Eskişehir, Türkiye  
(e-mail: focak@ogu.edu.tr)*

**Öz:** Eosen’de Çankırı havzası, İzmir –Ankara Kenet kuşağını temsil eden 40-50 km genişlikte bir dağ kuşağı ile kuzeydeki Boyabat havzasından ayrılmıştır. Bu yükseltinin güney etekleri boyunca Çankırı havzası üç çökel sistemden oluşmaktadır. Osmancık Fan-delta Sistemi, kalınlığı 1 km’yi bulan sığ denizel bir kaba taneli kırıntılı sistemdir ve muhtemelen güneye ilerleyen bindirme cepheleri önünde gelişmiştir. Yanal yönde kalınlık değişimleri ve büyük ölçekli çapraz tabakalanma bu sistemin temel özellikleridir. Havza içine doğru bununla yanal geçişli Berkköy Türbidit Sistemi, baskın olarak oldukça yanal devamlı kum loblarından ve birkaç kalın konglomeratik kanal dolgusundan oluşur. Paleo-akıntı verileri bu sistemi çökelten akıntılarının güneydeki Çankırı havzası merkezine doğru yöneldiğini kanıtlamaktadır. Havzanın Çorum civarındaki doğu kesimi, karbonat ve silisiklastiklerin birbirine yanal geçiş gösterdiği fırtına-baskın bir şelf istifini kapsar. Çankırı havzasının kuzey kesiminin mimarisini oluşturan bu üç kırıntılı sistem geç Eosen’deki yaygın bir magmatizmanın lav ve piroklastikleri tarafından örtülürler. Bölgesel kinematik verilerle denştirildiğinde çökelme ortamlarının dağılımının genişlemeli bir rejim yerine İzmir-Ankara kenedi boyunca bir çarpışma ile daha uyumlu olduğu ileri sürülmüştür.

**Anahtar Sözcükler:** Çankırı havzası, Eosen, Fan-delta, fırtına-baskın şelf, türbidit,

**Abstract** In Eocene, the Çankırı basin was separated from the Boyabat basin in the north by a 40-50 km-wide mountain range which is the morphological expression of the İzmir-Ankara Suture. Three distinct depositional systems occupied the southern flank of this tectonic high to the north of the Çankırı basin. The Osmancık Fan-delta System is a shallow marine, coarse clastic unit up to 1 km thick, and was deposited in the frontal part of presumable southerly prograding thrust front. Lateral variations of thickness and large-scale cross-bedding across the basin margin are the fundamental characteristics of this system. The Berkköy Turbidite System, which is dominated by laterally extensive sandy lobes and several large channel-fill conglomerate bodies, occurs toward the basin interior. Paleocurrent data indicate that the sediments were transported from fan-delta towards the centre of the Çankırı basin in the south. The eastern part part of the basin in the vicinity of Çorum comprises a storm-dominated shelf sequence where siliciclastics and reefal carbonates are interfingered. These three coeval depositional systems were regionally overlain by lava and pyroclastics of an extensive volcanism in late Eocene. When we consider the regional kinematic context, the distribution of the observed depositional systems suggests a compressional frame concerning the collision in the İzmir-Ankara Suture rather than an extensional realm.

**Keywords:** Çankırı basin, Eocene, fan-delta, storm-dominated shelf, turbidite,



## INTRODUCTION

We carried out a paleogeographic survey between İskilip and Çorum in the northern part of the Çankırı Basin based on the environmental interpretation of the measured stratigraphic sections. This area represents the northern boundary of the Çankırı Basin and comprises three coeval depositional systems in geographically separated areas: the outermost Osmancık Fan-delta System, the inner Berkköy Turbidite System and the Çorum mixed Shelf System in the east (Fig. 1). In this contribution, we describe these depositional systems, enlighten their relations with each other and with the overall geodynamics of the region.

### Osmancık Fan-delta System

This is a shallow marine coarse-clastic system of 1 km thickness between İskilip and Çorum with an overall extent in the E-W direction. It overlies the Cretaceous rocks unconformably and starts with a thin, coal-bearing fluvial interval at the base. The overlying sediments are typically matrix supported conglomerates and gravelly sandstones with large scale (tens of meters) gilbert-type foresets (Fig. 2). Upwards, the unit first displays a fining-up trend followed by coarsening-up section and topped by deltaic sediments (Fig. 2).

### BERKKÖY TURBİDİTE SYSTEM

This system is typically composed of lobe sandstones and intertongued channelized conglomeratic bodies. Lobe sandstones display thinning-upward, thickening-upward and symmetrical cycles (Fig. 3A, B). Low-angle truncations are also visible (Fig. 3C). Thickness of the channelized conglomerates would reach locally 15-20 m. This turbidite system shoals upward passing first to mud-dominated shelf, and finally is topped by fluvial deposits.

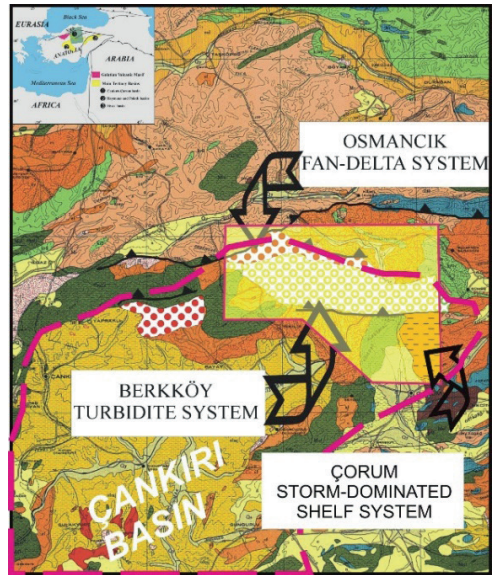


Figure 1. Three depositional systems studied in the northern boundary of the Çankırı Basin (Ocakoğlu, 1996).

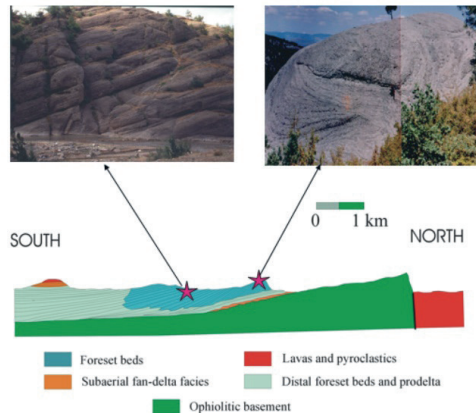


Figure 2. Geometry and some facies of the Osmancık Fan-delta System. The photo on the left is planar-bedded gilbert-type foresets. The photo on the right depicts large scale cross-bedding.

## Çorum Storm-dominated Shelf System

This is formed by thin-to-medium bedded turbidite-like sandstone and shale intercalations. This siliciclastic succession would locally display lateral transition to nummilitic carbonate builds-up. Wave ripples, oscillatory ripples, hummock cross stratifications and terrigenous organic rich peat-like intervals suggest deposition in a shallow marine environment basically under the control of past storm activity.

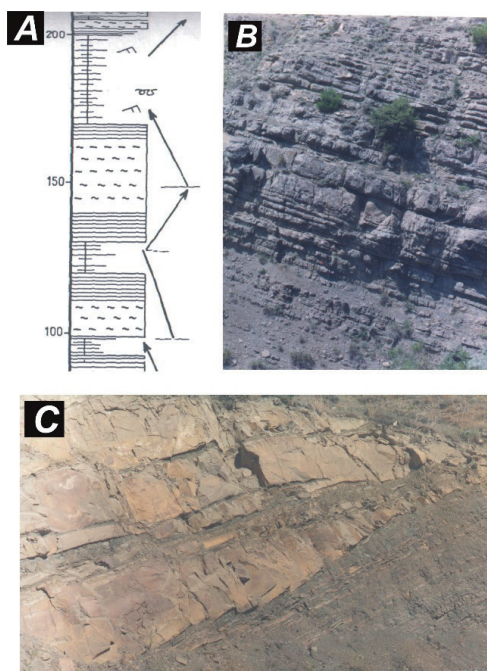


Figure 3. Facies characteristics of the Berkköy Turbidite System. A- A segment of log depicting cycles B- Field view of a symmetrical lobe C- Pinching-out sandstone beds in a lobe body.

## DISCUSSION AND CONCLUSION

The nannofossil findings confirm that these three distinct depositional systems are basically coeval. Thick deposition of fan-delta sediments confirms activity of syn-sedimentary faulting, presumably thrusts related to collision along the İzmir-Ankara Suture. The secondary thrust faulting in the basin interiors should have resulted in some submarine scarps that caused the reworking of fan-delta sediments and deposition of Berkköy turbidites in the more basinward setting. The eastern areas far from the activity of faulting seem to be more stable and sites of mud dominated shallow marine deposition during Eocene.

## REFERENCES

Ocakoğlu, F., 1997. Çankırı-Çorum Havzası'ndaki Lütesiyen Yaşlı Çökel Sistemlerinin Evrimi, İç Anadolu, Türkiye. Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora tezi, pp. 158.



## Akgöl'de (Sakarya, KB Türkiye) Sediman Kalınlığı ve Fiziksel Özelliklerinin Belirlenmesi Amacıyla Yapılan Sığ Sismik Çalışmalar

*Shallow Seismic Studies in Lake Akgöl (Sakarya, NW Turkey) for Determination of Sediment Thickness and Physical Properties*

Dursun Acar<sup>1</sup>, Melda Küçükdemirci<sup>2</sup>, Ömer Karaöz<sup>3</sup>, M. Namık Çağatay<sup>1</sup>

Ahmet Tutar<sup>4</sup>, Ali Gürel<sup>4</sup>, Özlem Makaroglu<sup>2</sup>, Nurgül Karlıoğlu Kılıç<sup>3</sup>,

Damla Şahin Altun<sup>3</sup>, Md Zahidül İslam<sup>5</sup>, Rüya Yılmaz Dağdeviren<sup>3</sup>,

<sup>1</sup>*İstanbul Teknik Üniversitesi EMCOL Maslak Sarıyer, İstanbul, Türkiye*

<sup>2</sup>*İstanbul Üniversitesi, Cerrahpaşa, Jeofizik Mühendisliği İstanbul, Türkiye*

<sup>3</sup>*İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa, Orman Fakültesi, İstanbul, Türkiye*

<sup>4</sup>*Marmara Orman Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Maslak, İstanbul, Türkiye*

<sup>5</sup>*Sakarya Üniversitesi Orman Fakültesi, İstanbul, Türkiye*

*(dursunacaracar@hotmail.com)*

**Öz:** Sakarya ili sınırları içerisinde yer alan Akgöl sedimanlarının litolojisi ve kalınlığının belirlenmesi için echo sounder sığ sismik yansıma yöntemi 2 cm karelik transducer ile balast tankı olan (denge ayarlı) platform kullanılarak uygulanmıştır. Alınan sedimenter tabaka ayırımı verilerinin laboratuvarında Geotek çok sensörlü log alıcı cihazı (MSCL: Multi Sensor Core Logger) ile alınan gama yoğunluk ve P- dalga hızı değerleri ve Itrax XRF karot tarayıcı (XRF Core Scanner) ile yapılan sayısal radyografi görüntüleri ile oldukça uyumlu olduğu görülmüştür. Veriler aynı zamanda gölde yapılan Yer Radarı (GPR) verileri ile de uyumludur. Bu sonuçlar, sığ sismik yansıma yönteminin sığ su koşullarında litoloji birimlerinin ve kalınlıklarının belirlenmesinde, küçük düzlemlerle transducerin yatay sabitliği sağlandığında büyük düzlemlerle transducerlere göre üst sedimenter tabaka ayırımı bilgisi sağlamada oldukça iyi olduğunu göstermektedir.

Çalışma Tubitak 117O627 projesi tarafından desteklenmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Gama yoğunluk , GPR (yer radarı) , P dalga hızı, Radyografi , Sığ Sismik.

**Abstract:** In order to determine the lithology and thickness of Akgöl sediments within the boundaries of Sakarya province, 'echo sounder shallow seismic reflection' method was applied by using 2 cm square transducer on platform with ballast tank (for balance stabilization). The shallow seismic data were found to be conformable with the physical properties such as gamma density ve P-wave velocity data (measured by Geotek Multi Sensor Core Logger, MSCL) and the digital radiographic images of the sediments (acquired by the Itrax XRF Core Scanner). The data were also concordant with the Ground Penetrating Radar (GPR) data. It is conclusion: Results show that the shallow seismic reflection method using a horizontally well

stabilized small plane type of transducer is more precise for separation of the shallow sedimentary units than the large plane transducers systems used under dynamic (moving) conditions.

This study is funded by Tubitak project 117O627 project.

**Keywords:** Gamma density, Ground penetrating radar , P-wave velocity , Radiography, Shallow seismic,

## GİRİŞ

Sığ deniz ya da göllerde sediman kalınlığının ve geometrisinin önceden bilinmesi; havza gelişimi, su seviyesi değişimleri ve çökellerin depolanma mekanizmalarının anlaşılması ve bunun için yapılacak karot örneklemeleri için gereken yer seçiminde oldukça önemlidir. Bu çalışma kapsamında Sakarya il sınırlarında bulunan Akgöl'de ilk olarak sığ sismik (echo sounder) yansıma ve yer radarı (Ground Penetrating Radar: GPR) yöntemleri uygulanmıştır. Echo sounder ve GPR sonuçlarına bağlı gölde değişik yerlerden karotlar alınarak (25 adet), çökel istifinin laboratuvarında fiziksel özellikleri Geotek çok sensörlü log alıcı cihazı (MSCL: Multi Sensor Core Logger) ve sayısal radyografik görüntüleri Itrax XRF karot tarayıcı (XRF Core Scanner) ile elde edilmiştir. Tüm bu veriler kullanılarak sediment kalınlığı ve istifin fiziksel özellikleri kıyaslamalı olarak belirlenmeye çalışılmıştır.

## UYGULANAN YÖNTEMLER

Sığ sismik (Şekil 1) ve Yer radarı (GPR) yöntemleri, karada sığ yeraltı araştırmalarında olduğu kadar, göl araştırmalarında da oldukça sık kullanılmaktadır. Akgöl'de GPR herhangi bir metalik aksamı olmayan tahtadan bir tekne üzerinde yapılmıştır. 100 Mhz yer radarı anteni ve GPS yardımıyla toplam 44 adet profil olmak üzere tüm göl taranmıştır.

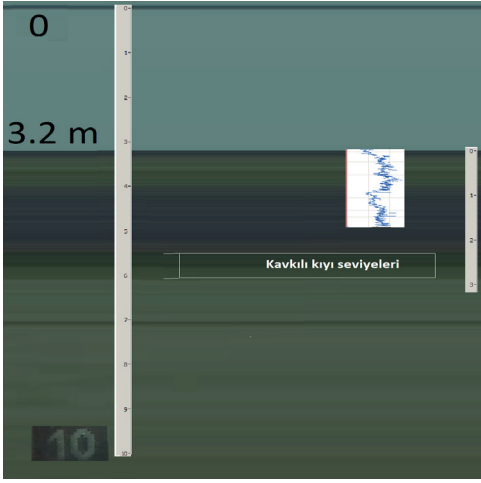
GPR etüdü sonuçlarına göre belirlenen yerlerde gölde taşıyıcı platform sabitlenmiş ve sığ sismik yansıma özelliği olan balık sonarı (echo sounder) yardımı ile yansıma ölçümü yapılmıştır. Ölçümler, sensor platformun or-

tasında ve dış yanında olmak üzere 2 ayrı noktada kullanılmıştır. Ölçümler sırasında su alabilen hazneli (3 ton su alabilen balast tanklı) platform üzerinde hareket etmemeye ve sensörlerin yataydaki konumlarının değişmesine litolojik ayrımların yakalanabilmesi amacıyla dikkat edilmiştir.

Laboratuvarında karotların fiziksel özellikleri (gama yoğunluk ve p-dalga hızı) Geotek MSCL ile ölçülmüştür. Karotların sayısal radyografik görüntüleri Itrax XRF karot tarayıcı ile elde edilmiştir.

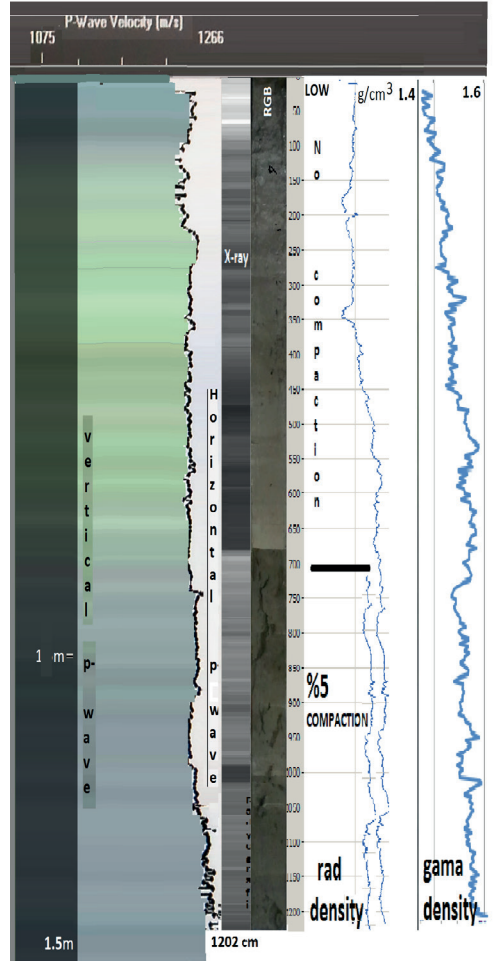
## SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Örnek bir echo sounder görüntüsü Şekil 1'de verilmiştir. Bu görüntüde 3.2 m'lik su derinliği ve göl tabanı altında birikmiş iki ana birimli yumuşak çökel isotifi görülmektedir. Bu killi birimlerin altında yani kavkılı eski kıyı sedimanlarının altında ise akarsu ve taşkın çökelleri bulunmaktadır. Echo sounder verilerinde görülen karot özellikleri ile laboratuvarında karotlar boyunca ölçülen gama yoğunluk ve P-dalga hızı profilleri arasında önemli bir uyumluluk söz konusudur (Şekil 2). Sonuç olarak, echo sounder ve GPR (yer radarı) verilerinin yorumlanmasıyla göl tabanı altında değişen sediman kalınlıkları tespit edilmiştir.



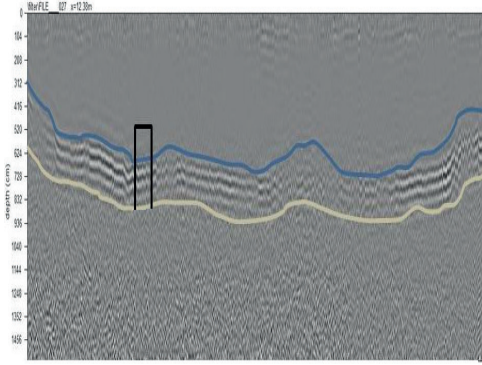
Şekil 1. Anlık Yansım (echo sounder) veri-  
sinin hareketsiz durumda alınan görüntüsü.  
Bu görüntüde 3.2 m üstteki su sütunu ve altta  
iki ana birimli sediman istifleri görülmektedir.

GPR yöntemi ile Akgöl'den elde edilen örnek bir radargram şekil 3'de sunulmuştur. Bu kesitte su altında kalan göl tabanını ve göl tabanında birikmiş çökel istifleri görülmektedir. Çökel istif içerisinde bazı birimleri aykılanabilmektedir. GPR verileri karotların en alt kısımlarında gözlenen kavkılı birimi, ve karotiyerin tabana ulaşabildiğini göstermiştir. Ancak karotiyer sedimanlara saplanırken ara seviyelerde bulunan kalsiyum karbonatlı kavki içeren seviyenin sürtünmeyi artırması ile alttaki yüksek su içerikli ve kolay itilebilen çökel istifinde hacimsel azalma oluştuğu görülmüştür. Burada karotiyer örnekleme verimi; saplanma derinliği ve alınan sediman kalınlığı oranına bağlıdır. Karotiyerin havza tabanındaki kıyı sedimanlarına ulaşmasının kanıtıyla ortalama %70 civarında bir örnekleme verimi sağlanmıştır.



Şekil 2. Karotun MSCL karot loglayıcısı ile elde edilen fiziksel özelliklerinin (P Dikey ve P yatay dalga hızı, radyografi, Gama yoğunluk), ile sığ sonar görüntüsünün denestirilmesi. Sediman derinliği karotiyerin çamura saplanma derinliği ile denestirilmiştir.





Şekil 3. Akgöl yer radarı (GPR) çalışmalarında elde edilen örnek bir radargram

Çalışmanın sonuçları, sığ sismik (echo sounder) yönteminin duraylı özel bir platformla kullanıldığında, yer radarı (GPR) verilerine benzer şekilde, sediman içi litolojik ayrımlarının yapılmasında ve litolojik birim kalınlıklarının belirlenmesinde yararlı olduğunu göstermektedir.

### **KATKI BELİRTME**

İTÜ EMCOL Laboratuvarlarının (XRF-M-SCL) ve arazi ekipman (karotiyer-balast tanklı platform) olanaklarının kullanılmasını sağlayan ve güzel bir sonuç çıkardığımız bu çalışmayı destekleyen Doç.Dr. K. Kadir Eriş'e teşekkür ederiz.



## Kale Havzasındaki (Denizli, Batı Türkiye) Kömür İçeren Sedimanter Birimlerin Jeolojisi ve Mineralojisi

### *Mineralogy and Geology of Coal-Bearing Sedimentary Units in the Kale Basin, (Denizli, Western Turkey)*

Duygu Elçi<sup>1</sup>, Tülay Altay<sup>2</sup>, Fuzuli Yağmurlu<sup>3</sup>, Murat Şentürk<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Afyon Kocatepe Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Afyonkarahisar, Türkiye

<sup>2</sup>Afyon Kocatepe Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Afyonkarahisar, Türkiye

<sup>3</sup>Süleyman Demirel Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Isparta, Türkiye

(elci\_duygu@windowslive.com)

**Öz:** Kale Havzası (Denizli), sıg denizel tortullarla doldurulan KD-GB uzanımlı bir havzadır. Havzanın batısında daha çok Menderes Masifi'ne ait metamorfik temel kayalar bulunurken, havzanın doğu ve güney bölümlerinde Mesozoyik yaşlı kireçtaşlarının yanı sıra, Likya naplarına ait ofiyolitler yer alır. Kale Havzası'nı dolduran Oligosen yaşlı Mortuma Formasyonuna ait tortul istif, sıg-kıyı ortamını yansıtan çakıltaşlarına eşlik eden kaba kırıntılı tortullar ile başlamakta olup, üste doğru kumtaşı-çamurtaşı ve kilaşlarından oluşan tortullarla devam etmektedir. Tortul istifin üst bölümlerinde yer alan çamurtaşı ve kilaşları içinde oldukça yaygın olarak yaprak ve kömürleşmiş bitki kalıntılarının yanı sıra, özellikle yol yarmalarında kalınlığı 5-10 cm arasında değişen kömür damarları yer almaktadır.

İnceleme alanında TKİ tarafından altı adet kömür araştırma sondajı yapılmıştır. Sondajların derinliği 426 m ile 780 m arasında değişmektedir. İnceleme alanının kuzeyinde yapılan sondajlarda çamurtaşı ve kilaşları içerisinde farklı seviyelerde 40-45 cm kalınlıkta kömür damarları kesilmiştir. Kömür siyahımsı ve parlak özellikte linyit yapılıdır. Diğer sondajlarda ise kalkerli çamurtaşı ve kilaşından oluşan seviyelerde kalınlığı 1-3 cm arasında değişen kömür damarları gözlenmiştir. Bu durum, kömür katmanlarının, Oligosen istifi içinde yanal yönde kalınlaşma göstermediklerini ve ince taneli deltayik tortullara derecelendiklerini yansıtır. Sondajlar denetirildiğinde, inceleme alanının kuzeyinde havzanın daha sıg, enerjisinin daha düşük ve organik madde içeriğinin daha zengin olduğu belirlenmiştir. Havzanın güneye doğru ani olarak derinleşmesi, havza içinde yer alan büyüme fayı ile ilgili olmalıdır. XRD çalışmaları ile dolomit, kalsit, feldispat, kuvars ve kil mineralleri belirlenmiştir. Kil minerallerinden simektit, illit ve kaolinit tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Denizli, Kale Havzası, kil, kömür.

**Abstract:** Kale Basin (Denizli) is a northeast-southwest trending basin filled with shallow marine sediments. While there are metamorphic basement rocks which belong mostly to Menderes Massif to the west of the basin, there are ophiolites which belong to Lycian nappes as well as old Mesozoic limestones in the eastern and southern parts of the basin. The sedimentary deposit of the Oligocene aged Mortuma Formation which fill Kale Basin begin with

coarse clastic sediments accompanied by pebbles that reflect a shallow shoreline environment at the bottom and as goes further through upper layers, it contains sandstones-mudstones and claystone. In the mudstones and claystones located in the upper parts of the sedimentary sequence, there are widespread leaf and plant remains as well as coal seams with a thickness of 5-10 cm especially in road cuts.

Six coal exploration drillholes in the study area were made by Turkish Coal Enterprise. The depth of these boreholes varies between 426 m and 780 m. In the north part of the study area, 40-45 cm thick coal veins were cut at different levels within mudstone and claystone in the cores. The coal has a rank of lignite which is blackish and shiny in appearance. In other drillholes, coal veins 1-3 cm thick have been observed in the levels of calcareous mudstone and claystone layers. This reflects that the layers of coal do not thicken laterally in the Oligocene succession and are graded to fine-grained deltaic sediments. When the cores were correlated, it was determined that the basin was shallower, the energy was lower and the organic matter content was rich in the north of the study area. The sudden deepening of the basin towards the south must be related to growth fault within the basin. The minerals of dolomite, calcite, feldspar, quartz and clay have been determined with XRD studies. Smectite, illite and kaolinite have been identified as clay minerals.

**Keywords:** Clay, coal, Denizli, Kale Basin.

## GİRİŞ

Kale Havzası, Batı Anadolu'da sığ denizel tortullar tarafından doldurulan KD-GB uzanımlı bir havzadır (Şekil 1a ve b). Bölgede TKİ Genel Müdürlüğü tarafından kömür arama sondajları yapılmıştır. Havzada yapılan sondajlarda da birkaç seviyede ince kömür damarları kesilmiştir.

### **Bölgede daha önce yapılan çalışmalar yüzeysel**

olup, havzanın jeolojik, sedimantolojik, paleontolojik ve tektonik evrimine yönelik yapılmıştır (Okay, 1989; Savaşın vd., 1990; Savaşın ve Güleç, 1990; Hasdiğen ve Bayhan, 2003; İslamoğlu vd., 2006). Bu çalışmanın amacı derin sondajlarda tespit edilen sedimanter birimlerin yanal ve düşey dağılımlarını belirlemek ve jeolojik ve mineralojik özelliklerini incelemektir.

## **MATERYAL VE METOD**

### **İnceleme alanında çalışmanın amacına**

**uygun olarak altı adet sondaj takip edilmiş ve sistematik örnekler alınmıştır (K1 sondajı (780.7m), K2 sondajı (553m), K3 sondajı (426.4m), K4 sondajı (555.6 m), K5 sondajı (654.8 m) ve K6 sondajı (497.9m)) (Şekil 1b). Sondajların dikme kesitleri hazırlanmış ve birbirleri ile korele edilmiştir. Sondajlardan alınan örneklerin toz haline getirildikten sonra X-ışınları difraktometresi yardımıyla mineralojik bileşimi belirlenmiştir. Örneklerin tüm kayaç analizi Afyon Kocatepe Üniversitesinde TUAM laboratuvarında yapılmıştır ( $2\theta=2^{\circ}-70^{\circ}$ ). X-ışınları çözümlenmeleri, Shimadzu 6000 model ve Bruker D8 Advance X-ışınları difraktometreleri kullanılarak yapılmıştır.**

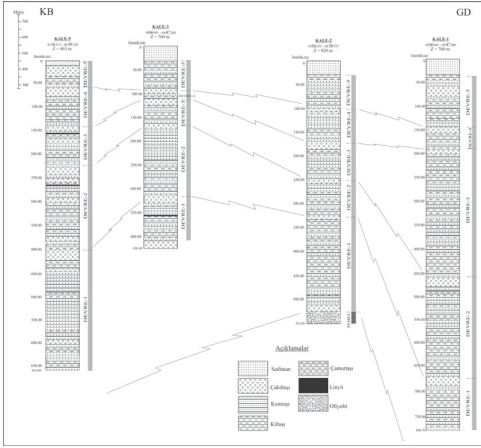
## **GENEL JEOLOJİ**

İnceleme alanında yayılım gösteren en yaşlı birim Jura-Kretase yaşlı Ula Mermerleridir. Çalışma sahasının güney batısında yüzeyleyen birim genel olarak, kristalize kireçtaşı ve özellikle batıda çört-sparitik kireçtaşı ardalanması şeklinde görülür. Bu birimin üzerine





çamurtaşı ve kiltaşından oluşan tortullar içinde, 78. metrede kalınlığı 20 cm'ye ulaşan bir kömür damarının varlığı saptanmıştır. Sondajın 238. metresinde 10 cm ve 259. metresinde ise 45 cm olmak üzere iki farklı seviyede yer alan kömür damarlarının varlığı saptanmıştır. Sondajlarda kesilen kömür damarları siyahımsı, parlak özellikte linyitten yapıldır. K2 sondajında 525-553 m arasında koyu yeşilimsi gri ile kırmızımsı renklerde, çoğunlukla breşik özellikte serpantinlerden oluşan, ofiyolitik temel kayaları kesilmiştir (Şekil 2).



Şekil 2. Çalışma alanında yapılan sondajların KB-GD yönlü korelasyonu

## MİNERALOJİ

Seçilen sondajlardan alınan örneklerin tüm kaya mineralojik bileşimleri XRD analizleri ile belirlenmiştir. Değerlendirilen örneklerde kalsit, dolomit, feldispat, kuvars ve kil mineralleri tespit edilmiştir. Karbonat mineralleri her örnekte tespit edilmiştir. Havzada ana karbonat minerali kalsittir. Dolomit daha az oranda bulunmaktadır. Kalsit minerali sondaj istiflerinin her seviyesinde bulunurken, dolomit alt seviyelerde daha yaygındır. Dolomit örneklerde kil içeriği oldukça yüksektir. Havzada tespit edilen kil mineralleri ise simektit, kaolinit ve illittir. En yaygın kil mi-

nerali simektittir.

## SONUÇLAR VE TARTIŞMA

İnceleme alanı Batı Anadolu da Kale havzasını içine almaktadır. Havzanın kuzeyinde yapılan sondajlarda kiltaş ve kalkerli çamurtaşından oluşan tortullar içinde kalınlıkları 45 cm ye varan siyahımsı, parlak özellikte linyit damarları tespit edilmiştir. Sondajlar korele edildiğinde, kömür katmanlarının kuzeyden güneye doğru, Oligosen istifi içinde yanal yönde ince taneli deltayik tortullara geçiş gösterdikleri görülmüştür. Havzanın güneye doğru ani olarak derinleşmesi, havza içinde yer alan büyüme fayı ile ilgili olmalıdır.

Su seviyesinin arttığı dönemlerde havzaya kil, silt ve kum boyutunda kırıntılı malzeme çökelişi olmuştur. Havzada zaman zaman sular çekilmiş ve bataklık ortamı egemen olmuştur. Organik malzemenin bataklık ortamında birikimi ile kömür oluşumu meydana gelmiştir. Havza çevresindeki metamorfik, ofiyolitik ve volkanosedimanter kayaların çökeltme havzasına taşınan kırıntılı malzemenin başlıca kaynağı olduğu düşünülmektedir.

## KATKI BELİRTME

Bu araştırmaya 17.FEN.BİL.60 numaralı proje ile maddi destek veren Afyon Kocatepe Üniversitesi BAP Koordinatörlüğüne, arazi ve sondaj çalışmalarındaki desteklerinden dolayı TKİ Genel Müdürlüğü'nün Kömür Aramaları proje ekibine teşekkür ederiz.

## KAYNAKLAR

Akdeniz, N., 2011. 1/100000 Ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları. Denizli N-21 Paftası Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Raporu. Arşiv No:163, Ankara.

Hakyemez, H. Y. ve Örçen, S., 1982. Muğla-Denizli Arasındaki (GB Anadolu) Senozoyik Yaşlı Çökellerin Sedimentolojik ve

Biyostratigrafik İncelenmesi. Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü Rapor No: 7311, Ankara (Yayınlanmamış)

Hakyemez, H. Y., 1989. Kale-Kurbalık (GB Denizli) Bölgesinde Senozoyik yaşlı Çökel Kayaların Jeolojisi ve Stratigrafisi. Maden Tetkik ve Arama Dergisi, 109, 9-22.

Hasdıġen S. ve Bayhan E., 2003. Kale (GB Denizli) bölgesindeki Tersiyer yaşlı kayaların kil sedimantolojisi. Yer Bilimleri, 27, 47-58.

İslamoğlu, Y., Gedik, F., Aydın, A., Atay, G., Hakyemez, A. ve Babayiğit, S., 2006. Denizli Bölgesi'ndeki (GB Türkiye) Oligosen yaşlı lagüner ve Denizli çökellerin mollusk, foraminifera, nannoplankton, mercan ve sst-rakoda biyostratigrafisi. 59. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildirileri, 20-24 Mart 2006, Ankara, s. 245-249.

Okay, A., 1989. Denizli'nin güneyinde Menderes Masifi ve Likya naplarının Jeolojisi. Maden Tetkik ve Arama Dergisi, 109, 45-58.

Savaşçın, M.Y. and Güleç, N., 1990. Neogene volcanism of Western Anatolia, Field Excursion B3, Intern. Earth Sci. Con. On Aegean Region, *IESCA Publ. No. 3*, (78pp).

Savaşçın, M.Y., Güleç, N. and Tankut, A., 1990. Geochemical character and tectonic significance of Neogene volcanism extending from Aegean to Central Anatolia. IAVGE. Mainz 1990, Inter. Vol. Cong. Abstracts.

**SİSMOLOJİ / SEISMOLOGY**

Doğan KALAFAT - Onur TAN - Zeynep GÜLERCE - Özlem KARAGÖZ - Özgün KONCA

---

***Sözlü Sunumlar/Oral Presentations***

***TAM METİN BİLDİRİLER/***

***PROCEEDINGS***





## Orta Büyüklükte Bir Depremde Çift Enerji Boşalamı Örneği: 15 Kasım 2000 Van Depremi (Doğu Anadolu)

*Example of Double Energy Release for A Moderate Earthquake:  
15 November 2000 Van Earthquake (Eastern Anatolia)*

**Onur Tan**

*Istanbul University – Cerrahpaşa, Faculty of Engineering, Dept. of Geophysics,  
Avcılar, İstanbul, Turkey  
(onur.tan@istanbul.edu.tr)*

**Öz:** 15 Kasım 2000 Van Depremi ( $M_w$  5.7) ters faylanma mekanizmasıyla Van Göl'ünde meydana gelmiştir. Bu çalışmada depremin yırtılma sürecini belirlemek için IRIS-GDSN istasyonlarından geniş-bant cisim dalgası kayıtları alınmıştır. Depremin P dalga şekilleri iki enerji boşalamı olduğunu açıkça göstermektedir. Bunlara ait iki P fazı arasındaki zaman farkı yaklaşık 20 s'dir ve ilk hareket yönleri benzerdir. Telesismik dalgaların kayma dağılımı ters çözümüyle fay düzlemi üzerindeki iki pürüzün (asperity) yeri belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Pürüz, kayma dağılımı ters çözümü, telesismik dalga şekilleri, Van

**Abstract:** The 15 November 2000 Van Earthquake ( $M_w$  5.7) occurred in Van Lake with a thrust faulting mechanism. The broadband body waveform records of the earthquake obtained from IRIS-GDSN stations are used in this study to obtain its rupture process. The P-waveforms of the earthquake clearly shows two energy releases. The time interval between the two P-phases of these releases is about 20 s, and similar first motion polarities are observed. The two asperities on the fault plane are located with slip distribution inversion of the teleseismic waveforms.

**Keywords:** Asperity, slip inversion, teleseismic waveforms, Van

### INTRODUCTION

Before the destructive 23 October 2011 earthquake ( $M_w$  7.2) in the east coast of Van Lake, two moderate events with thrust faulting mechanism occurred beneath the lake (Figure 1). Centroid depths of the 1988 ( $M_w$  5.4) and 2000 ( $M_w$  5.7) events are 14 and 18 km, respectively.

In this study, I analyze the teleseismic body waveforms of the 15 November 2000 Van Earthquake to understanding its rupture history on fault plane.

### DATA AND METHOD

Digitally recorded broadband P- and SH-waveforms of the Van Earthquake obtained from IRIS-GDSN stations to find out a minimum misfit focal mechanism solution with body waveform inversion. The shapes and amplitudes of body waveforms recorded by the stations in the teleseismic distance range ( $\Delta=30^\circ-90^\circ$ ) are compared with synthetic waveforms. To determine source parameters, the MT5 version of McCaffrey and Abers's (1988) algorithm (Zwick et al., 1994) is used.

To obtain the rupture process of the 15 No-

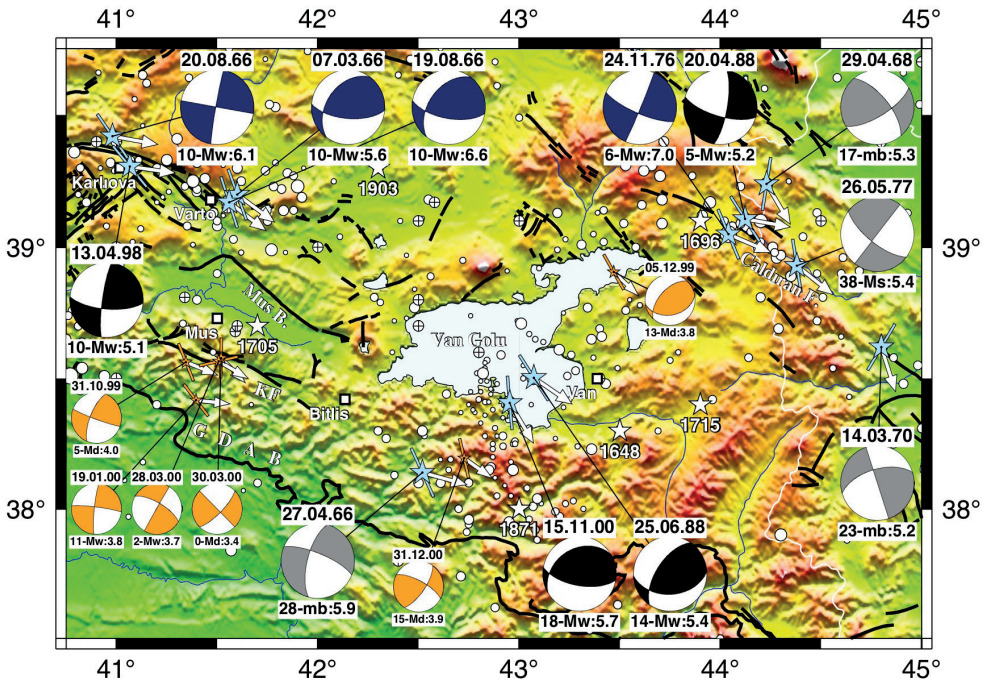


Figure 1. Focal mechanism solutions of the earthquakes occurred before 2010 around Van Lake.

The solutions are from Tan (2004), Taymaz vd. (1991), Örgülü vd. (2003), and Global-CMT.

vember 2000 Van Earthquake, the broadband P-waveforms with good azimuthal coverage and S/N ratio were used. Teleseismic S-waves were excluded because they have low-frequency content and do not contain any additional information on the source details. The instrument responses were removed and the waveforms were filtered between 0.01 and 1.0 Hz and resampled with a 0.2 s time interval before using in the inversion algorithm by Yagi et al. (2000). The rupture process is represented as a spatiotemporal slip distribution on a fault plane. Therefore, the fault plane is divided into 5\*8 square subfaults with a 4\*4 km<sup>2</sup> area. The rupture model of each subfault was defined by 8 isosceles triangles. The strike and dip angles are uniform for each subfault and cannot be changed in the inversion

to decrease unknown parameters for a stable inversion process. Different models were tested to understand model dependency and find a stable solution. The final inversion result is given in Figure 1.

## DISCUSSION AND CONCLUSION

The P-waveforms of the Van Earthquake clearly shows two energy releases. The time interval between the two phases is about 20 s, and similar first motion polarities are observed. It can be interpreted as two energy releases caused by two asperities on the same fault surface (Figure 2). The minimum misfit focal mechanism solution indicates that strike, dip, and rake is 100±10°, 64±5° and



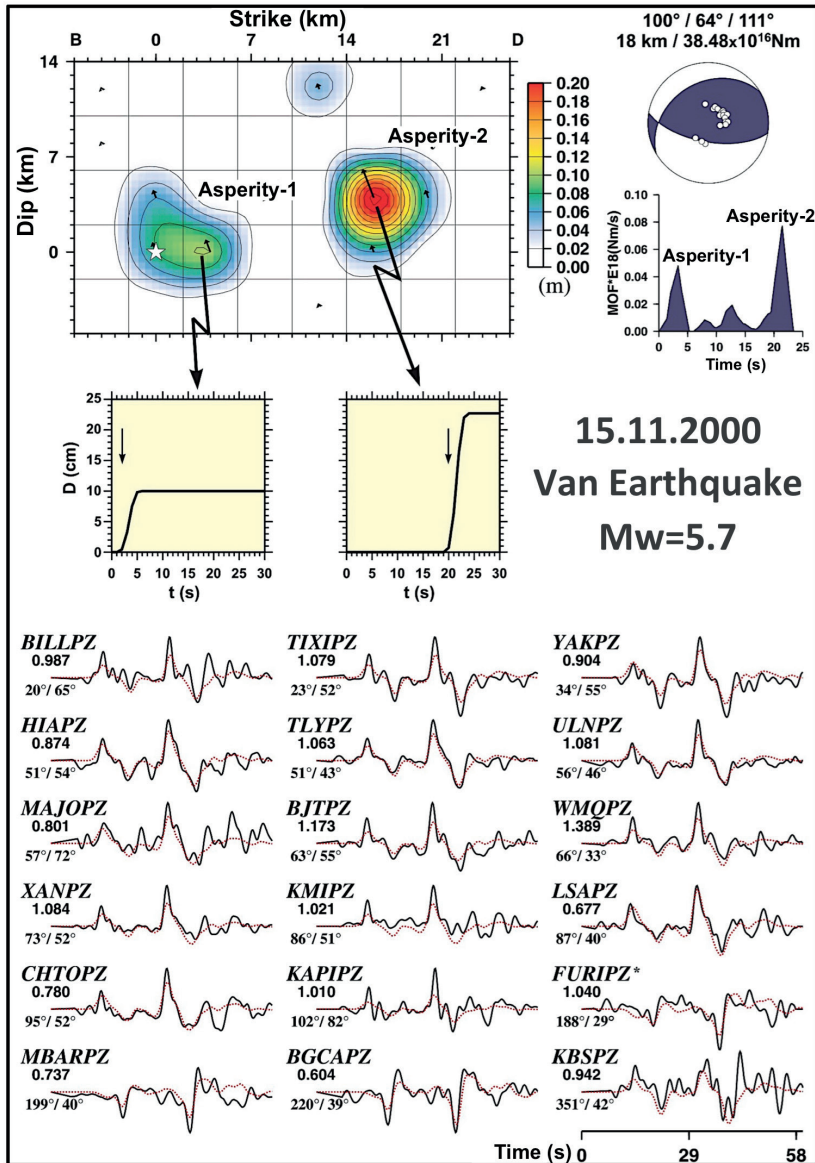


Figure 2. Inversion result for slip distribution of the 2000 Van Earthquake. The white star is the rupture starting point. The displacement (D) changes in time for the asperities are given under the contour graph. Minimum misfit focal mechanism solution and moment rate function are on the right side. Strike/Dip/Rake, centroid depth and total seismic moment are on the focal sphere. Observed and synthetic waveforms are shown by black solid and red dotted lines, respectively. Station code and maximum amplitude are above the waveform, station azimuth and distance below.



$111 \pm 10^\circ$ , respectively. The P-wave first motion polarities agree with the focal mechanism solution inversion. The total seismic moment is  $38.5 \cdot 10^{16}$  Nm. The centroid depth of the event is  $18 \pm 2$  km. This value is shallower than that of reported by global centroid moment tensor solutions. The Global-CMT and USGS report 32 and 67 km centroid depths, respectively. The reason for such deep centroids may be the band-pass filtered waveforms with very low-frequency legs used in the centroid moment tensor solutions. Therefore, the first and second energy releases could not identify by the automatic inversion algorithms.

The final slip distribution inversion can locate the two energy releases on the fault surface. These two areas are asperities that ruptured with a small time interval. The slip on the Asperity-1 reaches its maximum value (10 cm) at 5 s. The second asperity begins to rupture at 20 s and its final displacement is 23 cm. The ruptured areas of both asperities are 50 km<sup>2</sup> and 55 km<sup>2</sup>, respectively.

Multiple energy releases during rupture are mostly observed in large earthquakes because of complex asperity structure on a large fault surface. Although the 2000 Van Earthquake has a small moment magnitude ( $M_w$  5.7), it shows multiple asperities can failure in rupture propagation.

## REFERENCES

McCaffrey, R., and Abers, G., 1988. SYN3: A program for inversion of teleseismic body waveforms on microcomputers. Air Force Geophysics Laboratory, AFGL-TR-88-0099, Hanscomb Air Force Base, MA.

Ögülu, G., Aktar, M., Türkelli, N., Sandvol, E. and Barazangi, M., 2003. Contribution to the seismotectonics of Eastern Turkey from

moderate and small size events. *Geophys. Res. Letts.*, 30, No. 24, 8040, doi: 10.1029/2003GL018258.

Tan, O., 2004. The source mechanism properties and rupture histories of the Caucasian, Eastern Anatolian and North Western Iranian earthquakes [Ph.D. thesis]: Istanbul Technical University, Istanbul, Turkey, 308 p. (in Turkish).

Taymaz, T., Eyidoğan, H. and Jackson, J., 1991. Source Parameters of large earthquakes in the East Anatolian Fault Zone (Turkey). *Geophys. J. Int.*, 106, 537-550.

Yagi, Y., and Kikuchi, M., 2000. Source rupture process of the Kocaeli, Turkey, earthquake of August 17, 1999, obtained by joint inversion of near-field data and teleseismic data: *Geophysical Research Letters*, v. 27, p. 1969-1972, doi: 10.1029/1999GL011208.

Zwick, P., McCaffrey, R., and Abers, G., 1994. MT5 Program: International Association of Seismology and Physics of Earth's Interior Software Library, v. 4.



## 14 Mart 1998 Fandoğa Depreminin (Mw=6.6) (İran) Sonlu-Fay Kırılma Özellikleri ile Öncesi ve Sonrası Kosismik Coulomb Gerilme Değişimleri

*Finite-Fault Rupture Properties and Coseismic Coulomb Stress Changes Before and After the 14 March 1998 Fandoğa Earthquake (Mw 6.6) (Iran)*

Hatice Durmuş<sup>1</sup>, Murat Utkucu<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Dumlupınar Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü

<sup>2</sup>Sakarya Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeofizik Mühendisliği Bölümü

(hatice.durmus@dpu.edu.tr)

**Öz:** Bu çalışmada, 14 Mart 1998 Fandoğa (İran) depreminin sonlu-fay kırılma özellikleri ile öncesi ve sonrasındaki kosismik Coulomb gerilme değişimleri araştırılmıştır. Sonlu-fay kaynak özelliklerini bulmak için doğrusal sonlu-fay ters çözüm yöntemi, genişband telesismik P ve SH cisim dalga şekillerine uygulanmıştır. Yüzey kırıkları tek bir doğrultuya sahip olduğundan 1998 Fandoğa depremi, tek segmentli bir fay modeli ile modellenmiştir. Buna göre 1998 Fandoğa depreminin sonlu-fay modellenmesi, kırılmanın biri odak bölgesinde yaklaşık 240 cm kayma ile yerleşmiş büyük, diğeri odağın 22 km kuzeybatısında 10 km derinlikte yerleşmiş yaklaşık 130 cm kayma ile küçük iki pürüzün yenilmesiyle kontrol edildiğini önermiştir. Bu kayma modeli için sismik moment  $2.18 \times 10^{26}$  dyn.cm'dir. Coulomb gerilme hesaplamaları ise 1998 Fandoğa depreminin geçmiş depremlerden dolayı gerilmeye maruz kaldığını göstermiştir. Ayrıca 1998 Fandoğa depremi ile eş zamanlı olarak Shahdad bindirme zonunda gözlenen kaymanın, 1998 Fandoğa ve öncesinde meydana gelmiş olan depremlerin bu zon üzerinde oluşturduğu gerilme artışından kaynaklandığı açıklanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** 14 Mart 1998 Fandoğa depremi, Coulomb gerilme değişimi, İran, sonlu-fay modelleme

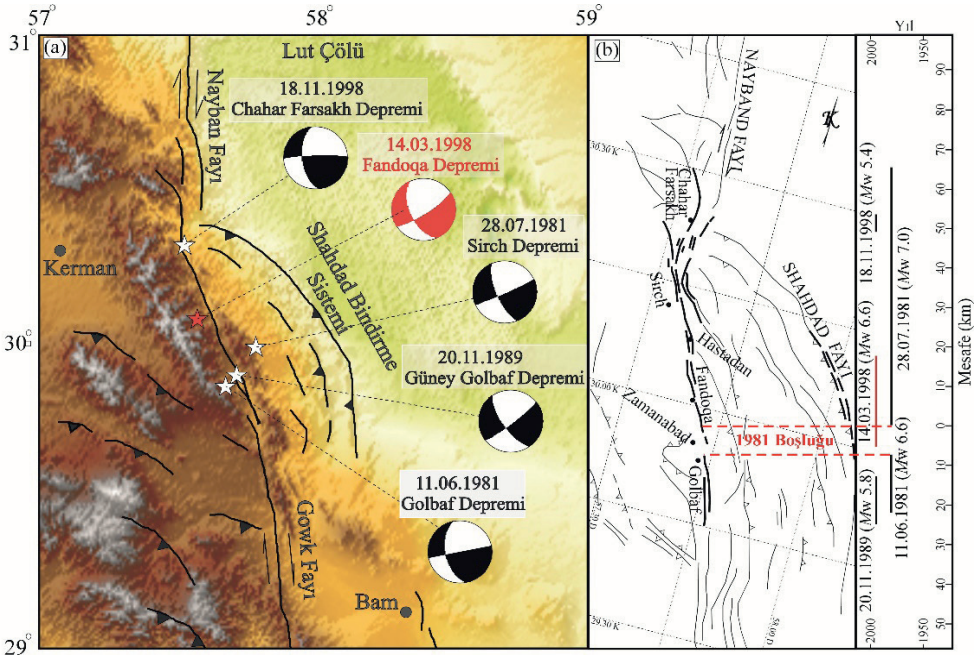
**Abstract:** In this study, the finite-fault rupture properties with the coseismic Coulomb stress changes before and after the 14 March 1998 Fandoğa, Iran, earthquake have been investigated. A linear finite-fault inversion method is applied to the broadband teleseismic P and SH body waveforms in order to obtain the finite-fault source properties. The 1998 Fandoğa earthquake is modeled by a single-segment fault model since the surface fractures have a single direction. According to this, the finite-fault modeling of the 1998 Fandoğa earthquake suggests that the rupture is controlled by two asperities. The large one with approximately 240 cm slip value is located in the focus region and the small one 130 cm slip value is located at a depth of 10 km at 22 km northwest of the focus. The seismic moment for this slip model is  $2.18 \times 10^{26}$  dyn.cm. The Coulomb stress change calculations have shown that the 1998 Fandoğa earthquake exposure to stress due to past earthquakes. In addition, the slip observed in the Shahdad thrust zone concurrently with the 1998 Fandoğa earthquake was explained by the increase in the stress generated by the 1998 Fandoğa and the earthquakes before it.

**Keywords:** 14 March 1998 Fandoğa earthquake, Coulomb stress changes, Iran, finite fault modelling,

## GİRİŞ

İran, Alp-Himalaya sismik kuşağında yer alan, güneyde Arabistan ve kuzeyde Avrasya plakalarının yakınsama hareketinden dolayı yoğun deformasyonun gerçekleştiği bir bölgedir. Güneydoğu İran'ın Kerman bölgesindeki Gowk Fay sistemi üzerinde meydana gelen 1998 Fandoqa depremi (Berberian vd., 2001), 1981'den bu yana bu fay sistemi üzerinde meydana gelen beş depremden biridir. 11 Haziran Golbaf (Mw 6.6) ve 28 Temmuz 1981 Sirch (Mw 7.1) depremleri ile 20 Ka-

sım 1989 Güney Golbaf depremi (Mw 5.8) ve 18 Kasım 1998 Chahar Farsakh depremi (Mw 5.4) serinin diğer depremleridir (Şekil 1a). Gowk fayı üzerinde meydana gelen bu beş depreme ait yüzey kırıkları Şekil 1b'de haritalanmıştır. Buna göre 11 Haziran 1981 Golbaf depremi Zamanabad'ın güneyinde 15 km, 28 Temmuz 1981 Sirch depremi ise Zamanabad'ın kuzeyinde 65 km yüzey kırığı oluşmuştur. Gowk fay sisteminin yaklaşık 80 km'lik kısmı üzerinde meydana gelen bu beş deprem doğrultu atımlı yüzey kırıkları ile ilişkilidir (Berberian vd. 2001).



Şekil 1. (a) Kerman bölgesindeki aktif fayları ve önemli bazı depremleri gösteren sismotektonik harita. Kırmızı yıldız ve kırmızı beyaz sembol sırasıyla 14 Mart 1998 Fandoqa depremi episantrını ve odak mekanizma çözümünü, beyaz yıldızlar ve siyah-beyaz renkli semboller ise sırasıyla Gowk fay sistemi üzerinde 1981'den bu yana meydana gelen depremlere ait episantr yerleri ve odak çözümleridir. Faylar Walker ve Jackson (2002) 'den alınmıştır. (b) 1981'den bu yana meydana gelen depremlere ait yüzey kırıkları (solda) ve uzay-zaman dağılımları sağda verilmiş olup şekil Berberian vd. (2001)'den derlenmiştir.

Meydana gelen bu deprem serisinin iki önemli özelliği dikkat çekicidir. Bunlardan biri, 1981 Golbaf ve Sirch depremlerinin yüzey kırıkları arasında gözlenen hasar dağılımı ve sismik boşluğudur (Şekil 1b; 1981 boşluğu). Diğer önemli özellik ise SAR interferometri verisinin, Gowk fayına paralel ve yaklaşık 30 km daha doğusunda 1998 depremi ile eş zamanlı olarak yüzeye çıkan yaklaşık 10 cm'lik bir hareket ortaya koymasındır (Berberian vd., 2001) (Şekil 1b). Shahdad bindirme sistemi üzerinde gözlenen bu kayma, bu fay sisteminin 1998 Fandoqa depremi ile tetiklenmiş olabileceğini akla getirmektedir. Buna göre, 1998 Fandoqa depreminin kayma dağılımını belirlemek ve Gowk fay sistemi üzerinde 1981'den bu yana yaklaşık 30 yıllık zaman dilimi içinde meydana gelen depremlerin Coulomb gerilme değişimlerini incelemek, 1998 Fandoqa depreminin geçmiş depremsellikten etkilenip etkilenmediğini ve Sahahdad bindirme sisteminin 1998 Fandoqa depremi ile tetiklenip tetiklenmediğini ortaya koymada çok daha detaylı bilgi sağlanmış olacaktır.

## SONLU-FAY MODELLEMESİ VE SONUÇLARI

Bu çalışmada, 14 Mart 1998 Fandoqa depremi kırılma özelliklerini elde etmek için, Hartzel ve Heaton (1983) tarafından orijinal olarak geliştirilen algoritma ile doğrusal sonlu-fay-ters çözüm metodu, 23 istasyondaki geniş-bant P dalga şekli ile 15 istasyondaki geniş-bant SH hız dalga şekli kullanılarak uygulanmıştır. Sonlu-fay modellemesinde 1998 Fandoqa depremi, doğrultu boyunca 9 ve eğim boyunca 4 olmak üzere toplam 36 adet fay parçasına bölünen 45km x 20km boyutlarında bir düzlem ile temsil edilmiştir. Model fay düzlemi üst kenarı yüzeyde olacak şekilde kabuk yapısı Necioğlu (1999) tarafından verilen deprem kaynak bölgesi içine yerleştirilmiş ve her bir fay parçası için sentetik sismogramlar, her bir fay parçası üzerine dağıtılan 36 adet nokta kaynağın genelleştirilmiş

ışın teorisi (Langston ve Helmberger, 1975). ile hesaplanmış tepkileri toplanarak elde edilmiştir

1998 Fandoqa depremi tek segmentli bir fay modeli ile modellenmiş ve kayma dağılımı modeli Şekil 2(a)'daki gibi elde edilmiştir. Buna göre kırılmanın biri odak bölgesinde yerleşmiş büyük, diğeri odağın 22 km kuzeybatısında 10 km derinlikte yerleşmiş küçük iki pürüzün yenilmesiyle kontrol edildiği görülmektedir. Büyük pürüz üzerinde, odakta, kayma genişliği 2.5 m civarındayken küçük pürüz 1.3 m civarında bir kayma değerine ulaşmaktadır. İki pürüz arasındaki belirgin kayma boşluğu dikkat çekicidir. Bu kayma dağılımı modeli için  $2.18 \times 10^{26}$  dyn.cm'lik bir sismik moment hesaplanmıştır.

Elde edilen kayma dağılımı modeli, 1998 Fandoqa depremi yüzey kırığı ile ilişkilendirilerek tekrar irdelendiğinde kuzeybatıda bulunan nispeten daha küçük pürüzün başlangıçta fay düzleminin uzun seçilmesinden kaynaklanan yapay bir pürüz olduğu düşünülebilir. Buna göre 1998 Fandoqa depremi için, depremin odağını içine alan en büyük kayma değeri yaklaşık 240 cm olan büyük bir kaynak alanı tanımlanabilir.

## COULOMB GERİLME DEĞİŞİMİ VE SONUÇLARI

Kayalarda yenilmenin meydana geldiği şartları karakterize etmek için yaygın olarak Coulomb yenilme kriteri kullanılmaktadır (King vd. 1994). Bir hedef fay üzerinde Coulomb gerilme değişimi

$$\Delta\sigma_f = \Delta\tau + \mu' \Delta\sigma_n \quad (1)$$

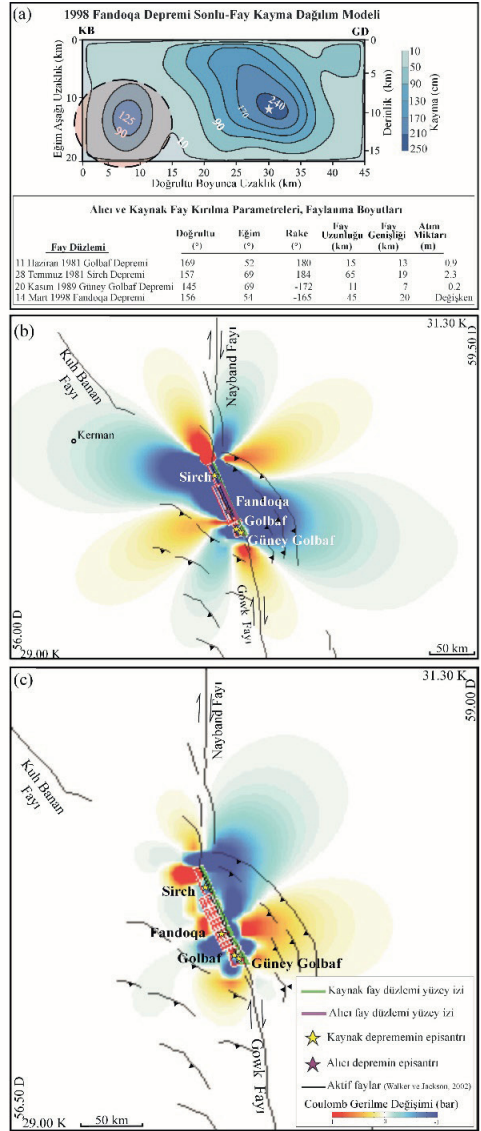
ile ifade edilmektedir. Denklem 1'de  $\Delta\tau$  ve  $\Delta\sigma_n$  sırasıyla kesme ve normal gerilmedeki değişimler,  $\mu'$  efektif sürtünme katsayısıdır. Yapılan gerilme değişimi hesaplamalarında  $\mu'$  değeri 0.4, Young modülü değeri  $8 \times 10^5$  bar ve Poisson oranını 0.25 olarak alınmıştır. He-

saplamalar için Coulomb 3.2 paket programı kullanılmıştır (Lin ve Stein, 2004; Toda vd., 2005). Gerilmedeki artım kırmızı, azalım ise mavi renklerle temsil edilmiştir.

Coulomb gerilme değişimleri hesaplanırken, alıcı ve kaynak fay, kırılma parametreleri (doğrultu, eğim, kayma açısı ve atım miktarı) ve faylanma boyutları (fay uzunluğu ve fay genişliği) ile tanımlanmalıdır. Bu bağlamda 1998 Fandoqa depremi için sonlu-fay analizi ile elde edilen değişken kayma modeli kullanılırken, diğer depremler için parametreler önceki çalışmalardan derlenmiştir. Literatürde faylanma boyutları ve kayma miktarı parametrelerine ulaşılamayan depremler için ise Wells ve Coppersmith (1994) tarafından verilen ampirik ilişkilerden yararlanılmıştır (Şekil 2a).

Coulomb gerilme değişimi hesaplamaların da ilk olarak Gowk fayı üzerinde meydana gelen deprem serisinin neden olduğu Coulomb gerilme değişimleri 1998 Fandoqa fay düzlemi üzerinde hesaplanmıştır. Şekil 2(b) incelendiğinde 1998 Fandoqa depreminin, öncesinde meydana gelen depremlerden dolayı gerilme yükü altında olduğu görülmektedir.

İkinci olarak ise 1998 Fandoqa depremi dahil Gowk fay sistemi üzerinde meydana gelen diğer depremler dikkate alınarak Shahdad bindirme ve kıvrım sistemi üzerinde gerilme değişimleri hesaplanmıştır (Şekil 2c). Buna göre Shahdad bindirme sistemi üzerinde 1998 Fandoqa depremi ile eş zamanlı olarak gözlenen kaymanın, 1998 Fandoqa depremi de dahil seriye ait diğer depremlerden dolayı tetiklenmiş olduğu söylenebilmektedir.



Şekil 2.a) 14 Mart 1998 Fandoqa depremi ters çözüm kayma dağılım modeli. 10 cm'den büyük kaymalar 40 cm aralıklarla konturlanmıştır. Yıldız depremin odağını göstermektedir. b) 1981 Golbaf ve Sirch depremleri ile 1989 Güney Golbaf depreminin dolaylı 1998 Fandoqa depremi fay düzlemi üzerinde hesaplanan Coulomb gerilme değişimlerinin 9 km derinlikteki harita görüntüsü. (c) 1998



Fandoqa depremi ve Gowk fayı üzerinde meydana gelen geçmiş depremlerden dolayı Shahdad bindirme ve kıvrım sistemi üzerinde hesaplanan gerilme değişimlerinin 4 km derinlikteki harita görüntüsü.

## KAYNAKLAR

Berberian, M., Jackson, J.A., Fielding, E., Parsons, B.E., Priestley, K., Qorashi, M., Talebian, M., Walker, R., Wright, T.J. and Baker, C., 2001. The 1998 March 14 Fandoqa earthquake (Mw 6.6) in Kerman province, southeast Iran: re-rupture of the 1981 Sirch earthquake fault, triggering of slip on adjacent thrusts and the active tectonics of the Gowk fault zone. *Geophys. J. Int.*, 146, 371-398.

Hartzell S.H. and Heaton T.H., 1983. Inversion of strong ground motion and teleseismic waveform data for the fault rupture history of the 1979 Imperial Valley, California, earthquake. *Bull. Seism. Soc. Am.*, Vol. 73, No. 6, 1553-1583.

King, G.C.P., Stein, R.S. and Lin, J., 1994. Static Stress Changes and the Triggering of Earthquakes. *Bull. Seism. Soc. Am.*, Vol. 84, No. 3, pp. 935-953.

Langston, C.A. and Helmberger, D.V., 1975. A Procedure for Modeling Dislocation Sources. *J. R. Astr. Soc.*, 42, 117-130.

Lin, J., Stein, R.S., 2004. Stress triggering in thrust and subduction earthquakes and stress interaction between the southern San Andreas and nearby thrust and strike-slip faults. *J. Geophys. Res.*, Vol. 109, B02303, doi:10.1029/2003JB002607.

Necioğlu, A., 1999. Determination of crustal and upper mantle structure between Iran and Turkey from the dispersion of Rayleigh waves. *Journal of the Balkan Geophysical Society*, Vol. 2, No 4, 139-150.

Toda, S., Stein, R.S., Dinger, K.R. and Bozkurt, S.B., 2005. Forecasting the evolution of seismicity in southern California: Animations built on earthquake stress transfer. *J. Geophys. Res.*, Vol. 110, B05S16, doi:10.1029/2004JB003415.

Walker, R., Jackson, J. 2002. Offset and evolution of the Gowk fault, S.E. Iran: a major intra-continental strike-slip system. *Journal of Structural Geology*, 24, 1677-1698.

Wells, D.L. and Coppersmith, K.J., 1994. New Empirical Relationships among Magnitude, Rupture Length, Rupture Width, Rupture Area, and Surface Displacement, *Bull. Seism. Soc. Am.*, Vol. 84, No. 4, pp. 974-1002.



## Hız Modellerinin Küçük-Orta Büyüklükteki Depremlerin Moment Tensör Çözümlerine Etkisi

### *Effect of Velocity Models on Moment Tensor Solutions of Small-Moderate Earthquakes*

**Burçin Didem Tamtaş, Eşref Yalçınkaya, Ethem Görgün**

*<sup>1</sup>Jeofizik Müh. Bölümü, İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa, Avcılar  
(burcin.tamtaş@istanbul.edu.tr)*

**Öz:** Depremlerin moment tensör çözümleri, tektonik hareketleri analiz etmek, jeolojik geçmişleri daha iyi anlamak, kabuktaki gerilme alanlarını tahmin etmek, potansiyel fay sistemini belirlemek ve yıkıcı depremlerin potansiyel yerlerini tahmin etmek için önemli bilgiler sağlar. Moment tensör çözümünün başarısındaki en önemli etkenlerden birisi kullanılan hız modelinin doğruluğudur. Bu çalışmada, farklı hız modellerinin küçük ve orta büyüklükteki depremlerin moment tensör analizleri üzerindeki etkileri test edilmiştir. Ayvacık bölgesinde meydana gelen ve büyüklüğü  $2.6 \leq M_w \leq 5.3$  arasında değişen depremlere ait veriler kullanılmıştır. Moment tensör analizleri ISOLA yazılımı ile yapılmıştır. Moment tensör çözümlerinin kalitesini gösteren en önemli parametrelerden biri olan VR (Variance Reduction) değerleri incelendiğinde; üç hız modeli için de hem orta büyüklükteki depremlere hem de küçük depremlere ait çözümlerde yüksek VR değerleri elde edildiği görülmüştür. Orta büyüklükteki depremlere ait çözümlerde doğrultu, eğim ve kayma açıları karşılaştırıldığında tüm hız modelleri için hemen hemen aynı sonuçlar sağlanmıştır. Küçük depremlerin çözümlerindeki doğrultu, eğim ve kayma açıları ise birbirine yakın değerlerden oluşmaktadır. Farklı hız modelleri ile yapılan analizler sonucunda, analiz edilen olayın frekansı arttıkça kullanılan kabuk modelinin de öneminin arttığı görülmüştür. Yüksek frekanslar kabuk hız modeline oldukça duyarlı iken düşük frekanslı olaylar hız modelinden nispeten daha az etkilenmektedirler.

**Anahtar Kelimeler:** Ayvacık depremleri, dalga formu ters çözümü, hız modeli, ISOLA, moment tensör analizi

**Abstract:** Moment tensor solutions of earthquakes provide important information to analyze tectonic movements, to understand the geological backgrounds better, to estimate the stress area in the crust, to determine the potential fault system, to predict the potential locations of the devastating earthquakes. The accuracy of the velocity model is one of the most important factors for the success of the moment tensor solution. In this study, the effects of different velocity models on moment tensor analysis of small-moderate earthquakes were determined. Data belong to earthquakes, which have the magnitudes changing between  $2.6 \leq M_w \leq 5.3$  and occurred in Ayvacık region, were used for analysis. Moment tensor analysis was performed by using ISOLA software. By examining the VR values, which are one of the most important parameters showing the quality of the moment tensor solutions, it can be noted that high VR values were obtained for both small and moderate earthquakes. Comparing the results of

moderate earthquakes, almost same strike, dip and rake angles were obtained for all velocity models. The strike, dip and rake angles of small earthquakes are close to each other. As a result of analyzes for different velocity models, by increasing the frequency of the event, the importance of the velocity model increases. Since high frequencies are highly sensitive to the velocity, the velocity relatively less affects low frequency events.

**Keywords:** Ayvacık earthquakes, ISOLA, moment tensor analysis, velocity model, waveform inversion

## GİRİŞ

Depremlerin kaynak mekanizmalarının tektonik unsurlarla ve gerilme alanları ile ilişkisi sismolojinin başlıca araştırma konularından biridir. Kaynak mekanizmalarının belirlenmesi için çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. Bunlardan biri de moment tensör analizi yöntemidir. Depremlerin moment tensör çözümleri, tektonik hareketleri analiz etmek, jeolojik geçmişleri daha iyi anlamak, kabuktaki gerilme alanlarını tahmin etmek, potansiyel fay sistemini belirlemek ve yıkıcı depremlerin potansiyel yerlerini tahmin etmek için önemli bilgiler sağlar. Bu yöntemde amaç, sismik moment tensör ile temsil edilen deprem kaynağının, büyüklüğünü ve faylanma parametrelerini dalga formu ters çözümlemesi ile belirlemektir. Moment tensör çözümlerinin başarısı temel olarak hız modelinin doğruluğuna dayanır. Bu çalışmada, kabuk hız modellerinin moment tensör çözümleri üzerindeki etkisini araştırmak amacıyla daha önceki çalışmalardan elde edilen farklı hız modelleri test edilmiştir (Tablo 1). Bunun için Ayvacık bölgesinde meydana gelen ve büyüklüğü  $2.6 \leq Mw \leq 5.3$  arasında değişen depremlere ait veriler kullanılmıştır.

## VERİ VE METOD

Çalışmada, Ayvacık bölgesinde meydana gelen ve büyüklüğü  $2.6 \leq Mw \leq 5.3$  arasında değişen depremlere ait dalga formu verileri kullanılmıştır. Veriler, Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü'nden elde edilmiştir. Kabuk hız modellerinin, moment tensör çözümlerine etkisi-

ni araştırmak için daha önceki çalışmalardan elde edilen üç farklı hız modeli kullanılmıştır (Tablo1). Bunlar: Akyol (2006), Kalafat (1984) ve Özalaybey (2002) hız modelleridir. Hız modellerini test etmek için, Fortran programlama dilinde yazılmış ve Matlab üzerinde çalışan ISOLA (Sokos ve Zahradnik, 2008) moment tensör analizi programı kullanılmıştır. ISOLA sismik moment tensör analizi programı, Kikuchi ve Kanamori (1991) tarafından telesismik (uzak alan) dalga şekillerinin modellenmesi amacıyla geliştirilen yinelemeli dekonvolüsyon yönteminin benzeridir. Tekil ve çoğul kaynak kullanan bir ters çözüm algoritmasıdır. Kikuchi ve Kanamori yönteminden farklı olarak lokal ve bölgesel depremler için geliştirilmiştir. Tüm dalga alanını kullanır. Ters çözüm süreci, her bir istasyondaki yer değiştirme verisi için Green fonksiyonunun hesaplanması ile başlar ve yinelemeli dekonvolüsyon yöntemi kullanılarak gerçekleştirilir. Green fonksiyonları, Bouchon (1981) tarafından tanımlanmış “ayrık dalga sayısı yöntemi” kullanılarak hesaplanır. Kabuk yapısı ve hız modeli Green fonksiyonunun hesaplanmasında önemli rol oynar (Sokos ve Zahradnik, 2013).

Çalışma kapsamında, farklı hız modelleri ile elde edilen moment tensör çözümleri karşılaştırılmış ve hız modellerinin çözümler üzerindeki etkisi tartışılmıştır. Çözümlerin kalitesini belirlemek için Variance Reduction (VR), Condition Number (CN), Focal Mechanism Variability (FMVAR) ve Space Time Variability (STVAR) gibi parametreler kullanılmıştır. Bu parametrelerden en önemlisi,



sentetik veri ile gözlemsel verinin arasındaki dalga formu uyumunu gösteren variance reduction (VR)'dir. Her bir yineleme için hesaplanan varyans değerleri (VR), yapılan bu yinelemelerden hangisinin daha az hataya sahip olduğunu seçilmesine yardımcı olur.

## BULGULAR

Üç farklı hız modeli kullanılarak elde edilen küçük ve orta büyüklükteki depremlere ait örnek moment tensör çözümleri Tablo 2'de gösterilmiştir. Çözümlerin kalitesini kontrol etmek için öncelikle en önemli parametrelerden biri olan VR değerleri karşılaştırılmıştır. Buna göre; üç hız modeli için de hem orta büyüklükteki depremlere hem de küçük depremlere ait çözümlerde yüksek VR değerleri elde edilmiştir. Hız modellerine göre VR

değerleri ayrı ayrı ele alındığında Özalaybey (2002) hız modeli ile daha yüksek VR değerine sahip çözümler elde edildiği görülmektedir. Kalafat (1987) hız modeli ile ise diğer hız modellerinden daha düşük VR değerine sahip çözümler elde edilmiştir. Orta büyüklükteki depremlere ait moment tensör çözümlerinde Kalafat (1987) hız modeli ile elde edilen moment magnitud büyüklüğü genellikle depremin büyüklüğünden ortalama 0.1 birim daha küçük bulunmuştur. Dolayısıyla çözümlerdeki sismik moment değerleri de diğer hız modellerine göre daha küçüktür.

Tablo 1. Kabuk Hız Modelleri

Akyol(2006)		Kalafat(1987)		Özalaybey (2002)	
Derinlik(km)	Vp(km/s)	Derinlik(km)	Vp(km/s)	Derinlik(km)	Vp(km/s)
0.0 -1.5	4.73	0.00	4.5	0	2.9
1.5 - 3.0	5.06	5.40	5.91	1	5.7
3.0 - 5.0	5.84	31.60	7.8	6	6.1
5.0 - 15.0	6.00	89.20	8.3	20	6.8
15.0 - 21.0	6.25			33	8.05
21.0 - 29.0	6.43				
29.0 - <sup>a</sup>	7.80				

Tablo 2. Farklı hız modelleriyle elde edilen moment tensör çözümlerine ait parametreler

Hız Modelleri	Tarih	Zaman	M <sub>w</sub>	Centroid Depth	Strike (°)	Dip(°)	Rake(°)	Strike (°)	Dip(°)	Rake(°)	M <sub>0</sub> (Nm)	VR	CN	FMVAR	STVAR
Akyol 2006	06.02.2017	03:51:39	5.3	5.4	118	51	-93	302	39	-87	9.64E+16	0.85	3.1	49±39	0.01
Kalafat et al., 1987	06.02.2017	03:51:39	5.2	6.5	116	51	-95	303	39	-84	7.50E+16	0.84	2.7	55±41	0.01
Özalaybey et al., 2002	06.02.2017	03:51:39	5.3	5.4	120	46	-91	301	44	-89	1.01E+17	0.86	2.7	43±40	0.01
Akyol 2006	06.02.2017	10:58:01	5.1	7.6	119	40	-90	298	50	-90	5.02E+16	0.84	3.4	47±44	0.01
Kalafat et al., 1987	06.02.2017	10:58:01	5.0	7.6	115	42	-95	302	48	-86	3.34E+16	0.77	3.1	53±44	0.01
Özalaybey et al., 2002	06.02.2017	10:58:01	5.1	7.6	112	41	-98	303	49	-83	5.30E+16	0.89	3.4	54±44	0.01
Akyol 2006	07.02.2017	02:24:02	5.3	8.7	114	43	-86	288	47	-94	1.04E+17	0.89	2.3	53±45	0.01
Kalafat et al., 1987	07.02.2017	02:24:02	5.2	8.7	113	43	-88	290	47	-92	7.70E+16	0.8	2.5	45±47	0.01
Özalaybey et al., 2002	07.02.2017	02:24:02	5.3	8.7	114	43	-85	288	47	-94	1.04E+17	0.85	2.3	46±44	0.01
Akyol 2006	12.02.2017	13:48:15	5.2	6.5	310	56	-64	88	42	-124	7.97E+16	0.76	3.4	48±37	0.01
Kalafat et al., 1987	12.02.2017	13:48:15	5.1	7.6	308	54	-65	89	43	-121	6.18E+16	0.75	3.5	47±39	0.01
Özalaybey et al., 2002	12.02.2017	13:48:15	5.2	7.6	307	56	-66	89	41	-121	8.29E+16	0.79	3.3	53±38	0.01
Akyol 2006	06.02.2017	07:40:27	3.2	6.5	328	41	-43	93	63	-123	7.67E+13	0.68	4.3	67±41	0.02
Kalafat et al., 1987	06.02.2017	07:40:27	3.1	9.8	270	24	-74	73	67	-97	5.59E+13	0.62	5.4	49±36	0.02
Özalaybey et al., 2002	06.02.2017	07:40:27	3.2	6.5	325	40	-47	95	62	-120	6.88E+13	0.74	4.1	66±42	0.02
Akyol 2006	21.08.2017	13:06:18	2.6	12	126	42	-90	306	48	-90	1.04E+13	0.84	5	4±2	0.01
Kalafat et al., 1987	21.08.2017	13:06:18	2.6	12	122	44	-92	305	46	-88	9.21E+12	0.81	5.3	2±3	0.01
Özalaybey et al., 2002	21.08.2017	13:06:18	2.6	12	125	42	-95	311	49	-86	9.65E+12	0.84	5.4	3±3	0.01
Akyol 2006	04.09.2017	01:20:38	2.6	14.2	294	36	-68	87	57	-105	1.02E+13	0.76	3	38±41	0.01
Kalafat et al., 1987	04.09.2017	01:20:38	2.6	15.3	292	35	-68	86	58	-105	1.02E+13	0.74	3.4	17±25	0.01
Özalaybey et al., 2002	04.09.2017	01:20:38	2.6	15.3	299	36	-60	83	60	-110	9.68E+12	0.77	3.2	26±37	0.01
Akyol 2006	12.04.2017	21:37:45	2.8	9.8	296	61	-72	83	33	-119	1.69E+13	0.86	3.2	18±20	0.01
Kalafat et al., 1987	12.04.2017	21:37:45	2.7	10.9	281	60	-79	79	32	-109	1.50E+13	0.85	3	19±12	0.01
Özalaybey et al., 2002	12.04.2017	21:37:45	2.7	9.8	288	61	-76	81	31	-113	1.56E+13	0.9	3.2	15±11	0.01
Akyol 2006	08.09.2017	18:33:40	2.6	12	309	70	-65	76	32	-139	1.11E+13	0.72	3.1	29±34	0.02
Kalafat et al., 1987	08.09.2017	18:33:40	2.6	12	303	65	-69	81	32	-127	9.64E+12	0.65	2.9	12±21	0.01
Özalaybey et al., 2002	08.09.2017	18:33:40	2.7	15.3	315	69	-62	79	35	-140	1.37E+13	0.75	3	13±22	0.01

Doğrultu, eğim ve kayma açıları karşılaştırıldığında, orta büyüklükteki depremlere ait çözümlerde, tüm hız modelleri ile hemen hemen aynı sonuçlar sağlanmıştır. Küçük depremlerin çözümlerindeki doğrultu, eğim ve kayma açıları ise birbirine yakın değerlerden oluşmaktadır.

## SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada, farklı kabuk hız modellerinin Ayvacık bölgesinde meydana gelen orta ve küçük depremlerin moment tensör çözümlerindeki etkisi araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar Tablo 2’de gösterilmiştir. Üç farklı hız modeli test edilmiştir. Bunlar; Akyol (2006), Kalafat (1984) ve Özalaybey (2002) hız modelleridir. Tüm kabuk modelleriyle elde edilen moment tensör çözümleri, bölgenin sismotektonik yapısıyla uyumludur. Moment

tensör çözümlerinin kalitesini gösteren CN ve FMVAR değerleri, tüm kabuk modelleri için karşılaştırıldığında birbirine yakın değerler elde edildiği görülmüştür. En önemli parametrelerden biri olan VR değerleri incelendiğinde ise üç hız modeli için de hem orta büyüklükteki depremlere hem de küçük depremlere ait çözümlerde yüksek VR değerleri elde edildiği görülmüştür. Özalaybey (2002) hız modeli ile nispeten daha yüksek VR değerleri bulunmuştur. En düşük VR değerleri Kalafat (1987) ile elde edilmiştir. Ayrıca bu hız modeli ile moment magnitüd değeri yaklaşık 0.1 birim daha küçük bulunmuş ve dolayısıyla diğer hız modellerine göre daha küçük sismik moment değerleri hesaplanmıştır. Orta büyüklükteki depremlere ait odak mekanizması parametreleri incelendiğinde, tüm hız modellerinde hemen hemen aynı sonuçların bulunduğu görülmüştür. Küçük depremlerde

ise doğrultu, eğim ve kayma açıları birbirine yakın değerlerden oluşmaktadır. Çözümler incelendiğinde görülmektedir ki analiz edilen olayın frekansı arttıkça kullanılan kabuk modelinin de önemi artmaktadır. Yüksek frekanslar kabuk hız modeline oldukça duyarlı iken düşük frekanslı olaylar hız modelinden nispeten daha az etkilenmektedirler. Özellikle az sayıda istasyona ait kayıtların kullanılabilirdiği küçük depremlerde kabuk modeli daha da önem kazanmaktadır.

## KAYNAKLAR

Akyol, N., Zhu, L. Mitchell, B. J., Sözbilir, H. ve Kekovalı, K.,2006. Crustal structure and local seismicity in western Anatolia. *Geophysical Journal International*, 166(3):1259-1269.

Kalafat, D., Gürbüz, C.,Üçer, B., 1987. Batı Türkiye’de Kabuk ve Üst Manto Yapısının Araştırılması, *Deprem Araştırma Bülteni* 59, 43-64.

Kikuchi, M., Kanamori H., 1991. Inversion of complex body waves – III. *Bulletin of the Seismological Society of America* 81. 2335-2350.

Özalaybey, S., Ergin, M., Aktar, M., Tapırdamaz, C., Biçmen, F., Yörük, A., 2002. The 1999 İzmit earthquake sequence in Turkey:- seismological and tectonic aspects. *Bulletin of the Seismological Society of America* .92, 376-386.

Sokos, E. and Zahradnik, J.,2008. ISOLA A Fortran code and a Matlab GUI to perform multiple-point source inversion of seismic data, *Computers & Geosciences*, 34, 967 – 977.

Sokos, E. and Zahradnik, J., 2013. Evaluating centroid-moment-tensor uncertainty in the new version of ISOLA software. *Seismological Research Letters*.

Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü Bölgesel Deprem-Tsunami İzleme ve Değerlendirme Merkezi, <http://www.koeri.boun.edu.tr/sismo/2/deprem-verileri/sayisal-veriler/>, 15 Ekim 2018.



## Microtremor Array Explorations and Earthquake Simulation Studies in Western Marmara Region, Turkey

*Batı Marmara 'da Mikrotremör Dizilim Araştırmaları ve Deprem Simülasyon Çalışmaları*

Özlem Karagöz<sup>1</sup>, Kosuke Chimoto<sup>2</sup>, Hiroaki Yamanaka<sup>2</sup>, Oğuz Özel<sup>3</sup>,  
Seçkin Özgür Çıtak<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Department of Geophysical Engineering, Canakkale Onsekiz Mart University, Canakkale, Turkey

<sup>2</sup>Department of Environmental Science and Technology, Tokyo Institute of Technology, Tokyo, Japan

<sup>3</sup>Department of Geophysical Engineering, Istanbul University, Istanbul, Turkey

<sup>4</sup>Earthquake and Tsunami Forecasting System Research Group R&D Center for Earthquake and Tsunami (CEAT), Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology (JAMSTEC), Tokyo, Japan

(ozlemkaragoz@comu.edu.tr)

**Abstract :** In this study, we defined the 1D S-wave velocity structure from surface to Moho by microtremor array explorations for shallow-soil and the surface wave group velocity dispersions obtained from the ground motion of the 2014 Gokceada (Mw 6.9) mainshock were used to determine horizontal deep layers in different azimuthal directions. To validate the determined 1D shallow and deep S-wave velocity models, the broadband ground motions (0.1-10 Hz) of the 2014 Gokceada mainshock was simulated based on numerical Discrete Wave Number Method at 12 strong ground motion stations operated by Disaster and Emergency Management Authority, Republic of Turkey (AFAD) in different azimuthal directions in the Western Marmara region. In order to investigate the characteristic of the ground motions in the Western Marmara region, 1D deterministic numerical simulation of an expected Marmara Sea scenario (Mw 7.5) earthquake was done.

**Keywords:** 1D ground motion simulation, 2014 Gokceada Earthquake, discrete wave number method, microtremor SPAC array exploration, surface wave group velocity dispersion analysis, Western Marmara region.

**Öz :** Bu çalışmada yüzeyden Moho'ya kadar olan 1B S-dalgası hız yapısı, sığ-zemin yapısı için mikrotremör dizilim araştırmalarıyla ve farklı azimutal yönlerdeki yatay derin tabakalar ise 2014 Gökçeada (Mw 6.9) ana-şok kayıtlarından elde edilen yüzey dalgası grup hızlarının dispersiyonlarını kullanarak tanımladık. Tanımlanan 1B sığ ve derin S-dalgası hız modelleri, 2014 Gökçeada Depremi ana-şok geniş-bantlı yer hareketlerinin (0.1-10 Hz) batı Marmara bölgesinin'deki AFAD tarafından işletilmekte olan farklı yönlerdeki 12 kuvvetli yer hareketi istasyonlarındaki nümerik Ayrık-Dalga Sayısı Yöntemi simülasyonu ile doğrulanmıştır. Batı Marmara Bölgesindeki yer hareketlerinin özelliklerinin araştırılması için beklenen Marmara

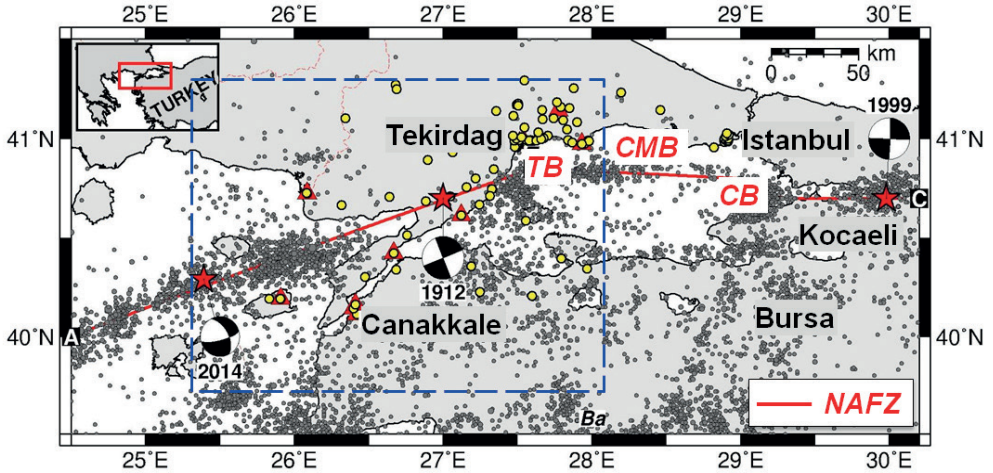
senaryo (Mw 7.5) depremlerinin 1B nümerik simülasyonları yapılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** 1B yer hareketi simülasyonu, 2014 Gökçeada Depremi, ayrık-dalga sayısı yöntemi, Batı Marmara bölgesi, microtremor SPAC dizilim araştırması, yüzey dalgası grup hızı dispersiyonu.

## INTRODUCTION

The Marmara Region covers a rapidly growing part of Turkey and encompasses the main financial and industrial centers, including Istanbul which is one of the most populated cities in the world. Historical records show that destructive earthquakes frequently visit the region. In the last century, 9 August 1912 Murefte (Mw 7.3) earthquake occurred in the western while 17 August 1999 Kocaeli (Mw 7.4) occurred in the eastern parts of the region (Figure 1). The Gokceada earthquake (24 May 2014, Mw 6.9) also affected the west of the region that we studied. Future destructive earthquake scenario studies in the region have also been still investigated by researchers.

This study is one of the parts of a comprehensive multidisciplinary research project between Turkish and Japanese institutions. The “Earthquake and Tsunami Disaster Mitigation in the Marmara Region and Disaster Education in Turkey (MARDiM)” project has been done between 1 May 2013 - 30 April 2018. The project was conducted in the framework of “Science and Technology Research Partnership for Sustainable Development (SATREPS)” sponsored by Japan Science and Technology Agency (JST) and Japan International Cooperation Agency (JICA). The project was coordinated by Bogazici University Kandilli Observatory and Earthquake Research Institute (BU KOERI) and Japan Agency for Marine-Earth Science and Tech-



**Figure 1.** Seismicity map of the Marmara Region. Red triangles and yellow circles show AFAD strong ground motion stations and microtremor array locations, respectively used in this study. Gray circles represent the earthquakes with magnitude  $3.0 \leq M \leq 7.5$  recorded by KOERI between 1970 and 2016 August; red stars show large earthquakes in the last century with the focal mechanism solution. NAF: North Anatolian Fault (red line); blue rectangle shows the study area. TB: Tekirdag Basin; CMB: Central Marmara Basin; CB: Çınarcık Basin.

nology (JAMSTEC) and was carried out by 22 different institutions and universities. It was also supported by Ministry of Development of the Republic of Turkey.

The project was focused on different methods and practices for disaster mitigation for Marmara Region. One of the main research fields of the project was determination of the deep and shallow velocity structure for 'seismic characterization and damage prediction' that aims to improve the prediction accuracy of the estimation of the damages induced by strong ground motions.

## **DATA AND METHODOLOGY**

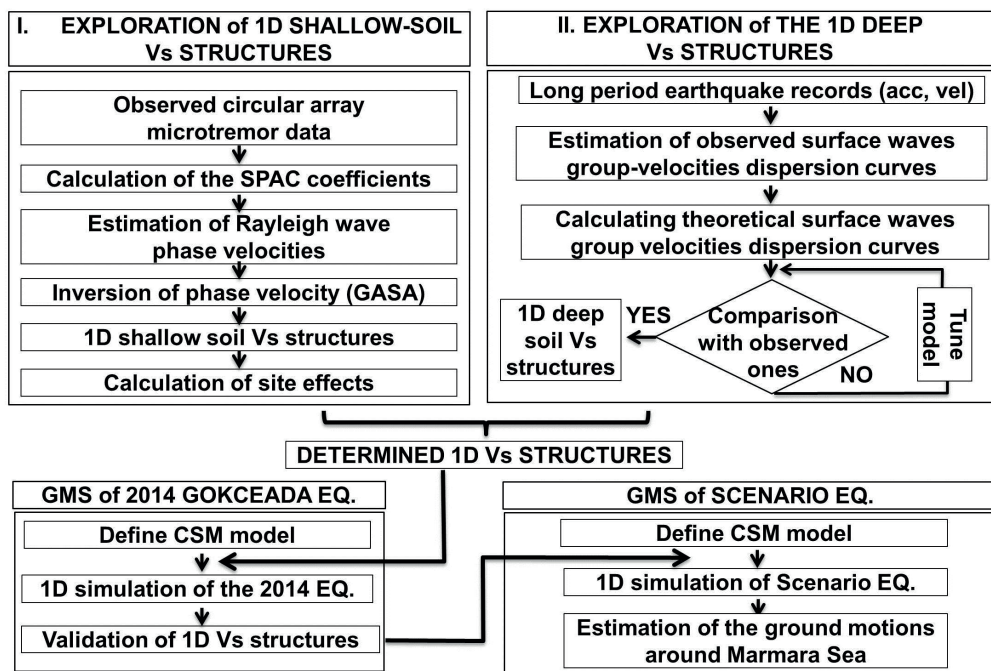
One of the important points for local seismic hazard studies is the definition of 1D S-wave velocity (Vs) structure from the surface to the seismic or engineering bedrock. This is necessary to know site responses to estimate ground motions impact of the buildings. The local geology significantly modifies ground motion characters and controls the irregular distribution of damage observed during large earthquakes. Therefore, shallow low-velocity layers are responsible for variation of earthquake ground motion amplification at a site. Heterogeneity of the soil structures, velocity impedance differences between layers, resonant effects, irregular topography of the layers beneath a basin, effect of the surface topography, nonlinear soil behavior, fault geometry and lateral variation of Vs causes variation of earthquake ground motion amplifications. It is important to estimate Vs structure in near surface layers for estimating strong motion characteristics during an earthquake. One-dimensional (1D) soil profile can be obtained by different geophysical methods, using earthquake data or ambient noise recording to retrieve the vertical soil structure as well as borehole logging. The 1D assumption of the soil structure is widely accepted and easy to implement. Array exploration of

microtremors has been gaining much popularity in 1D Vs profiling, because estimation of Vs structure requires only a simple circular array with a few seismometers. If the microtremors are recorded by vertical sensors, they are often regarded to have the dispersive characteristics of Rayleigh waves. Additionally, surface wave group velocity dispersion curves from ground motions of an earthquake can be used to determine the horizontal 1D velocity structures for deep sediments and earth's crust from focal layer to the engineering bedrock or seismic bedrock beneath a site. If there is no detailed 3D velocity information for a region, determining approximate 1D velocity structure helps to generate more reliable simulation results for seismic hazard studies (Figure 2).

Seismic hazard studies have become important for earthquake engineering applications. The most important key for assessing and mitigation of earthquake disaster is prediction of ground motion as close as real one. It is the first step to reduce casualties and collapse buildings before an earthquake for damage assessment. Deterministic numerical ground motion prediction generally has two processes. First, simulate ground motion on seismic or engineering bedrock. For this aim, we use source information and crustal velocity structure. These are called source and path effects. After determining waveform on seismic/engineering bedrock, we can calculate surface motion by multiplying bedrock motion with site amplification factor at each frequency in the frequency domain for evaluating of soil effect in sediments. Finally, surface motion in the time domain is obtained by applying inverse Fourier transform.

In this study, the characteristic of ground motions was investigated using 1D numerical simulation based on discrete number method (Bouchon and Aki, 1977; Bouchon, 1979) in the western Marmara Region. First, 1D





**Figure 2.** Flowchart of the study. GMS: Ground Motion Simulation, CSM: Characteristic Source Model

Vs structures of shallow sedimentary layers down to the engineering bedrock were explored by applying short-period microtremor Spatial Autocorrelation (SPAC) array measurements (Aki, 1957; Okada, 2003) on the different geological units in Istanbul (Zeytinburnu), Tekirdag and surrounding area between 2013 and 2015 (Figure 1, 2). Then 1D deep velocity structures determined by using multiple filter method (Dziewonski, 1969) from the engineering bedrock to Moho beneath the 12 strong ground motion stations operated by Disaster and Emergency Management Authority, Republic of Turkey (AFAD) in different azimuthal directions by comparing theoretical surface wave group velocity dispersion curves with the observed ones of the latest 2014 Gokceada (Mw 6.9) mainshock' seismograms. This approach is provided to determine effectively the Vs velocities and

thickness of the layers in the upper 4-5 km part of the crust. The third part of this study is to validate the integrated 1D crustal velocity structures from the surface to Moho and to model ground motions of the 2014 Gokceada mainshock. Its broadband (0.1-10 Hz) ground motions were simulated with a characterized source model and the 1D shallow and deep subsurface Vs structures.

After evaluation of the 1D velocity structures in the study area, scenario earthquakes in Marmara Sea (Mw 7.5) were simulated to understand the characteristic of the ground motions for historical and for excepted damage assessments. For the scenario earthquake characteristic source model was defined by using sea floor observations in the Marmara Sea by the MARDiM project team and Irikura and Miyake (2011) recipe (Figure 2).

## CONCLUSION

This study presents an approach for the first trial estimation of the 1D Vs structure from the surface to Moho in the western Marmara Region. The site response analysis with defined 1D Vs profile the shallow soils and the surface wave group velocity dispersion curve analysis for the 1D deep Vs profiles were applied. 1D deterministic numerical simulation was also used to validate the shallow and deep velocity structure for seismic wave propagation of the 2014 Gökçeada Earthquake.

The results provide the 1D Vs structure models for different azimuthal directions at the strong motion stations to calculate reliable synthetic ground motions of the 2014 Gokceada earthquake. Our deterministic numerical 1D simulation well regenerated the high frequency parts of the waveforms at most of the stations. These subsurface models can be effectively used in prediction of strong ground motion due to future large earthquake along the NAFZ in the Marmara Sea. The expected scenario earthquake was simulated to present estimated ground motions levels around Marmara Region for damage assessment studies.

## ACKNOWLEDGEMENTS

We would like to express deep gratitude to the Japan Ministry of Education, Culture, Sport, Science, and Technology (MEXT), Japan Science and Technology Agency (JST) and Japan International Cooperation Agency (JICA) for the financial supports of the SATREPS-MARDiM Project. We would like to thank for AFAD and KOERI-RETMC for available strong motion and regional earthquake database, respectively.

## REFERENCES

Aki, K., 1957. Space and time spectra of stationary stochastic waves, with special reference to microtremors. *BERI*, 35, 415-456.

Bouchon M., Aki K., 1977. Discrete Wave number Representation of Seismic Source Wave Fields. *BSSA*, 67, 259-277.

Bouchon M., 1979. Discrete Wavenumber Representation of Elastic Wave Fields in Three-space Dimensions. *JGR*, 84, 3609-3614.

Dziewonski A, Bloch S, Landisman M., 1969. A technique for analysis of transient seismic signals. *BSSA* 59, 427-444.

Irikura K., Miyake H., 2011. Recipe for predicting strong ground motion from crustal earthquake scenarios. *Pure Appl Geophys* 168, 85-104. doi:10.1007/s00024-010-0150-9.

Okada H., 2003. The microtremor survey method. *Geoph. Monog. Series. SEG*, 12,.





**SONDAJ YÖNTEMLERİ VE TEKNOLOJİSİ**  
**/ DRILLING METHODS AND ITS TECHNOLOGY**  
Celalettin ŞİMŞEK - Mehmet Ruhi AKÇIL - Traugott SCHEYTT

---

**Sözlü Sunumlar/*Oral Presentations***

---

***TAM METİN BİLDİRİLER/***  
***PROCEEDINGS***





## Offshore Drilling Platforms

### *Offshore Sondaj Platformları*

**Özgür Özgüç**

*Istanbul Technical University, Faculty of Naval Architecture and Ocean Engineering,  
Maslak, Istanbul, Turkey*

*(ozguco@itu.edu.tr)*

**Abstract:** Offshore drilling platform is a large structure with facilities for well drilling to explore, extract, store and process natural gas and oil that lies in rock formations beneath the seabed. If geological predictions based on seismic surveys show that a particular offshore area offer promising prospects for finding oil and gas, a well is drilled to examine these predictions. These drilling operations are carried out from a Mobile Offshore Drilling Unit (MODU). Depending on the water depth and remoteness of the location, these platforms may be jack-ups, semi-submersibles, or drill-ships. Jack-ups are bottom-supported units; semi-submersibles and drill-ships are floating units. For drilling from the floating position, the semi mobile offshore drilling unit has become the unit of choice with good stability and seakeeping characteristics. A column-stabilized drilling unit is a floating structure that can be relocated which normally consists of a deck box with a number of widely spaced, large diameter, supporting columns that are attached to submerged pontoons. The aim of this work is to provide the requirements and guidance for the structural design of column-stabilized drilling units, where constructed in steel. The suitability of a column-stabilized rig is dependent on the environmental conditions in the area of the intended operation. A drilling unit may be intended for worldwide operation or operation in a specific region. Further, this work describes the structural application categories based on structural significance, consequences of failure, the complexity of the joints and inspection principles to be applied in design and construction of column-stabilized drilling rigs. Limiting design criteria modes of drilling operation are also accounted for.

**Keywords:** Structural categorization, offshore drilling, offshore rig design, offshore exploration

**Öz:** Açık deniz yapıları (offshore) sondaj platformu, deniz dibinin altındaki kaya oluşumlarında yer alan doğal gaz ve petrolün araştırılması, çıkartılması, depolanması ve işlenmesi için sondaj çalışmalarını yapan büyük bir yapıdır. Sismik araştırmalara dayanan jeolojik tahminler, belirli bir açık deniz alanının petrol ve doğal gaz bulmak için umut verici beklentileri gösteriyorsa, bu tahminleri incelemek için bir kuyu açılır. Bu sondaj işlemleri, bir Mobil Açık Deniz Sondaj Ünitesi (MODU) ile gerçekleştirilir. Su derinliği ve lokasyonun uzaklığına bağlı olarak, bu platformlar jack-up veya yarı-batık veya sondaj gemileri olabilir. Jack-ups alt destekli birimlerdir; yarı-batık ve sondaj gemileri yüzer birimlerdir. Yüzer konumdan sondaj için, yarı mobil açık deniz sondaj ünitesi, iyi stabilite ve deniz tutma özelliklerine sahip bir seçim haline gelmiştir. Kolon-stabilize edilmiş bir delme ünitesi, normal olarak, suya batmış pontonlara tutturulan, geniş aralıklı, geniş çaplı, destekleyici kolonların bulunduğu bir güverte

kutusundan oluşan bir yer değiştirebilen yüzer bir yapıdır. Bu çalışmanın amacı, çelik konstrüksiyonun yapıldığı kolon-stabilize sondaj ünitelerinin yapısal tasarımı için gereklilikleri ve detayları sağlamaktır. Kolon stabilize edilmiş bir teçhizatın uygunluğu, amaçlanan operasyon alanındaki çevresel koşullara bağlıdır. Bir delme ünitesi, dünya çapında operasyon veya belirli bir bölgede operasyon için tasarlanabilir. Ayrıca, bu çalışma yapısal önemlilikler, başarısızlık sonuçları, eklemlerin karmaşıklığı ve kolon stabilize sondaj kulelerinin tasarımı ve yapımında uygulanacak muayene prensiplerine dayanan yapısal uygulama kategorilerini anlatmaktadır. Tasarım kriterlerinin sınırlandırılması sondaj işleminin modları için de ayrıca geçerlidir.

**Anahtar Kelimeler:** Offshore sondaj, offshore platform tasarımı, offshore keşif, yapısal sınıflandırma

## INTRODUCTION

Many of the world's potential reserves of hydrocarbons lie beneath the sea, and the hydrocarbon industry has developed techniques suited to conditions found in the offshore, both to find oil and gas and to successfully produce it. Modern and advanced drilling techniques and methods have increased Companies' ability to find hydrocarbons and the speed at which their projects are developed. (DNVGL-OS-E101).

Mobile Offshore Drilling Units are units that are designed to be used in the exploration and drilling operations of oil and gas. These are large vessels that carry out the operation of exploring and exploiting of natural resources found deep below the sea-bed. They include semi-submersibles, drilling vessels, jack-ups, and ultra deep-water units, etc. Most of the offshore exploration wells, deep-water wells and development wells are drilled using these units (DNVGL-OS-C101).

A Semisubmersible Drilling Rig is a nautical vessel that is mobile in nature and can be floated to a mobile location to perform offshore drilling activities. During drilling operations the rig is supported by large pontoons submerged in the water. The deck is connected and supported by large diameter buoyant columns at the corners and small intermediate columns that are connected to the pontoons (DNVGL-OS-C103).

The semisubmersible drilling rigs are also known as anchored or moored semisubmersible and can drill in water depths up to 1500 meters and dynamic positioning semisubmersibles can drill beyond water depths of 6000 meters. A semisubmersible is a MODU designed with a platform-type deck that contains drilling equipment and other machinery supported by pontoon-type columns that are submerged into the water. Another type of drilling rig that can drill in ultra-deep waters, drillships are capable of holding more equipment; but semisubmersibles are chosen for their stability (DNVGL-RU-OU-0300).

Each platform/rig type is chosen mainly due to water depth considerations, and due to the deck equipment necessary to perform its service. The jack-up platforms may be used in relatively shallow water depths up to 150 m. The fixed template (jacket) platforms vary in size and height, and can be used in water depths up to about 300 meters, although most commonly in water depths less than 150 meters (DNVGL-RP-C103). The semi-submersible platforms/rigs are used in water depths up to 1800 meters. Since the selection of drilling rig and petroleum platform type depend on the seawater depth in which the oil/gas fields are situated, the following solutions are provided for oil/gas fields considering the environment conditions and seawater depths.

## STRUCTURAL CATEGORISATION

The structural application categories are determined based on the structural significance, consequences of failure and the complexity of the joints. The structural application category set the selection of steel quality and the inspection extent of the welds. The steel grades selected for structural components shall be related to weldability and requirements for toughness properties and shall comply with the requirements in recognized international codes.

Structural members of column-stabilized semi-submersible are grouped as special, primary and secondary category. Special areas are normally considered to be areas utilized more than 85% of the allowable yield capacity (DNVGL-RU-OU-0101).

## OFFSHORE DRILLING OPERATIONS

Drilling starts after the rig has been positioned vertically over the well, by means of mooring or dynamic positioning systems (DNVGL-RU-OU-0294).

The first operation consists in placing on the seabed (by means of a pipe string) of a temporary guide base (a strong steel framework with a central hole which has a tapered inlet at the top, provided with four guidelines and a number of steel pins that become embedded in the seabed and prevent displacement).

The pipe string is then disconnected, leaving only the temporary guide base on the seabed, with the four guidelines that connect with the rig. Now, the drilling phase can begin, so as to place the first casing (the foundation pile) and it is carried out using the circulation of seawater, the cuttings do not rise to the surface but are scattered over the seabed.

The foundation pile is taken down to a depth of a few tens of meters. At this point the

foundation pile is lowered into the hole again using a light frame and the four guidelines. The foundation pile ends with a permanent guide structure, characterized by four tubular columns placed at the apexes, through which run the guidelines.

The four columns serve in the subsequent phases to guide the submarine BOPs to the wellhead with precision. The permanent guide structure contains the housing for the wellhead, to which the successive casings will be anchored.

The subsea wellhead has a different system of flanging and anchoring the casings and it is shaped in such a way as to enable the lock-up of the hydraulic connector to which the BOPs are coupled. Next, the foundation pile is fully cemented by means of a drill string. Once the cement has set, drilling continues, boring the second section of the hole inside the foundation pile, in which the second casing is inserted (DNVGL-OS-E101).

Once the conductor pipe has also been fully cemented, the well has a stable structure and it is possible to install the submarine BOPs as shown in Figure 1. After this drilling continues with the sequence of operations typical of onshore wells.

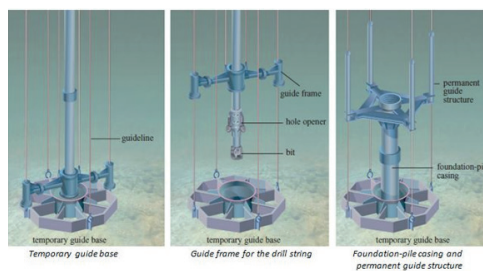


Figure 1. Drilling from floating vessels (DNVGL-RU-OU-0294)

In offshore drilling BOPs have the same function as those used in onshore wells, but are

connected in a single complex (the BOP stack) before being mounted on the wellhead, so as to reduce assembly times at the sea bottom (DNVGL-RU-OU-0294).

They are lodged in a square-section cage structure with female columns at the apexes, into which the male tubular columns of the permanent guide structure fit. The BOP stack is lowered and fastened to the wellhead by means of a hydraulically controlled connection, ensuring hydraulic sealing as shown in Figure 2.

In the event of temporarily abandoning the well because of adverse weather and sea conditions, it is possible to suspend the pipes on the shaped rams of the lower BOP, to unscrew the pipes and to close the well with the upper blind rams – at this point it is possible to disconnect also the marine riser and possibly to abandon the site.

The marine riser can be reconnected when the sea and weather conditions improve. The hydraulic lines controlling the various functions of the BOP stack converge in a connector block, to which is connected the bundle of flexible pipes for their control from the surface. The BOPs can be operated in a similar way to that used in onshore wells, known as the direct system (DNVGL-RU-OU-0294).

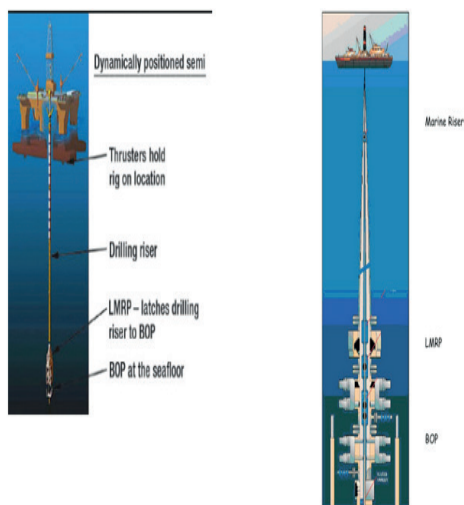


Figure 2. A semi-sub drilling rig and a subsea BOP Stack (DNVGL-RU-OU-0294)

## DISCUSSION AND CONCLUSION

Semi-submersible vessel is majorly used in marine operations carried out in the high seas like oil drilling and production platforms for oil. In addition, Semi-submersible ships are also used as heavy duty cranes. The features and the highlights of the semi-submersible ships and the semi-submersible rigs explained in detail in the article. The semi-submersible vessel was developed because of the need for vessels that could stay afloat and carry out their required functions in the high seas amidst the constant movement of the waves.

One of the most important advantages of a semi-submersible ship is that it helps to haul seemingly large cargo. The cargo carrying area of the semi-submersible ship is submersed under the water with the help of the ballast tanks. After the cargo is fully loaded into the loading area, the loading area (deck) is raised once again out of the water and the semi-submersible ship along with its cargo makes its journey to the specified destination.

## **REFERENCES**

DNV GL Rules for Classification: Offshore Units – Offshore Drilling and Support Units, DNVGL-RU-OU-0101, Edition 2018-07.

DNV GL Rules for Classification: Offshore Units – Modular Systems for Drilling and Well, DNVGL-RU-OU-0294, Edition 2018-07.

DNV GL Rules for Classification: Offshore Units – Fleet in Service, DNVGL-RU-OU-0300, Edition 2018-07.

DNV GL Offshore Standards (OS), Design of Offshore Steel Structures, General – LRFD Method, DNVGL-OS-C101, Edition 2018-07.

DNV GL Offshore Standards (OS), Structural Design of Column Stabilised Units – LRFD Method, DNVGL-OS-C103, Edition 2015-07.

DNV GL Offshore Standards (OS), Drilling Facilities, DNVGL-OS-E101, Edition 2018-01.

DNV GL Recommended Practises (RP), Column-Stabilised Units, DNVGL-RP-C103, Edition 2015-07.





**TIBBİ JEOLJİ / *MEDICAL GEOLOGY***

Nurgül BALCI - Muzaffer METİNTAŞ - Engin TUTKUN - Gürhan YALÇIN - Yusuf URAS

---

***Sözlü Sunumlar/Oral Presentations***

---

***TAM METİN BİLDİRİLER/***

***PROCEEDINGS***





## Çamyuva (Antalya) Plaj Kumlarının Hiyerarşik Dendogram Analizi ve Sağlık Açısından Değerlendirilmesi

### *Hierarchical Dendogram Analysis of Camyuva (Antalya) Beach Sand and Evaluation of Health)*

İremnur Gökdal, Emir Can Özçelik, Özge Özer, M. Gürhan Yalçın

*Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Ana Bilim Dalı  
(Pınarbaşı Mahallesi, Akdeniz Ün., 07070 Konyaaltı/Antalya)*

*(iremnergokdal@gmail.com)*

**Öz:** Çalışma bölgesi olan Çamyuva sahili, Antalya'nın batısında yer almaktadır. Proje alanı içerisinde stratigrafik istif sunan farklı yaş ve özellikte kayalar bulunmaktadır. Bölgede en yaşlı birimin Permian olduğu bilinmektedir. Bu çalışmada Çamyuva sahilindeki plaj kumlarının tane boyu dağılımı belirlenmiş, bu kumlarda yer alan ağır metal içerikleri incelenerek istatistiksel özellikleri ve anomalileri tespit edilmiştir. Çalışma alanından sistematik olarak alınan plaj kumlarının tane boyu dağılımları, kimyasal analizi (XRF) ve istatistiksel değerlendirilmesi yapılmıştır. Hiyerarşik dendogram analizi ile bölgeden alınan numuneler arasındaki gruplanmalar belirlenmiş ve birbirine en çok benzeyen profiller saptanmıştır. SPSS programı kullanılarak belirli lokasyonlardaki numunelerin metal içerikleri arasındaki ilişki ve köken sel benzerlikleri belirlenmiştir. Yapılan istatistiksel analizler sonucu Çamyuva plaj kumlarının beş gruba ayrıldığı gözlenmiştir. Bunun sonucunda Cr ve Ni elementinin bir grup içerisinde bulunuş yüzdelerinin maksimum düzeyde olduğu çıkarılmıştır. Bu elementlere insan sağlığı açısından dikkat edilmesi gerekir.

**Anahtar Kelimeler:** *Plaj Kumları, Ağır Metal, Antropojenik Faktörler, Doğal Faktörler, Çok Değişkenli İstatistik, Risk Analizleri*

**Abstract:** Camyuva beach, which is the working area, is located in the west of Antalya. Within the project area there are different age and characteristics rocks that offer stratigraphic stowage. The oldest unit in the region is known to be Permian. In this study, grain size distribution of beach sands on the coast of Camyuva was determined and statistical properties and factors were determined by examining the heavy metal content of these sands. Grain size distributions, chemical analysis (XRF) and statistical evaluation were sampling in beach sands systematically taken from the study area. Hierarchical dendogram analysis determined the groupings of samples taken from the region and the profiles that are most similar to each other were determined. The relationship and originality of samples in specific locations were determined by using SPSS program. As a result of statistical analysis, it was observed that Camyuva beach sand was divided into five groups. This is the result of the presence of the Cr and Ni elements in a group at the maximum level. These elements should be considered in terms of human health.

**Keywords:** *Beach Sand, Heavy Metal, Anthropogenic Factors, Natural Factors, Multi Variable Statistics, Risk Analyze*

## GİRİŞ

Çamyuva (Antalya) bölgesindeki plaj kumlarının ağır metal içeriğinin hesaplanması ve anomalilerinin incelenmesi amaçlanmıştır. Bu çalışma doğrultusunda bölgenin jeolojik yapısı, plaj kumlarının jeokimyasal incelemeleri ve kökensel analizleri yapılmıştır.

İnceleme alanında yer alan plaj kumlarından belirli aralıklar boyunca numune alınmış ve bu numuneler ağır metal içeriklerinin belirlenebilmesi için laboratuvarda incelenmiş, jeokimyasal analizler yapılmış bölge hakkında bilgi edinilmiştir. Çamyuva sahilinde bulunan plaj kumlarının dane boyu dağılımları gözlemlenerek, mekansal dağılımları incelenmiş ve ağır metal içerikleri saptanmıştır. Yapılan kimyasal analizler de kullanılan XRF yöntemi ile de elde edilen veriler değerlendirilmiştir. Kimyasal analizler sonucunda elementlerin kökenleri hakkında sahip olduğumuz bilgiler istatistiksel olarak yorumlanmıştır. Plaj kumlarında ağır metal saptanması durumunda kirliliğin antropojenik/doğal kökenleri hakkında bilgi edinilmiştir.

### Çalışma Bölgesinin Jeolojisi

Çalışma bölgesi olan Çamyuva plajı, Antalya körfezinin batı kısmında (Şekil 1), 1:100000 ölçekli O25 paftasında yer almaktadır. Proje alanı içerisinde stratigrafik istif sunan farklı yaş ve özellikle kayaçlar bulunmaktadır. Bölgede en yaşlı birimin Permiyen olduğu bilinmektedir (Kalafatçıoğlu,1972).

Jeolojik istifi oluşturan kilaşı ve kalsitürbiditlerin ardından İnce-orta-kalın tabakalı, krem, kirli beyaz, kirli sarı renkli kalkarenit, killi kireçtaşı, marn ve kireçtaşları gibi kırıntılı sedimanlar formasyonu temsil etmektedir (Şenel, 1997).



Şekil 1. Yer Bulduru Haritası

Ofiyolit napı; Üst Kampaniyen'de kıtasal kabuğa bindirerek yerleşmiştir. Tekirova ofiyolitinin üst manto kökenli olduğu bilinmektedir. Ofiyolit Üst Kretase yaşlı olduğu kabul edilmektedir (Yılmaz, 1981). Robertson ve Woodcock 1981 yılında yaptıkları jeolojik çalışmalarda Kumluca kompleksinde yer alan radyolaryali ve çörtlü mikritik kireçtaşı içerisinde bulunan Halobia ve Daonella fosillerine rastlamışlardır.

### MATERYAL VE METOD

Bu çalışma Antalya'da yer alan Çamyuva plaj kumlarının ağır metal içeriklerinin tespit edilmesi amacı ile yapılmıştır. Çalışma kapsamında ilk olarak bölgeye gidilerek keşif çalışması yapılmış, daha sonra ise her 100m'de 1 ve 10cm derinlikten deniz çizgisinin 10m uzağından karaya doğru olacak şekilde 36 adet numune toplanmıştır. Laboratuvar ortamına getirilen numuneler oda sıcaklığında 7 gün bekletilerek kurutulmuştur. Ardından çeşitli analiz yöntemlerine tabi tutularak gerekli veriler elde edilmiştir.

### Laboratuvar Çalışmaları

Araziden getirilen örnekler Akdeniz üniversitesi jeoloji mühendisliği maden yatakları laboratuvarına getirilerek kurutulmaya bırakılmıştır. Laboratuvarda kurutulmuş numuneler ilk olarak 20 cm çaplı; 0,125mm – 0,075mm – 0,0025mm aralıklı eleklerden geçirelerek en küçük tane boylarına indirgenmiştir. En küçük tane boylarına indirgenilen numuneler sonrasında öğütme makinesine konularak toz

haline getirilmiştir. Kimyasal analiz uygulanacak örneklerle bazı örnek hazırlama işlemleri yapılmıştır. Her bir numuneden dört gram alınarak hassas terazide ölçülmüştür. Numunelerin kohezyon kuvvetini artırabilmek ve pellet yapım işlemine sokabilmek için her bir numuneye iki gram borik asit hassas terazide ölçülerek ilave edilmiştir. Agat havanda homojen şekilde karıştırılan kum örneği ve borik asit pellet yapımı için manüel pres makinesine sokulmuştur. On beş mPA basınç uygulanarak örnek XRF ölçümü için hazır hale getirilmiştir. XRF ölçümleri Akdeniz üniversitesi jeoloji mühendisliği XRF laboratuvarında gerçekleştirilmiştir.

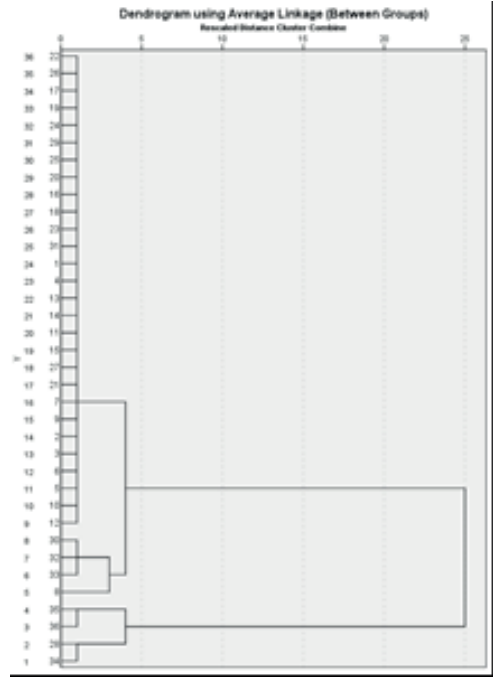
#### İstatistik Verileri

Proje sahasından alınan örneklerin kimyasal analiz sonuçlarına göre mekânsal dağılımları incelenecek ve anomali sahaları belirlenecektir. Metallerin kökenlerinin belirlenmesinde ve yorumlanmasında, çok değişkenli (Multivariate) istatistik analizleri (SPSS ve/veya SAS vb.) yapılmıştır.

#### Hiyerarşik Küme Analizi (Hierarchical Cluster Analysis)

Dendrogram analizi, yapılan analiz sonuçlarına göre, benzer özellik gösteren numunelerin gruplar halinde sınıflandırılmasını sağlar (Tablo 1) (Aydın B, 2018).

**Tablo 1.** Çamyuva örneklerinin dendrogram diyagramı.



#### SONUÇLAR VE TARTIŞMA

İstatistiksel analiz ile çıkarılan denrogram diyagramı laboratuvar ortamında yapılan XRF sonuçları ile kıyaslanmış ve bulunan grupların ayırt edici elementer özellikleri saptanmıştır. SPSS programı ile yapılan dendrogram analizi sonucunda, bölgeden alınan numunelerin kendi aralarında beş gruba ayrıldığı gözlenmiştir. Birinci grup içerisinde bulunan numuneler;

İĞÇ – (1.2.3.4.5.6.7.9.10.11.12.13.14.15 .16.17.18.19.20.21.22.23.24.25.26.27.29 ,31); İkinci grubu oluşturan numuneler; İĞÇ- (30.32.33), Üçüncü grubu oluşturan numuneler; İĞÇ – 8, Dördüncü grubu oluşturan numuneler; İĞÇ – 35, İĞÇ – 36, Beşinci grubu oluşturan numuneler; İĞÇ – 28, İĞÇ – 34. Gözlemediğimiz ve bu beş grubu oluşturan numuneler arasında çıkan benzer-

liğin nedenlerinden biri aynı elementlerde maksimum düzeyde değerler göstermesidir. Birinci grubu oluşturan numunelerin ortak özellikleri, elemter içeriklerinin ortalama bir değere sahip olmasıdır. İkinci grubu oluşturan numunelerin ortak noktası olan element Cl elementidir. Üçüncü grubu oluşturan İGÇ – 8 numunesini diğer numunelerden ayıran elementler ise Mg, Cr ve Ni'dir. Cr içeriğinin fazla olması; cilt reaksiyonlarına, mide ülserine, böbrek ve karaciğerde fonksiyonların bozulmasına, sindirim sisteminin zarar görmesine, gözde alerjiye ve bunun gibi birçok hastalığa neden olabilmektedir. Nikel elementine (Ni) fazla miktarda maruz kalmak; akciğerde tıkanma, solunum yetersizliği, astım, akciğer kanseri gibi çoğu hastalığa neden olabilmektedir. Dördüncü grubu oluşturan numunelerin ortak noktası Si elementinde gösterdikleri yüksek değerlerdir. Beşinci grubu oluşturan numunelerin maksimum değer gösterdikleri ortak bir element olmasa da; bu iki numunenin en yüksek değer veren beş numune arasında olması onları birbirine bağlamaktadır.

## KAYNAKLAR

Aydın, B., Yalçın, F., Özer, Ö., Yalçın, M. G., Statistical Classification of Turuncova Marbles with Physical-Mechanical Properties, Finike, Antalya, The Mediterranean International Conference of Pure&Applied Mathematics and related areas" dedicated to Professor Gradimir V. Milovanovic on the Occasion of his 70th anniversary, Antalya-Turkey, October 26-29, 2018, pp. 208-211.

Kalafatçıoğlu, A (1972), Baykal F (1972). Antalya Körfezi Batısında Yeni Jeolojik Müşahedeler. İstanbul Üniversitesi Jeoloji Enstitüsü Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü, Ankara.

Robertson, A.H.F and Woodcock, N.H., 1981, Alakırçay Group, Antalya Complex,

SW Turkey; A Deformed Mesozoik Carbonate Margin: Sedimentary Geology, 30. 95-131.

Şenel, M.1986a. Alakırçay grubu, Kumluca zonunun litostratigrafi özellikleri ve yaşı: Güneybatı Antalya-Türkiye. Maden Tetkik ve Arama Dergisi, 103/104, 151 – 153.

Şenel, M. 1997. 1/100.000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları, Antalya O25 paftası, No: 8. Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü Yayını

Yılmaz, P.O., 1981. Geology of the Antalya Complex, SW Turkey, Dissertation, Ph D, Univ. Microfilms Int. Michigan, 268.



## Kiriş (Antalya) Plaj Kumlarının Jeobirikim İndeksi (Igeo) ve İnsan Sağlığı Açısından Değerlendirilmesi

*Evaluation of Geo Accumulation Index (Igeo) and Human Health in Kiriş (Antalya) Beach Sand*

**İremnur Gökdal, Emir Can Özçelik, Özge Özer, M. Gürhan Yalçın**

*Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Ana Bilim Dalı  
Pınarbaşı Mahallesi, Akdeniz Üny., 07070 Konyaaltı/Antalya  
(iremnurgokdal@gmail.com)*

**Öz:** Türkiye'nin değerli turizm bölgelerinden olan Kiriş sahili, Antalya'nın batı tarafında bulunmaktadır. Çalışma sahasında farklı yaş ve özellikte kayalar bulunmaktadır. Çalışma sahasının farklı lokasyonlarından alınan plaj kumlarının X-ışınları floresans spektroskopisi (XRF) yapılmıştır. Bu çalışmada Kiriş sahiline ait plaj kumlarının kimyasal içerikleri belirlenmiş olup, jeobirikim indeksi hesaplanarak ağır metal kirliliği tespit edilmiştir. Jeobirikim indeksi hesaplanırken, önceki çalışmalarda belirlenen eşik değerler referans olarak alınmıştır. Jeobirikim indeksi hesaplanan örnekler için, Jeobirikim indeksi sınıflamaları kullanılmış ve bu doğrultuda bölgedeki birikim indeksinin derecesi belirlenmiştir. Bunun sonucunda bölgedeki elemental içeriklerin olası doğal ve antropojenik etkilerden kaynaklanan kirleticileri ve kentleşmenin karmaşık zararlı etkileri insan sağlığı açısından tartışılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** *Plaj Kumları, Ağır Metal, Doğal Faktörler, Antropojenik Faktörler, Jeobirikim İndeksi, Kirlilik Faktörü*

**Abstract:** Kiriş beach, which is one of the most valuable tourism regions of Turkey and behind this property which is located on the west side of Antalya. There are different age and characteristics rocks in the study area. X ray fluorescence spectroscopy (XRF) of beach sand taken from different locations of the study site was performed. In this study, chemical content of the beach sand belonging to the Kiriş Coast was determined and heavy metal pollution was determined by calculating geo accumulutaion index. When calculating the geo accumulation index, the threshold values determined in the previous studies were taken as references. Index calculated for examples geo accumulation, Geo accumulation index classifications have been used in the region in this direction and the degree of accumulation was determined. As a result, the contaminants of the elemental contents in the region resulting from possible natural and anthropogenic effects and the complex harmful effects of urbanization were discussed in terms of human health.

**Keywords:** *Beach Sand, Heavy Metal, Natural Factors, Anthropogenic Factors, Geo Accumulation Index, Pollution Index*



## GİRİŞ

Son zamanlarda antropojenik ve doğal etki-lerle kıyı şeritlerinde biriken ağır metal içe-rikleri ve bulguları araştırmacılar için ilgi odağı olmuştur. Toprak ve sahil kumlarında biriken ağır metaller, ciddi çevresel problemlere neden olarak insan sağlığını etkileyen sü-reçler arasındadır (Yalçın, 2016).

Yapılan çalışmada Kiriş (Antalya) sahilindeki plaj kumlarının ağır metal içeriğinin hesaplanması ve kirlilik faktörlerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Kiriş plaj kumlarından her 100 m'de bir alınmış örneklerin elementel özellikleri XRF analizi ile ölçülmüştür. Plaj kumlarında yapılan laboratuvar analizleri sonucunda ağır metal saptanması halinde kir-liliğin antropojenik veya doğal kökenli olup olmadığı hakkında bilgi edinilmiştir. Bu çalı-şma kapsamında bölgenin jeolojisi hakkın-da araştırmalar ve plaj kumlarının jeokimya-sal analizleri yapılmıştır. Elde edilen verilerle Jeobirikim indeksi (Igeo) hesaplanmıştır.

## Çalışma Bölgesinin Jeolojisi

İnceleme alanı olan Kiriş sahili, Antalya kör-fezinin batı tarafına düşmektedir. 1:100000 ölçekli O25 paftasında bulunmaktadır. İnceleme alanı içerisinde farklı karakterize yaş ve özellik sunan kayaçlar bulunmaktadır.

Antalya Napları yamaç ve havza ortamların-da çökelen okyanusal kabuk kökenli birimler-den oluşmaktadır (Şenel, 1997).

Çalışma sahasında ofiyolitik dizilimi mey-dana getiren ultramafik kayaçlar açık-koyu renkli, sert ve masif görümlü birimler halinde korunmuştur. Piroksenitler bazı bölge-lerde dayk şeklinde bozuşmamış birimleri oluşturmaktadır. Siyah renkli gabbro ve diyo-ritler, ultramafitleri keser konumunda bulun-maktadır. İstifin üst bölümlerinde çevresinin kalsitik yastık bazaltlar olduğu bilinmektedir (Yalçın, 2015).

## MATERYAL VE METOD

Bu çalışma Antalya'da bulunan Kiriş plaj kumlarının ağır metal içeriklerinin jeobi-rikim indeksinin hesaplanarak sınıflandı-rılması amacı ile yapılmıştır. Çalışma kap-samında Kiriş plajına gidilerek sistematik olarak 100m'de bir ve 10cm derinlikte olacak şekilde örnekler alınmıştır. Akdeniz üniversi-tesi maden yatakları laboratuvar koşullarına getirilen numuneler oda sıcaklığında 7 gün bekletilerek içerisindeki nemden ve sudan arındırılmıştır. Kurutulan numuneler daha sonra Akdeniz üniversitesi maden yatakları XRF laboratuvarında kimyasal analize tabi tutularak numunelerin elementel içerikleri saptanmıştır.

## Laboratuvar Çalışmaları

Laboratuvar ortamında üç gün boyunca kurutulan numuneler ilk olarak 20 cm çaplı; 4,75mm – 2mm – 1mm – 0,5mm – 0,125mm – 0,075mm – 0,0025mm aralıklı eleklerden geçirelerek en küçük tane boylarına indir-genmiştir. Sonrasında öğütme makinesine konulan numuneler beşer dakikalık öğütme işleminden sonra toz haline getirilmiştir. Bu numuneler hassas tartı ile tartılarak ağırlıkları ölçülmüş ve 24 saat boyunca etüve konularak kurutulmuştur. Kurutma işlemi tamamlanan numuneler tekrar hassas terazi ile tartılarak, kızdırma kaybı değerleri ölçülmüştür. Etü-ve koyulan örnekler içerisindeki tüm nem, su ve organik maddeden kurtarılmaya çalı-şılmıştır. Kızdırma kaybı değerleri ölçülen numuneler, XRF cihazı ile elementel analize sokulmuş, çıkan sonuçlar excel programı ile düzenlenmiştir.

## Kirlilik Faktörleri

Çalışma sahasından alınan örneklerin labo-ratuvar çalışmaları sonucunda elde edilen veriler ile XRF verileri birleştirilmiş ve excel programında düzenlenerek kirlilik faktörleri belirlenerek sonuç tablosu ve grafikleri hazır-

lanmıştır.

## Geo - accumulation Index (I<sub>geo</sub>)

Topraklardaki element zenginleşmelerinin değerlendirilmesi yaygın olarak kullanılan parametreler; Zenginleşme Faktörü (EF), Jeobirikim indeksi (I<sub>geo</sub>), Kirlilik Faktörü (CF), dir. Bu çalışmada Jeobirikim indeksi kullanılmıştır.

Jeobirikim indeksi 1969, 1981 yıllarında Müllers tarafından önerilerek 1970'li yıllardan günümüze kadar birçok çalışmada kullanılmıştır. Jeobirikim indeksinin kullanılmasındaki amaç artan kirliliğin saptanmasıdır (Vural, 2014).

$$\text{Geo - accumulation Index (I}_{\text{geo}}) : I_{\text{geo}} = \log_2 \left( \frac{C_{\text{sample}}}{1.5C_{\text{Background}}} \right)$$

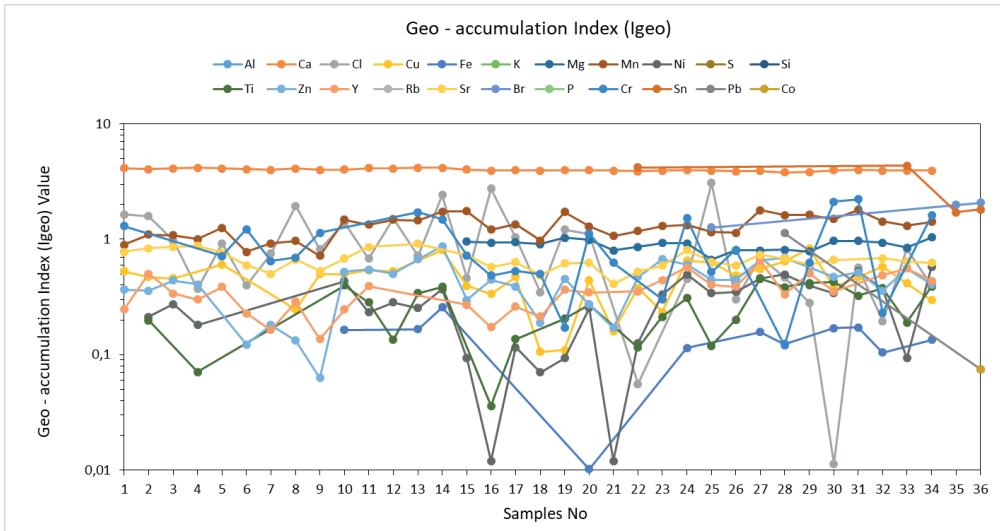
Jeobirikim indeksi ile, belirli bir bölgede bulunan ve belirli lokasyonlardan alınan numunelerin birikimleri ve kirlilik dereceleri belirlenmektedir. Excel üzerinde oluşturulan bir grafik ile elementler ve numunler arasındaki kirlilik ilişkisini gözlemleyebiliriz (Şekil 1).

## SONUÇLAR VE TARTIŞMA

İnceleme alanı olan Kiriş bölgesinden alınan numunelerde yapılan XRF analizi ve laboratuvar deneyleri sonucunda jeobirikim indeksi (I<sub>geo</sub>) grafiği çıkarılmıştır. Elde edilen jeobirikim indeksi grafiği yorumlanarak bölgede bulunan kirlilik değerleri saptanmıştır. Jeobirikim indeksi (I<sub>geo</sub>)'ne göre <0 olduğunda kirlilik olmadığını, 0-1 arası az kirlilik olduğunu, 1-2 arası orta derece kirlilik olduğunu, 2-3 arası orta – kuvvetli derecede kirlilik olduğunu, 3-4 arası çok kirlilik olduğunu, 4-5 arası aşırı kirlilik olduğunu ve >5 olduğunda da çok aşırı kirlilik olduğunu göstermektedir (Tablo 1).

**Tablo 1.** Jeobirikim İndeksi Derecesi (Vural, 2014) ten uyarlanmıştır)

I <sub>geo</sub> Value	I <sub>geo</sub> Class	Designation of soil Quality
<0	0	Kirlilik yok
0 – 1	1	Az kirlili



Şekil 1. Jeobirikim indeksi (I<sub>geo</sub>).

1 – 2	2	Orta derece kirli
2 – 3	3	Orta-kuvvetli kirli
3 – 4	4	Çok kirli
4 – 5	5	Aşırı kirli
>5	6	Çok aşırı kirli

Kiriş bölgesinden alınan numunelerde gözlenen kirlilik dağılımları tabloya göre;

Cr elementi İGK – 30 ve İGK – 31 numuneleri için, Igeo volue sınıflamasında 2-3 derece arasında gözlenmiş olup orta – kuvvetli kirli olduğu belirlenmiştir.

Sn elementi İGK (21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33 ve 34) numuneleri için, Igeo volue sınıflamasında 2-3 derece arasında gözlenmiş olup, orta – kuvvetli kirli olduğu belirlenmiştir.

Mn elementi İGK – 27 numunesi için, Igeo volue sınıflamasında 1-2 derece olarak gözlenmiş olup, orta derece kirli olduğu belirlenmiştir.

Krom, insan metabolizmasında deri, adale ve yağ dokusunda toplanmaktadır. Yapılan araştırmalarda vücutta belirli sınır değerlerin üzerinde biriken krom'un kanserojen etki yapabildiği tartışılmaktadır.

Kalay elementi metabolik aktivite için genelde gerekli olmayan ve oldukça düşük konsantrasyonlarda hücrede toksik etki yapan elementler arasındadır. Bu nedenle dünya sağlık örgütünün belirlediği sınır değerleri arasında bulunması gereklidir.

## KAYNAKLAR.

### (a) Süreli yayımlar:

Şenel, M. 1997. 1/100.000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları, Antalya O25 paftası, No:8. Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü Yayını.

Vural, A. 2014. Toprak Ve Akasya Ağacı Sür-günlerindeki İz / Ağır Metal Dağılımı, Gümüşhane – Türkiye.

Yalçın, F. 2016. Statistical Assessment of Heavy Metal Distribution and Contamination of Beach Sands of Antalya-Turkey: an Approach to the Multivariate analysis Techniques. DOI 10.2298/FIL1604945Y

Yalçın, H., Bozkaya Ö., Yılmaz C.(2015). Tekirova (Antalya) Ofiyolit Napı Kayaçlarının Alterasyon Mineralojisi ve Jeokimyası. Cumhuriyet Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 58140 Sivas.



## Kemer-Sarısu (Antalya) Sahil Şeridindeki Plaj Kumlarının İstatistiksel Anomalileri İle İnsan Sağlığı Açısından Değerlendirilmesi

*Human Health with the Statistical Anomalies of the Beach Sand at the Coastline of Kemer-Sarısu (Antalya)*

Özge Özer<sup>1</sup>, Füsun Yalçın<sup>2</sup>, Daniel G. Nyamsarı<sup>1</sup>, M. Gürhan Yalçın<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Ana Bilim Dalı  
(Pınarbaşı Mahallesi, Akdeniz Ünv., 07070 Konyaaltı/Antalya)

<sup>2</sup>Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Matematik Ana Bilim Dalı (Pınarbaşı  
Mahallesi, Akdeniz Ünv., 07070 Konyaaltı/Antalya)

oozer@akdeniz.edu.tr; gurhanyalcin@akdeniz.edu.tr

**Öz:** Son yıllarda plajlar, yoğun turizm aktiviteleri ve dolayısıyla ekonomik getirileri nedeniyle Türkiye’de ve dünyada önemli bir yere sahiptirler. Büyük bir potansiyele sahip olan plajlar kirletici etkilere çok açıktırlar. Bu nedenle çalışma alanı olarak seçilen Kemer-Sarısu kıyı bölgesinde yapılacak olan bilinçlendirme çalışmaları ve gelecekte yapılacak yatırım ve iyileştirme çalışmaları için önem arz etmektedir. Kıyı şeridini takiben her 100 m de bir sistematik olarak alınmış olan plaj kumu örnekleri, çeşitli örnek hazırlama işlemlerine tabii tutulmuş ardından XRF (Rigaku, NEXCG X-Işınları Floresans Spektrometrisi) çekimleri yapılmıştır. Numunelerinin tüm elementel içerikleri çıkarılmıştır;  $CaO > SiO_2 > MgO > Al_2O_3 > Fe_2O_3 > K_2O$  and  $Ti > Cl > Mn > S > Sr > Cr > P > Co > Ni > V > Zn > Sn$ . Çıkan elementel sonuçlar bölgesel jeolojiyle karşılaştırılmış olup; kirleticiyi etkiyi oluşturabilecek elementel içeriklerin sahil kumlarına hangi süreçlerle taşındığı ve bu elementel içeriklerin insan sağlığı açısından etki değerlendirmeleri tartışılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** *Plaj Kumları, XRF, Ağır Metal, Doğal Faktörler, Antropojenik Faktörler*

**Abstract:** In recent years beaches, the peak tourist activities and economic returns due to the circulation and Turkey have an important place in the world. Beaches with great potential are very vulnerable to polluting effects. For this reason, it is important for the awareness-raising activities and future investment and improvement works to be carried out in the Kemer-Sarısu coastal zone, which is chosen as the study area. Beach sand samples taken every 100 m following the coastal system were subjected to various sample preparation procedures and then XRF (Rigaku NEXCG X-Ray Fluorescence Spectrometry) shots were made. All elemental contents of the samples were removed;  $CaO > SiO_2 > MgO > Al_2O_3 > Fe_2O_3 > K_2O$  and  $Ti > Cl > Mn > S > Sr > Cr > P > Co > Ni > V > Zn > Sn$ . The resulting elemental results were compared with regional geology; The effects of the elemental contents on the coastal sands and the impact assessment of these elemental contents in terms of human health are discussed.

**Keywords:** *Beach Sand, XRF, Heavy Metal, Natural Factors, Anthropogenic Factors*

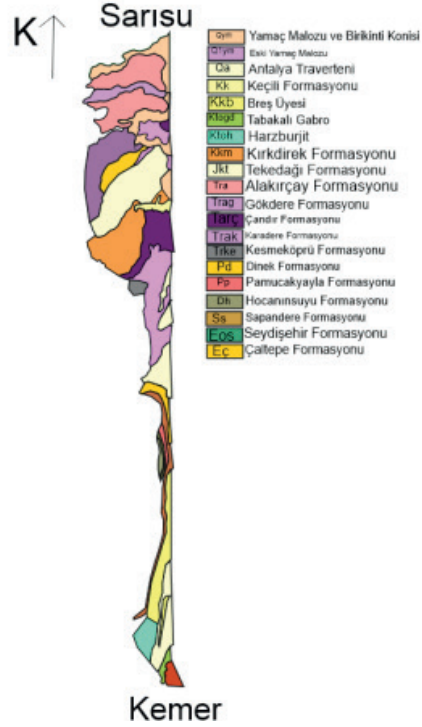
## GİRİŞ

Jeolojik birimlerdeki, topraktaki ve plaj kumlarındaki insan sağlığına olumsuz etki yaratabilen metallerin varlığı, özellikle büyük kent yerleşimi gösteren bölgelerde endişe konusudur. Çevre koşullarındaki ağır metal birikimi ekolojik sistemde potansiyel risklere sebep olur (Alshahri, 2017). Antalya-Alanya sahil şeridi boyunca alınan 44 numunede yapılan kimyasal analizler sonucu ağır metal içeriği yüksek anomali gösteren örnekler bölgesel jeolojiyle kıyaslanarak bulunmuştur (Yalçın, v.d., 2016). Daha önceki çalışmalar incelenmiş olup çalışılan bölge olan Kemer-Sarısü sahil şeridine ait ağır metal konsantrasyonlarının çıkarımıyla ilgili literatürde bir araştırmaya rastlanılmamıştır. Bu kapsamda, çalışma alanındaki kumların ağır metal düzeyleri ölçülmüş, bu ölçüm sonuçlarına göre istatistiksel yaklaşımlarla ve kökensel yorumlamalarla; ağır metal konsantrasyonlarının insan sağlığına etkisinin araştırılması amaçlanmıştır.

## Çalışma Bölgesinin Jeolojisi

Kemer-Sarısü sahil, Antalya körfezinin batı tarafına düşmektedir ve 1: 25000 ölçekli O24 paftasında bulunmaktadır. İncelenen bölge içerisinde farklı karakterize yaş ve içerik sunan kayalar bulunmaktadır. Sarısü'dan başlayarak Kemer'e doğru gidildikçe; Qym (Yamaç malozu ve birikinti konisi), Ta (Alakırçay napı), Q1ym (Eski yamaç malozu ve birikinti konisi), Taç (Çandır formasyonu), Tag (Gökdere formasyonu), Tak (Karadere formasyonu), Pd (Dinek formasyonu), Jkt (Tekedağı formasyonu), Kkm (Kırkdirek formasyonu), Pp (Pamucakyayla formasyonu), Dh (Hocaninsuyu formasyonu), Ss (Sapandere formasyonu), Trke (Kesmeköprü formasyonu), Eos (Seydişehir formasyonu), Eç (Çaltepe formasyonu), Kkb (Breş üyesi), Qa (Antalya traverteni), Kk (Keçili formasyonu), Ktgd (Tabakalı gabro ve dayk kompleksi),

Ktoh (Harzburjit) formasyonları gözlenmektedir (Şekil 1).



Şekil 1. Kemer-Sarısü Litolojisi

(Qym) Yamaç malozu ve birikinti konisi, Sarısü sahil hattının başladığı yerden itibaren Geyikbayırı doğusunda hizalanan birim genel olarak kireçtaşlarından oluşmuştur. (Q1ym) Eski yamaç malozu çakıl ve maloz birikinti konisinden oluşur. (Qa) Antalya traverteni, değişik boyutlu kireçtaşı ve çakıllardan oluşur. Sık erime boşluklu orta sertlikte traverten birimin karakteristik formasyonudur. (Ta) Alakırçay napı, çalışma sahasında oldukça büyük bir yayılım göstermektedir. Çalışılan bölge içerisinde Alakırçay napı içerisinde yüzeylenen formasyonlar; (Pd) Dinek formasyonu, Kalafatçıoğlu (1973) tarafından adlandırılan birim, çok ince şeyl ve dolomitik kireçtaşlarından oluşur. Birimlerin çatlakları kalsit ve asfaltit dolguludur; (Trke) Kesme-

köprü formasyonu), Marcoux (1977) tarafından isimlendirilen birim, kireçtaşı, marn, kil taşı ve killi kireçtaşından oluşmaktadır; (Trag) Gökdere formasyonu, Kalafatçioğlu (1973) yılında isimlendirilmiş birim, çört yumrulu, bol radyolaryalı, mikritik dolgulu ve yer yer Halobai'li kireçtaşlarından oluşur; (Traç) Çandır formasyonu, Kalafatçioğlu (1973) yılında adlandırılmış birim silt taşı ve kum taşlarından oluşur. Birimin içindeki kum taşları volkanik malzeme içerir; (Trak) Karadere formasyonu, Juteau ve Marcoux (1973) tarafından isimlendirilmiştir. Birim genel olarak bazalt, spilit ve spilitleşmiş bazaltlardan oluşmuştur; Kk (Keçili formasyonu), Dean ve Monod (1970) tarafından isimlendirilmiştir. Dolomit ve yumrulu kireçtaşlarından oluşur. (Jkt) Tekedağı formasyonu, Neritik kireçtaşlarından oluşan birim Şenel v. d tarafından (1981)'de adlandırılmıştır. Tekirova ofiyolit napı napı içerisinde bulunan birimlere de çalışma alanında rastlanmıştır. Bunlar arasında, (Kkm) Kırkdirek formasyonu, Şenel v. D (1981)'de adlandırılmış bir ofiyolitli karmaşıktır. Birimin içinde gabro, diyabaz ve amfibolitte bulunur; (Ktoh) Harzburjit, masif, bantlı ve lertzotik harzburjitin bir arada bulunduğu birimdir; (Ktogd) Tabakalı gabro ve dayk kompleksi, gabro ve diyabaz dayklarından oluşmuştur. Tahtalı dağ napı, Alakırçay napı üzerinde bulunur ve çalışma alanı içerisinde yüzeylenmiş birimlere sahiptir. Bun formasyonlar, (Eç) Çaltepe formasyonu, Dean Monod tarafından 1970'de isimlendirilmiştir. Birim Dolomit ve yumrulu kireçtaşlarından oluşur; (Eos) Seydişehir formasyonu, Blumenthal tarafından 1947'de isimlendirilmiştir. Birimi kum taşı ve şeyller oluşturmaktadır; (Ss) Sapandere formasyonu, Şenel v. d diğerleri tarafından 1981'de isimlendirilmiştir. Kum taşı ve kumlu dolomitler birimi oluşturur; (Dh) Hocanın suyu formasyonu, Şenel v. d tarafından 1981 yılında adlandırılmıştır. Kil taşı, silt taşı ve kuvarsitik kum taşı (subarkoz) birimi oluşturur. (Pp) pamucakyaulla formasyonu kömürlü şeyl ve kuvarsitik kum

taşı oluşan birim Şenel v. d 1981 yılında isimlendirilmiştir. Çaltepe napı üyesi olan (Kkb) Breş üyesi, Kesmeboğaz deresinde yüzeylenmiştir, kireçtaşı görünümlü kalsitürbititlerden oluşur.

## MATERYAL VE METOD

Kemer-Sarısu sahil şeridinin elementel içeriğinin anlaşılması için, tüm plajı temsil edici ve sistematik olacak şekilde her 100 m'de bir numuneler toplanmıştır. Numuneler alındığı lokasyondan 10 cm kazılarak plastik kepçe yardımıyla çıkarılmış olup, yine plastik torbalara koyulmuştur. Her bir numunenin alındığı koordinat bilgileri alınmış ve numunelere ayrı ayrı kodlamalarla isimlendirilmiştir. Numuneler herhangi bir kontaminasyon geçirmeden Akdeniz üniversitesi maden yatakları laboratuvarına getirilmiştir. Örnekler, bir kimyasal analiz olan ve elementel okuma yapan XRF (X-Işınları Floresansı, EDX-CG) cihazı ile çalışılmak üzere örnek hazırlama aşamaları için laboratuvar ortamına serilmiş ve kurumaya bırakılmıştır. Kuruyan örneklerde kimyasal analiz için çalışılmaya başlanılmıştır.

## Laboratuvar Çalışmaları

Laboratuvar ortamında yedi gün boyunca kurutulan plaj numuneleri, içerlerindeki suyu kaybettiği zaman tane boyu analizi yapılmak üzere kirlenme etkinin en fazla görüleceği en küçük tane boyundaki numuneye ulaşılmak için sallantılı eleğe koyulmuştur. Tane boyu yaklaşık olarak 0,125 mm olan plaj kumu örnekleri agat havanda homojen hale getirilerek öğütülmüştür. Öğütülen numuneler hassas terazide tartılmıştır. Numuneler, içerlerindeki organik madde ve nemi uzaklaştırmak üzere 24 saat boyunca 110°C'de bekletilmiştir. Etüvden çıkan örnekler tartılarak kızdırma kayıpları ölçülmüştür. Toz numuneler kimyasal analiz cihazı olan XRF için pellet yapım aşamasında uygulanan 30 MPa basınca dayanıklı olabilmeleri için önce borik asit ile



güçlendirilmiştir. 4 gr örneğe 2 gr borik asit ile güçlendirme yapılmıştır. Bu oran cihaza tanıtılarak, içerikteki herhangi bir elementin yüzdelik oranının azalması da önlenmiştir.

### İstatistiksel Analizler

XRF analizinden elde edilen elementlerin jeokimyasal konsantrasyonları, elementel içeriği oluşturan elemanların dağılımının oranları ve ranj (açıklık) değerleri gibi istatistiksel teknikler kullanılarak değerlendirilmesinde kullanılmıştır. Ortalama bolluklar için, tanımlanan başlıca element CaO, SiO<sub>2</sub>, MgO, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>> K<sub>2</sub>O ve minör elementler Ti> Cl> Mn> S> Sr> Cr> P> Co> Ni> V> Zn> Sn'dir. . Sadece bir örnek, KS-39, tüm 18 elementi içerir, bunu 17 elemanla (Sn içermeyen) KS-21 ve üç elementi içermeyen numuneler takip eder; 16 elemanlı KS (-23, 31 ve 41). Çok yüksek anormal konsantrasyon gösteren elementel içerikler şöyledir: Cr (KS - 39, 30 ve 40), Sr (KS - 42 ve 10); V (KS-34) ve Cl (KS-1). P (KS - 2, 19 ve 20), Ti (KS - 2, 20 ve 19), V (KS - 39 ve 21) için yüksek anormal konsantrasyon gözlenmiştir (Tablo 1) (Yalçın, 2018).

**Tablo 1.** İstatistiksel Analiz Verileri

Element/ ppm	Minimum	Maximum	Mean	Median	Skewness	Kurtosis	Std. Deviation
Ti	0.00	4682.17	2251.48	2122.27	0.71	1.43	894.88
Cl	0.00	8070.00	1326.43	549.00	1.98	4.80	1671.20
Mn	0.00	1943.89	1101.83	1146.20	-0.52	1.43	392.18
S	408.50	1353.66	674.78	596.73	1.32	1.32	222.09
Sr	0.00	6511.04	647.92	617.28	4.43	21.36	1084.66
Cr	0.00	7184.10	560.16	184.73	4.39	23.03	1168.27
P	0.00	610.99	322.95	326.88	-0.80	1.45	139.81
Co	0.00	255.11	79.42	100.20	0.27	-1.12	75.76
CaO (%)	25.10	75.50	52.83	56.20	-0.47	-0.42	11.00
SiO <sub>2</sub> (%)	10.80	57.20	30.81	28.20	0.57	-0.16	10.29
Ni	0.00	304.91	25.73	0.00	2.95	10.87	58.08
V	0.00	957.89	24.16	0.00	6.68	45.30	140.36

Zn	0.00	126.13	11.45	0.00	2.51	5.04	30.83
Sn	0.00	101.61	9.47	0.00	2.68	5.53	27.86
MgO (%)	4.01	10.30	6.91	6.65	0.42	-0.22	1.48
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	2.00	10.80	4.37	4.01	1.61	3.31	1.75
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	0.00	6.55	3.55	3.59	-0.03	1.59	1.15
K <sub>2</sub> O (%)	0.00	0.94	0.46	0.44	0.06	0.97	0.19

### SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Kemer-Sarısu plaj kumlarının elementel değerleri SPSS 23 programı kullanılarak yapılan faktör ve sınıflama analizleriyle ilişkilendirilmiştir; Yapılan istatistik, sonuçların açıklanabilir olduğunu göstermektedir. Numunelerin elementel içeriğini oluşturan SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MgO, CaO ve K<sub>2</sub>O oksit bileşiklerinin çoğu ve Co ve Sr elementleri bölgesel jeoloji düşünüldüğünde çalışma sahasındaki litolojiyi çoğunlukla oluşturan, kuvaterner kıvrıntılar, karbonatlı kayaç varlığı ve bu kayaçların ortam özelliklerine dayalı olacak şekilde bozunma tepkimeleri sonucu oluşabileceği; sonuçta jeolojik kaynaktan geldiği ve Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Ti, Mn, Cr, Zn ve Sn elementlerinin ise hem jeolojik hem de antropojenik kökenli olduğu düşünülmektedir. S, Cl ve P antropojenik bir kaynaktan olduğu varsayılmıştır. Antropojenik kaynaklı olduğu düşünülen elementlerin insan sağlığına etkisi, Krom (Cr) bileşikleri tozlarına sürekli maruz kalan insanlarda akciğer kanseri vakaları görülebilmektedir. Kalay (Sn) ve Mangan (Mn) elementi oldukça düşük konsantrasyonları hücrede toksik etki yapan elementler arasındadır. Kükürt elementi (S) için, insan metabolizmasında dermatolojik etkileri bulunduğu bilinmektedir. Bu sebeple bu elementlerin metabolizmaya alım ve maruz kalma miktarları önem arz etmektedir.

### KAYNAKLAR.

Şenel, M., 1997. 1/100000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları, Antalya O24 paftası, No:7. Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü Ya-

yını

Alshahri, F., 2017 “Heavy Metal Contamination In Sand And Sediments Near to Disposal Site Of Reject Brine From Desalination Plant, Arabian Gulf: Assessment Of Environmental Pollution”. DOI 10.1007/s11356-016-7961-x

Yalçın, F., Nyamsari, D. G., Paksu, E., Yalçın, M. G., 2015 “Statistical Assessment of Heavy Metal Distribution and Contamination of Beach Sands of Antalya-Turkey: an Approach to the Multivariate

Analysis Techniques” DOI 10.2298/FIL1604945Y

Yalçın, F., Özer, Ö., Nyamsari, D. G., Yalçın, M. G., 2018 “Statistical Evaluation Of The Geochemical Content Of Beach Sand Along The Sarisu - Kemer Coastline Of Antalya”, Turkey





**USTALAR OTURUMU (EMEKLİ YERBİLİMCİLER) / EMERITUS EARTHSCIENTISTS**

Ayhan KÖSEBALABAN - Ali YILMAZ - Ali Vedat OYGÜR - Ali ÇAKMAKOĞLU

---

***Sözlü Sunumlar/Oral Presentations***

***TAM METİN BİLDİRİLER/***

***PROCEEDINGS***





**TMMOB**  
**JEOLOJİ MÜHENDİSLERİ ODASI**  
CHAMBER OF GEOLOGICAL ENGINEERS OF TURKEY

Uluslararası Katılımlı 72. Türkiye Jeoloji Kurultayı  
28 Ocak-01 Şubat 2019, Ankara, Türkiye  
72<sup>nd</sup> Geological Congress of Turkey with international participation  
28 January-01 February 2019, Ankara, Turkey

Uluslararası Katılımlı  
72. Türkiye  
Jeoloji  
Kurultayı

## **Avrupa Mühendislik Birlikleri Federasyonu (FEANI) ve Avrupa Jeologlar Federasyonu (EFG)**

*European Federation of National Engineering Associations (FEANI) and European Federation of Geologist (EFG)*

**Aydın Aras**

*Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 0650 Van*

*Van Yüzüncü Yıl University Geological Engineering Department 0650 Van*

*(aras5549@yahoo.com)*

**Öz:** Avrupa birliğinin şemsiye meslek örgütleri; FEANI mühendislerin (Avrupalı ulusal mühendis birlikleri federasyonu) ve EFG jeologların (Avrupalı jeologlar federasyonu) Avrupa Birliğinde (AB) karşılıklı tanınmasını sağlayarak görev ve yetkilerini toplum içinde kuvvetlendirmeyi amaçlamaktadır. TMMOB (Türk Mühendis ve Mimar odaları birliği) FEANI'ye, Maden Jeologları Derneği ise EFG'ye üyedir. FEANI'ye üye ülkelerdeki mühendisler EURING (Avrupa mühendisi) unvanını alabilmeleri için kesin olarak uluslararası mühendislik akreditasyonu FEANI tarafından kabul edilen bir mühendislik programından mezun olmaları gerekmektedir. EFG'ye üye ülkelerdeki yerbilimciler için EURGEOL (Avrupa jeoloğu) unvanı için ise böyle bir program akreditasyon koşulu yoktur. EFG üye ulusal örgütlerde jeolog, jeoloji mühendisi, jeofizikçi, hatta zemin etüdü yapan inşaat mühendisleri yani yerbilimi alanında çalışan her yerbilimci EURGEOL unvanı alabilir.

**Anahtar kelimeler:** AB, Akademik unvan, EFG, FEANI, Mesleki unvan

**Abstract:** FEANI and EFG are an umbrella Professional organizations of EU and aims to facilitate the mutual recognition of engineer and geologist qualifications respectively in Europe and to strengthen position, role and responsibility of these profession in society. Union of Chamber of Turkish Engineers and Architects (TMMOB) and Turkish Association of Economic Geologist are member of FEANI and EFG respectively. In European countries represented within FEANI, and their engineering programmers, which are all recognized by FEANI as fulfilling the mandatory education requirements for the EUR ING title. If we consider the matter with professional and academic title point of view there is not obstacle in full membership of JMO to EFG. The member state's national organizations have members of different titles such as geologist, geological engineer, geophysics, civil engineer (expert in site investigation), the FEANI membership only requires organization that has all members graduated from "engineering program" and these engineering program have to be accepted international accreditation. But EFG has accepted the national organization that has members of different professional or academic title of earth science.

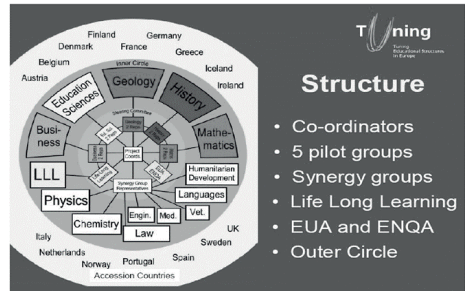
**Keywords** Professional title Academic title, EU, EFG, FEANI,

## GİRİŞ

JMO üyelerine TMMOB üzerinden EURING unvanı başvurusu yapabileceklerini duyurdu. Bu duyuru nedeni ile JMO'nun EFG'ye üye olması için çaba gösteren ve JMO'nun EFG'deki gözlemci üyelik sürecinde JMO'yu temsil ettiğim için bu sürecin öğrettiklerini bu bildiri ile üyelerimizle paylaşmak istedim. Gözlemci üye olarak ilk defa 1999 Budapeşte'deki Genel Kurula katıldım ve 2000 yılında Genel kurul ile birlikte yapılan 1.Mesleki Jeoloji Kongresi'ne katılım ile devam ettim (Aras, 2000a; Aras, 2000b; Aras, 2003). Bu kongrede Türkiye'deki jeoloji eğitimi ile ilgili bir bildiri, sundum (Aras,2000c). 2001 yılında ise "JMO'nun EFG'ye üye olmasına gerek olmadığı JMO'nun FEANI'ye üye olması gerektiği" düşüncesi ile gözlemci üyelik tam üyeliğe dönüşmeden sona erdi (Cengiz ve Özaslan, 2001; Yayın kurulu; 2004). EFG'nin başlattığı Mesleki Jeoloji Kongreleri ikincisi Londra'da üçüncüsü ise ABD'de Flagstaff, Arizona'da yapıldı. Ben kişisel olarak bu kongre 'ye TUBİTAK desteği katıldım ve 1997 depremi sonrası deprem zararlarını azaltmak ile ilgili yasal çalışmaları kapsayan bir bildiri sundum. Dünya Mesleki Jeoloji Kongreleri 'ne yazık ki ülkemizden hiçbir zaman katılım olmamıştır. Bunun nedeni; bu kongrelerin temel konusu olan jeoloji mesleğinde "mesleki unvanın" ve uygulamasının olmamasıdır. Bildirinin amacı FEANI ve EFG'nin hedeflerinin ve amaçlarının iyi anlaşılması ve meslektaşlarımızın istenilen kalitede ve düzeyde dünya da hizmet sunabilme yetkisini ve tanınmalarını sağlayan ve bir çeşit "uluslararası pasaport olan EURGEOL mesleki unvanın" önemini ortaya koymaktır (Aras, 2000d, Aras, Aras, 2001; Aras, 2006; Aras, 2000, ).

## MESLEKİ ve AKADEMİK UNVAN NEDİR?

Üniversite eğitimi sonucunda kazanılan "akademik unvandır" ve doğrudan eğitimi veren fakültenin uyguladığı programın bir sonucu olarak verilmektedir (Aras 2000d; Aras, 2001). Burada önemle belirtilmesi gereken bir husus; ülkemizdeki bir eksiklik olan mesleki unvanın yokluğudur, bütün dünyada meslek örgütleri akademik unvana sahip meslek sahiplerine bir deneyim ve/veya sınav ile mesleki unvan vermektedir (Aras, 2001). Mesleki unvan AB'de AB vatandaşlarının serbest dolaşımını sağlanmasında ortak standartların belirlenmesi ile meslek sahiplerinin serbest dolaşımı ve doğru mesleki hizmetin topluma sunulması için bir araçtır (Aras, 2006). Avrupa birliği ülkelerinde meslek sahiplerinin üye ülkelere "yerleşme hakkı" mesleği ile ilgili ekonomik faaliyette bulunması "akademik ve mesleki yeterliliklerin karşılıklı tanınması" konularını gündeme getirmektedir ( Aras, 2000e; Aras, 2003; Aras, 2006; Aras, 2007; Aras, 2010).



Sekil 1. Avrupa'da yüksek öğrenimin yapısal dönüşümü; "Tunning projects" ve seçilen alanlar.

Akademik yeterlilik diploma ile verilen "akademik unvanla" sağlanır iken mesleki yeterlilik ise meslek örgütü tarafından verilen mesleki unvanla garanti edilmektedir, "PGeO" veya "Chartered Geologist" gibi (Aras, 2001;). Ancak üye ülkeler de verilen eğitimdeki fark-

lılıklar, diplomaların denkliklerinin tanınmasından kaynaklanan problemler akademik unvanların karşılıklı tanınmasını zorlaştırmıştır. Bu zorluklar ortak standartları yukarıda bahsedilen çatı örgütler tarafından verilen mesleki unvanların verilmesini bu unvanla sağlanan “yerleşme hakkının” yaygın olarak kullanılmasında gecikmeler ve zorluklar yaşanmasına yol açmıştır (Aras,2010). Buna tipik örnek “Arantitis davasıdır” bitirme tezi olmayan Yunanlı jeolog Arantitis Lahey Yüksek Adalet divanında davasını kaybetmiş çalışma izni vermeyen Almanya haklı bulunmuştur. Bu hakkın kullanılmasının önündeki bu engellerin kaldırılmasında için yayınlanan “Directive 2005/36/EC of the EP and the Council of 7 September 2005 on the recognition of professional qualifications” genel direktif yayınlanmıştır. Avrupa’da Yükseköğrenimin yapısal dönüşümü (Tuning Educational Structures in Europe) ” projesi ise 4 Mayıs 2001 de başlatılmıştır (Sekil 1)(Aras, 2007; Aras, 2010; Aras, 2012). Bu proje yardımı ile düzenlenmiş ve düzenlenmemiş meslekler, de- jure ve de-facto tanıma gibi zorluklar Bologna bildirgesi, Avrupa yükseköğrenim alanı, Akademik yeterlilik, Mesleki yeterlilik, Genel ve disipline özgü yeterlilik, Avrupa kredi sistemi (ECTS), ömür boyu öğretim, sürekli mesleki gelişim konularında yapılan çalışmalar ile çözülmeye çalışılmıştır. Meslek örgütlerince verilen “mesleki unvanların” verilme kriterleri meslek örgütlerine, üyeleince toplumun güvenliği, sağlığı ve gönencini koruyacak doğru hizmetin verilmesini ve denetimini sağlamaktadır.

### **Akademik unvan ve programlar ve mesleki unvan ilişkisi**

Önemle üzerinde durulması gereken nokta akademik unvanları programlar belirlemekte ve ülkemizde Jeoloji mesleği eğitim programları farklılıklar göstermektedir. Mühendislik dersleri temel jeoloji dersleri ile denge halinde teknik üniversitelerde ODTÜ ve İTÜ

de ABET (ABD mühendislik akreditasyon kuruluşu) ile, bazılarında MÜDEK ile, bazılarında ise hiç bir akreditasyon denetimi olmadan düzenlenmiştir. Dünyada Mesleki unvanla verilen mühendislik ve jeolojü yapabilme yani “yetkilendirme”, akademik unvanın yanısıra, deneyim, birikim ve becerilerin belirli düzeylerde olması koşulu ile verilmektedir. Bu düzey AB de deneyim süresi ile ABD ve Kanada’da hem belirli bir deneyim ve ek olarak sınav ile verilmektedir. Bu sınavı ASBOG ( ABD sınav yapan federal birlik) düzenlemekte AIPG (ABD mesleki jeolojü örgütü) genel bir yetkilendirme ile meslek unvanını vermektedir. ABET akreditasyonu ile programa giren derslerin bütünü bu sınavda % 19 mühendislik jeolojisi içine sıklıkta (Sekil 2). Dünyada fen fakültelerinde, mühendislik fakültelerinde ve/veya yer bilimi fakültelerinde çeşitli programlar ile; jeolog, jeoloji mühendisi, çevre jeoloğu ve jeofizikçi gibi akademik unvanlar verilmektedir. Ancak burada sayılan unvanların çeşitliliği ve ilgili üniversite bölümleri ülkeden ülkeye değişmektedir. Avrupa’da İspanya, Portekiz, Fransa gibi latin dili konuşan ülkelerde “Jeoloji mühendisliği” unvanı” vardır ve bunu Almanya, İngiltere ve kuzey Avrupa ülkeleri “latin icadı” diye eleştirilmektedir. Söz konusu latin ülkelerinde jeolog ve jeoloji mühendisleri aynı meslek örgütüne üyedirler. EFG ise yayınlandığı bildirme ile “jeoloji mühendisliğinin” “mühendislik jeoloğu” unvanı ile lisans eğitimi sonrası hidrojeoloji toprak ve kaya mekaniği dersleri ile desteklenen bir yüksek lisans uzmanlığı olması gerektiğini savunmaktadır. (EFG Council Meeting decision 11-June 2005 Prague Czech Republic).

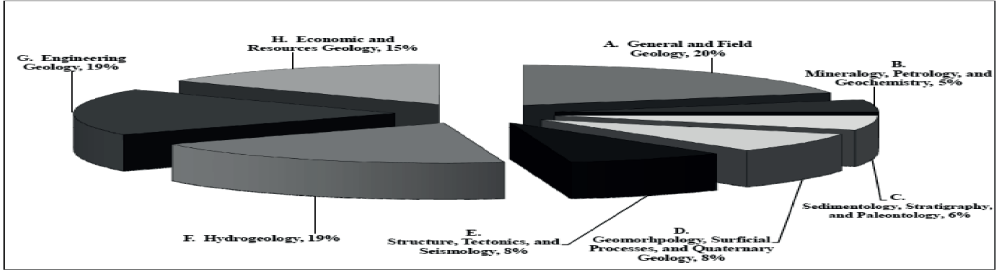
### **“MESLEKİ UNVAN” UYGULAMALARI**

Ülkemizde mesleki unvan uygulaması olmadığı halde YÖK AB ye uyum için diplomalara mesleki unvanı karakterize eden “mühendis unvanı”nın yerine “mühendislik eğitimini tamamlamıştır” diye yazılmasına

karar verdi ama ne yazık ki mesleki unvanın yasal olarak meslek örgütlerince verilmesi bugüne kadar sağlanamadı. Mesleki unvan ilk olarak gündeme “yetkin mühendis” unvanı ile gelmiştir yani “yetkin mühendis” bir mesleki unvandır bütün dünyada olduğu gibi meslek örgütleri verir ve “yetkin mühendislik” JMO’da tartışılmıştır (Aras, 2004; Atıl, 2004; Yayın kurulu, 2004). Bugün JMO web sayfasında duyurulan “EUROING” de mesleki unvandır. Ancak bu durumda sadece uluslararası tanınırlığı olduğu için ABET akredite program mezunları, yani ODTÜ ve İTÜ mezunları “yetkin mühendis EUROING”

unvanı alabilir. Ancak madencilik sektöründe uluslararası talep QP=EURGEOL unvanıdır ve Türkiye’de gecikerek de olsa, son zamanlarda her zaman olduğu gibi uluslararası normlara uygun maden arama, kaynak ve rezerv tespiti çalışmalarında uluslararası standartlarda CRIRSCO’ya uygun rapor yazma gerekliliği ihtiyacı olunca hayata geçti ve Maden Jeologları Derneği EFG’ye üye olması ile çözüldü.

Sekil 2. ABD’de ASBOG (National Association of state board of Geology) tarafından yapılan sınavlarda soruların programlardaki



derslere göre dağılımı

## TARTIŞMA SONUÇLAR

-Ülkemizde bugün tek akademik unvan “jeoloji mühendisliğidir” ve dünyada tek akademik unvan olan tek ülkedir.

-Bu unvanın gerektirdiği tek tip programda “temel jeoloji dersleri ve mühendislik dersleri” denge halinde olması gerekmektedir. Bugün İTÜ ve ODTÜ’de bu denge ABET ile bazı üniversitelerde ise MÜDEK ile sağlanmıştır.

-EUROING ve EURGEOL mesleki unvanlardır.

-JMO’nun EFG ye tam üyeliği ve diğer bir deyişle EURGEOL unvanının JMO üyelerinin almasına tek akademik unvan olan “Jeoloji Mühendisliği” engel değildir.

## KAYNAKLAR

Aras, A., 2000 a, Avrupalı Jeologlar Federasyonu ve Jeologların Avrupa’da Serbest Dolaşımı 53. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiriler Kitabı, sayfa 329

Aras, A., 2000 b, EFG Genel Kurulu ve 1. Uluslararası Mesleki Jeoloji Konferansı Jeoloji Mühendisleri Odası haber Bülteni, Sayı 2000-3-4 s 36-40

Aras, A., 2000 c, The past and future of the education of geological engineering in Turkey European Geologist 1st International Professional Geology Conference proceedings Alicante, Spain 10-12 July page 101-104

Aras, A., 2003. Dünyada jeoloji mesleği eğitimi ve örgütleri 56 Türkiye Jeoloji Ku-

rultayı Bildiriler kitabı, Ankara, s 257

Aras, A.,2000d. “Bütünleşme süreci içinde jeologların serbest dolaşımı” Ankara Üniversitesi Araştırma ve uygulama merkezi Avrupa Birliği uluslar arası ilişkiler eğitim kursu bitirme tezi (MTA ve JMO Kütüphanesi) 9-3-1999 31-5-1999

Aras, A., 2001 Akademik ve mesleki unvanların jeoloji mesleği ve toplum içindeki anlamları arasındaki farklar” Jeoloji Mühendisleri Odası Haber Bülteni, Sayı 2001-5-6 S 80-83

Cengiz, İ., Özaslan, H., 2001. EFG nedir ne değildir Jeoloji Mühendisleri Odası Haber Bülteni Sayı 2000 1-2 sayfa 75 76

Aras, A., 2004. Yekin mühendislik. Jeoloji Mühendisleri Odası Haber Bült.2004/4 83-86

Atıl, H., 2004. Uzmanlık üzerine Jeoloji Mühendisleri Odası Haber Bülteni JMO Haber bülteni 2004/4 87-92

Aras, A., 2006. JMO,AB,EFG, Serbest dolaşım ve Avrupa Jeoluğu 59. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiriler kitabı s 382.

Yayın Kurulu, 2004. Yetkin mühendislik üzerine Jeoloji Mühendisleri Odası Haber Bülteni 2004/4 93-106

Aras, A., 2007. Tunning Project –Uyumlaştırma Projesi” 60. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiri özleri kitabı 16-22 Nisan Ankara 27-31

Aras, A., 2010. Avrupa akredite Jeoloji eğitim programaları projesi (EUROAGES), 63 Türkiye Jeolo Kur, 5-9 Nisan MTA –Ankara

Aras, A., 2012. Avrupa akredite eğitim programları projesi ve sonuçları, 64. Türkiye Jeoloji Kurultayı 25-29 Nisan MTA–Ankara





**UZAKTAN ALGILAMA VE COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ / REMOTE SENSING AND GIS**

Kaan Şevki KAVAK - Can AYDAY - Tolga ÇAN - Bekir Taner SAN

---

***Sözlü Sunumlar/Oral Presentations***

***TAM METİN BİLDİRİLER/***

***PROCEEDINGS***





## Taşınmaz Değer Haritalarının Coğrafi Bilgi Sistemleri İle Üretilmesi: Çanakkale Örneği

*Production of Immovable Value Maps Using Geographic Information  
Systems: A Case Study, Çanakkale*

Müge Özgüven<sup>1</sup>, Ramazan Cüneyt Erenoğlu<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Coğrafi Bilgi Teknolojileri Anabilim Dalı, Terzioğlu  
Kampüsü, Çanakkale

<sup>2</sup> Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Terzioğlu Kampüsü,  
Çanakkale

(mugeozguven@gmail.com, ceren@comu.edu.tr)

**Öz:** Taşınmaz değerlendirme ile yerleşim bölgelerinin seçilmesi, kentlere ait ticari yoğunluğu sahip alanların belirlenmesi, imar planlarının değerlendirilmesi, mülkiyet haklarıyla ilgili ayrıntıların araştırılması ve raporlanması sağlanabilmektedir. Nitelikli, hızlı, güvenilir ve doğru taşınmaz değerlendirme için güncel verilere ve nitelikli emsallere ihtiyaç duyulmaktadır. Taşınmaz değerlendirme alanı ülkemizde yakın tarihte ön plana çıkmıştır. Bu sebeple konu ile ilgili bir veri tabanı ve yeterli derecede çalışma veya araştırma bulunmamaktadır. Bu eksiklikten yola çıkılarak her yeni projede ya da raporlamada zaman ve emek kaybı söz konusu olmaktadır. Tüm bu ihtiyaçlar, nitelikli ve ulaşılabilir bir veri tabanına olan ihtiyacı ortaya çıkarmıştır. Konumsal ve öznel verilerinin bütünleştirilmesi ile taşınmazların değerlerine etki eden faktörlerin birlikte değerlendirildiği bir değer haritasının oluşturulması gerekmektedir. Bu çalışma için Çanakkale İli, Merkez İlçesi, Esenler Mahallesinde yer alan yapısız arsalar seçilmiştir. Yapısız parsellere etki eden faktörler kamu hizmetlerinden yararlanma, jeolojik durum, deprensellik, toplam inşaat alanı, ana caddeye uzaklık, cephe kullanımı, parsel şekli, yapılaşma şartı olarak belirlenmiştir. Seçilen faktörler analitik hiyerarşi işlemine göre ikili faktörler oluşturularak puanlandırılmıştır. Faktörlerin üstünlük derecelerine göre karşılaştırılma matrisleri oluşturulmuştur. Her iki faktörün birbirine olan üstünlüklerine göre eşit olması durumunda '1', üstünlük derecelerine göre 3, 5, 7, 9 puanları verilerek karşılaştırılma matrisleri oluşturulmuştur. İkili karşılaştırma matrisinden yapısız parsellere etki eden faktörlerin ağırlıkları elde edilmiştir. Coğrafi Bilgi Sistemleri yardımıyla puanlama yöntemi ve analitik hiyerarşi işlemi ile bölgeye ait bir değer haritası oluşturulmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Analitik Hiyerarşi Prosesi, Land Management, Coğrafi Bilgi Sistemleri, Değer Haritası, Taşınmaz Değerleme

**Abstract:** Selection of Immovable valuation, settlement areas, determination of commercial densities of cities, evaluation of development plans, investigation of details of property rights and reporting can be provided. There is a need for up-to-date data and qualified peers for qualitative, fast, reliable and accurate immovable valuation. The Immovable appraisal area has recently come to the fore in our country. For this reason, there is no database and a lot of research

and research. This lack of time and effort in every new project or reporting is lost. All these needs revealed the need for a qualified and accessible database. The integration of positional and attribute data and a value map with the factors affecting the values of the immovables must be developed together. In the scope of this study, there are unconstructed lands located in Esenler neighborhood of Central District of Çanakkale. Factors affecting the unlicensed parcels were utilizing public services, geological status, seismicity, total construction area, distance to main street, facade usage, parcel shape, construction condition. When the two factors are equal to each other in terms of their superiority, 1, 3, 5, 7, 9 scores are given and comparison matrices are formed. The comparison matrices were generated according to the superiority of the factors. The weights of the factors affecting the parcels without structural structure were obtained from the binary comparison matrix. With the help of Geographical Information Systems, the valuation method and the analytic hierarchy process have been created.

**Keywords:** Analytical Hierarchy Process, Geographic Information Systems, Value Map, Immovable Valuation

## GİRİŞ

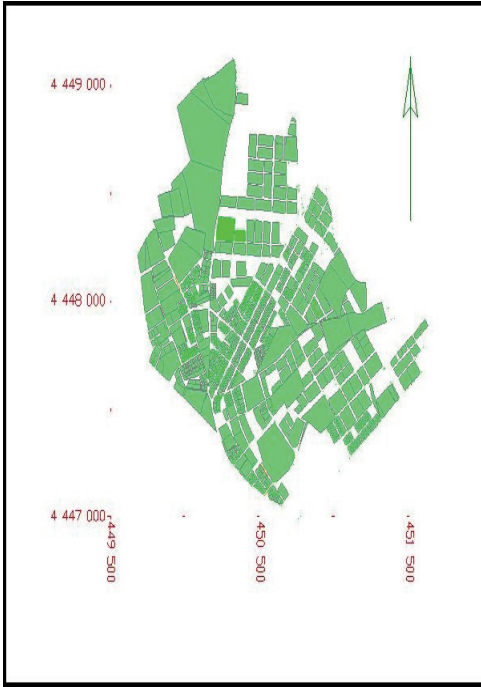
Taşınmaz değerlendirme alanında yapılan çalışmaların artması nitelikli, doğru bir veri tabanı ihtiyacı ortaya çıkarmıştır. Verilerin hızlı bir şekilde sorgulanması ve analizi ihtiyacı bulunmaktadır. Coğrafi bilgi sistemleri uygulamalarıyla konuma dayalı güncel, nitelikli ve doğru veri tabanı oluşturulabilmektedir.

## TAŞINMAZ DEĞER HARİTALARININ CBS İLE ÜRETİLMESİ

Coğrafi Bilgi Sistemleri ile taşınmaz değerlerinin belirlenmesi, projelerin ve raporlama işlemlerinin daha kısa sürede, daha güvenilir ve daha objektif olmasını sağlamaktadır. Saptırıcı değerlerin söz konusu olduğu bölgelerde değerlendirme işleminin daha güvenilir bir şekilde yapılması sağlanmaktadır. Değer haritalarının güncellenebilir olması sebebiyle de değişen faktörler göz önünde bulundurulur ve güncel veriler analiz edilerek değerlendirme işlemi yapılabilmektedir. (Erdoğan ve Tiryakioğlu, 2006).

Bu çalışma kapsamında Çanakkale İli, Merkez İlçesi, Esenler Mahallesinde yer alan yapısız arsalar ele alınmıştır. (Şekil -1) 1915 Çanakkale Köprüsünün proje aşaması ile

başlayan ve nitekim inşaatına başlanması ile devam eden süreçte Çanakkale İli taşınmaz değerlendirme alanında oldukça önem kazanmıştır. Bölgeyle ilgili değer analizlerine ihtiyaç artmıştır. Bu ihtiyaçtan yola çıkılarak Çanakkale İli'nin en hızlı gelişim gösteren bölgesi olan Esenler Bölgesi bu çalışma için seçilerek değer haritası oluşturulması amaçlanmıştır. Ayrıca Karacaören Köyünün belirli bir kısmının 1/1000 Ölçekli Uygulama İmar Planına dahil edilmesiyle birlikte bölge değer kazanmıştır. Bölgede bulunan cadde-lerin ticari faaliyet kazanması ile bölge ticari fonksiyonlu da gelişim göstermektedir. Bölgede yapılaşma koşullarının değişmesi ile konut alanında on kata kadar yapı yapılabilmesi ile yapısız arsalar değer kazanmıştır. Çanakkale İli'ni kapsayan konut projelerinin bu bölgede artış gösterdiği tespit edilmiştir.



Şekil 1. Çalışma Alanı: Çanakkale İli, Merkez İlçesi, Esenler Mahallesi (Sezen, 2010)

Çanakkale İli, magmatik, metamorfik ve sedimanter kayaların hemen hemen her türünün gözlendiği, tektonik açıdan da aktif bir bölge olan Biga Yarımadası'nda yer almaktadır. Çalışma alanı olarak seçilen Esenler Mahallesi'nde yeraltı suları bulunmamaktadır. (Sezen, 2010). Esenler Mahallesi, kamu hizmetlerinden tam olarak yararlanmaktadır. Gelişmekte olan bir bölgedir. Çanakkale ili ve çevresi Türkiye deprem bölgeleri haritasında 1. derece deprem bölgesi olarak yer almaktadır. (Türkoğlu, 2017). Tüm bu gelişmeler neticesinde çalışma bölgesi olarak Esenler Mahallesi seçilmiştir.

### Amaç ve Kapsam

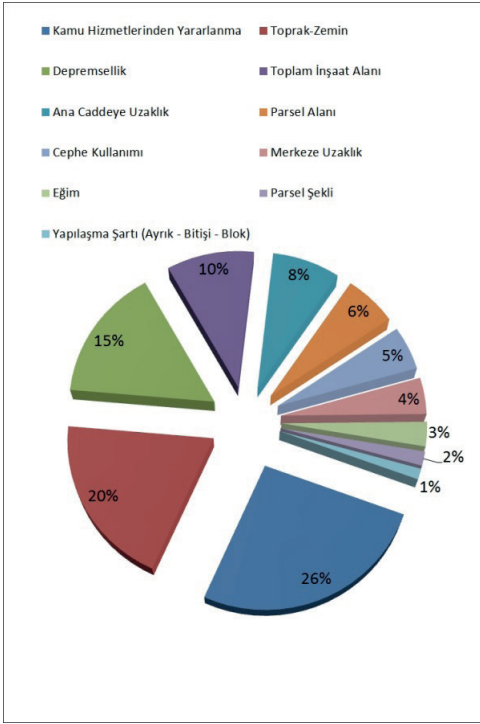
Taşınmaz değerlendirme son yıllarda Çanakkale İli için önem arz etmektedir. 1915 Çanakkale Köprüsü inşaatı göz önünde bulundurulduğunda Çanakkale İli yatırım şirketlerince

öncelikli tutulmaktadır. Köprü ve bağlantı yolları mevcut durumda tarım arazilerin bulunduğu bölgede yer almaktadır. Fakat Çanakkale İli, Merkez İlçesinin konut, arsa ve iş yeri satış değerlerini etkilemektedir. Seçilen bölgede bulunan Esenler Mahallesinde yapılaşma hızı, alım ve satımın fazla olması, ticari yoğunluğun oluşturulmaya çalışılması, imar durumu gibi özellikler göz önünde bulundurulduğunda bölge Çanakkale İli için önem arz etmektedir. Bu bölgede daha önce bir çalışma yapılmamasından kaynaklı güncellenebilir bir değer haritasının oluşturulmasının gerekliliği tespit edilmiştir.

### Materyal ve Metod

Çanakkale İli, Merkez İlçesi, Esenler Mahallesi yer alan parsellerin, değer haritası için puanlama yöntemi ve analitik hiyerarşi işlemi kullanılmıştır. Uygulama kapsamında seçilen yapısız parselleri etkileyen faktörler kamu hizmetlerinden yararlanma, toprak-zemin durumu, depremsellik, toplam inşaat alanı, ana caddeye uzaklık, parsel alanı, cephe kullanımı, merkeze uzaklık, eğim, parsel şekli, yapılaşma şartı (ayrık nizam, bitişik nizam, blok nizam) olarak belirlenmiştir. (Köktürk, 2016). Seçilen faktörler analitik hiyerarşi işlemine göre ikili faktörler oluşturularak puanlandırılmıştır. Her iki faktörün birbirine olan üstünlüklerine göre eşit olması durumunda '1', üstünlük derecelerine göre 3, 5, 7, 9 puanları verilerek karşılaştırılma matrisleri oluşturulmuştur. (Toktaş, 2012) İkili karşılaştırma matrisinden öncelik olan ağırlık elde edilmiştir. (Şekil -2)

Karşılaştırmalar arasındaki tutarlılığı gösteren uyum oranı hesaplanmıştır. Uyum oranı 0.093 olarak hesaplanmıştır. Uyum oranı testinde uyum oranınının 0.1'den küçük olması iyi olarak değerlendirilmiş ve karşılaştırma matrisleri tutarlı kabul edilmiştir. (Timor, 2011)



Şekil 2. Yapısız parsellerin değerine etki eden faktörler

Yapısız parsellerde taşınmaz değer haritası oluşturmak ArcGIS ve mekânsal analiz eklentisi ile sağlanmıştır. Parsel değerine etki eden faktörlerin piksel değerlerine, puanlama yöntemi ile “değer” verilmiştir, belirlenen faktörlerin ağırlıklarıyla bindirme analizi ile taşınmaz değer haritası oluşturulmuştur. (Torun ve Yanalak, 2009)

### Anolitik Hiyerarşi Yöntemi

Esenler Mahallesinde bulunan yapısız parsellerin değer haritasının oluşturulması kapsamında ilk olarak NetCAD ortamında kadastro ve 1/1000 Ölçekli Uygulama İmar Planı katmanlandırılmıştır. Bu veriler, Goog-

le Earth görüntüleri ile çakıştırılarak yapısız parseller tespit edilmiştir. Uygulama imar planında yer alan özel yapılaşma koşullarına sahip parseller elenmiştir. Veriler ArcGIS ortamına aktarılmıştır. Yapısız faktörlerin değerine etki eden faktörler puanlanmıştır. Kamu hizmetlerinden yararlanma faktörünün değerlendirme aşamasında elektrik, su, kanalizasyon, doğal gaz ve telefon hizmetleri dikkate alınmıştır. Parsel için mevcutta bulunan hizmetler için 100 puan verilmiştir. Mevcut bulunmayan hizmetler için 0 puan verilerek ortalama puan elde edilmiştir. Toprak-zemin grubunda parsellerin zemin grubu tanımlarına göre puanlandırılmıştır. Kayaçlar, sert kil, çok sıkı kum sınıflarında ‘100’ puan olarak değerlendirilmiştir. Gevşek volkanik kayalar, sıkı kum çakıl, katı killer ise ‘70’ puan; yumuşak, süreksizlik düzlemi bulunan çok ayrılmış metamorfik kayalar, orta sıkı kum, çakıl ‘40’ puan, gevşek kum, yumuşak kil ‘10’ puan olarak değerlendirilmiştir. (Torun, Yanalak, Şeker, 2009). Depremsellik faktöründe ise bölgenin 1. derece deprem bölgesinde yer alması sebebiyle tüm parseller eşit puanlandırılmıştır.

Ana caddeye uzaklık faktöründe bölgede bulunan ticari yoğunluğu yüksek caddelere olan uzaklıklara göre yeniden sınıflandırma işlemi yapılarak puanlandırılmıştır.

Eğim faktöründe: değerlendirme aşamasında kullanılan eğimsiz, az eğimli ve çok eğimli ifadeleri referans alınarak puanlandırma gerçekleştirilmiştir.

Parsel değerleri, faktör puanları ve faktörlerin ağırlıkları göz önünde bulundurularak hesaplanmıştır. Yeniden sınıflandırma yapıldıktan sonra puanlama yöntemine göre faktör ağırlıklarıyla oluşturulan değer haritası elde edilmiştir.

### SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada Esenler Mahallesinde puan-

lama yöntemi ile analitik hiyerarşi yöntemi ile yapısız parsellerde taşınmaz değer haritası oluşturulmuştur. Puanlama yöntemi ile yapısız parsellerin çevresel, teknik ve sosyal faktörlere göre puanlaması yapılmıştır. Değer haritası faktörleri, ağırlıkları ile yapısız parselin taşınmaz değerini göstermektedir. Değer haritası ile parsellerin öznelikleri sorgulanabilir, analiz edilebilir ve değişkenlere göre hızlıca değiştirilebilir. Seçilen bölgede yapılaşma hızı, alım ve satımın fazla olması, ticari yoğunluğun oluşturulmaya çalışması, imar durumu gibi özellikler göz önünde bulundurulduğunda bölge Çanakkale İli için önem arz etmektedir. Bu bölgede güncellenebilir, güvenilir ve kapsamlı bir değer haritasının oluşturulması ile hızlı, objektif verilere ulaşılarak saptırıcı değerden uzaklaşılabilir.

## KAYNAKLAR

Bekler, T., 2015. Alüvyon Zemin Tepkisinin Jeofizik Ve Geoteknik Yöntemlerle İncelenmesi Ve Yerleşime Uygunluk: Çanakkale Şehri Örneği, 3. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı, 14-16 Ekim 2015, 9 s.

Erdoğan, S., Tiryakioğlu, İ., 2006. Coğrafi Bilgi Sistemleri Destekli Taşınmaz Değerleme: Afyonkarahisar Örneği, 15 s.

Köktürk E., Köktürk, E., 2016. Taşınmaz Değerleme, Seçkin Yay., İstanbul, 1376 s.

Sezen, F., 2010. Çanakkale Kenti Konut Alanlarında Jeolojik Altyapı Ve Çevre Kalitesi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 274959, Yüksek lisans tezi, 61 s.

Timor M., 2011. Analitik Hiyerarşi Prosesi, Türkmen Kitapevi, İstanbul, (301 s)

Torun M.K., Yanalak M., Şeker, D., 2009. Taşınmaz Değer Haritalarının Coğrafi Bilgi Sistemleri İle Üretilmesi, TMMOB Harita

ve Kadastro Mühendisleri Odası 12. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı 11-15 Mayıs 2009

Toktaş, M., 2012, Hazine Arazileri İçin Cbs Destekli Değer Haritalarının Üretilmesi: Afyonkarahisar Örneği, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 325454, Yüksek lisans tezi, 148 s. (yayımlanmıştır.)

Türkoğlu, P., 2017. Çanakkale İli Barbaros Mahallesi Zeminlerinin Sıvılaşma Potansiyelinin Belirlenmesi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 457127, Yüksek lisans tezi, 91 s. (yayımlanmıştır.)

<https://deprem.afad.gov.tr>





## Samsun İli Heyelan Duyarlılık Analizi Sonrası Meydana Gelen Heyelanların Analiz Sonuçlarıyla Karşılaştırılması

*Comparison Between Landslide Sensitivity Analysis Results and the  
Landslides That Happened After Landslide Sensitivity Analysis in Samsun*

**Emre Çoşkunlu, Aytek Ersan, Erkin Tekin, Emre Doğramacı,  
Kıvanç Çalışkan, Kemal Gökhan Sancak, Levent Uçarlı**

*İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü, İstiklal Mah., 928. Cad. No:26 55200 Atakum/SAMSUN  
(emre.coskunlu@afad.gov.tr)*

**Öz:** Kaya, toprak veya arazi parçalarının, yer çekimi veya depremler, aşırı yağışlar gibi dış etkenlerin etkisi ile fark edilebilir düzeyde eğim aşağı doğru kayması veya hareket etmesi durumu ve toprak kayması olarak tanımlanan heyelanlar; Samsun ili afet olayları incelendiğinde, en sık karşılaşılan olaydır. Bölgede heyelanlar daha çok akma şeklinde gözlenmektedir. Heyelan aktiviteleri sonucu arazide oluşan deformasyonlar; yerleşim yerleri, tarım arazileri, kara ve demir yolları, altyapılar gibi alanlarda can ve mal kaybına yol açabilmektedir.

Samsun ili heyelan duyarlılık haritasının oluşturulması için 98 adet 1/25.000 ölçekli topoğrafik MTA heyelan envanter haritasında bulunan paleoheyelanların yerinde tespiti, düzeltilmesi ve aktif heyelanların eklenmesi sonrası 749 heyelan analize hazır hale getirilmiştir. Heyelan duyarlılık analizinde yükseklik, eğim, bakı, jeoloji, eğrilik, akarsuya yakınlık, yola yakınlık ve erozyon parametreleri kullanılmıştır. Analizde yaygın kullanımı nedeniyle frekans oranı yöntemi tercih edilmiştir. Heyelan duyarlılık haritasının güvenilirliğini test etmek için; heyelan envanterinde yer alan ve kontrol amacıyla analize dahil edilmeyen 149 heyelan poligonu duyarlılık haritası ile karşılaştırılmıştır. Üretilen heyelan duyarlılık haritasının, kontrol heyelanları ile çok yüksek ve yüksek derecede duyarlı bölgeler bakımından toplamda % 86 uyumlu olduğu tespit edilmiştir.

Samsun Valiliği İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü (AFAD) teknik personeline 2016 ve 2017 yıllarında il ölçeğinde tespit edilen 16 heyelan, 2015 yılı sonunda üretilen heyelan duyarlılık haritasında konumlandırılmıştır. Mevcut heyelan duyarlılık haritasına konumlandırılan 16 heyelanın % 89 oranında çok yüksek ve yüksek derecede duyarlı alanda kaldığı belirlenmiş olup, haritanın bu haliyle muhtemel heyelan yaşanabilecek sahalara için doğru, tutarlı ve yol gösterici olacağı düşünülmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** AFAD, afet, duyarlılık haritası, heyelan, Samsun.

**Abstract:** The landslides defined as the sliding of the rock, soil, or parts of the land because of the effect of external factors such as earthquakes or extreme rainfall. It is the most common occurrence when the disaster events of Samsun province are examined. Landslides in the region are observed as surface (shallow) slides. Deformations in the field as a result of landslide activities can lead to loss of life and property in areas such as settlements, agricultural lands,

land and railways and infrastructures.

In order to create the landslide susceptibility map of Samsun province, 749 landslide datas had become ready for analysis by fixing and adding more landslide datas from 98 paleolandslide datas which was taken from MTA landslide inventory map. In landslide susceptibility analysis, elevation, slope, aspect, geology, curvature, proximity to stream, proximity to road, and erosion parameters were used. Because of the widespread use in the analysis, the frequency ratio method was preferred. To test the reliability of the landslide susceptibility map; 149 landslide polygons included in the landslide inventory and not included in the analysis for control purposes, are compared with the susceptibility map. The landslide susceptibility map produced was found to be 86% compatible with control landslides in terms of very high and highly susceptible areas.

16 landslides, determined by the technical staff of the Governorship of Samsun Provincial Directorate for Disaster and Emergency (AFAD) in 2016 and 2017, are positioned on the landslide susceptibility map produced at the end of 2015. It is determined that 16 landslides that positioned at a very high and highly susceptible area with 89%. With this results, it is thought that the map is accurate, consistent, and guiding for probable landslides in this form.

**Keywords:** AFAD, disaster, landslide, Samsun, susceptibility map.

## GİRİŞ

Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığının Teşkilat ve Görevleri Hakkında Kanunda, ilin afet planlaması ve afet riski yönetim çalışmalarının koordinasyonu ve yönetiminin il müdürlüğünün yetki ve sorumluluğunda olduğu belirtilmiştir. Bu kapsamda Samsun İli Bütünleşik Afet Tehlike Haritalarının Hazırlanması projesinin bir kolu olan heyelan duyarlılık analizi çalışmalarına başlanılmıştır.

Mayıs 2015'te büro ve sahada alınan eğitimlere müteakip tamamlanan heyelan duyarlılık çalışması ile il bütününde heyelan potansiyeli taşıyan alanlar tespit edilmiş ve yeni arazi çalışmaları öncesinde ilgili teknik personele değerli bilgiler sağlanmıştır. Duyarlılık analizi çıktılarının heyelana yönelik afet etüt çalışmaları öncesi sağladığı bilginin yanı sıra, raporlama gerektiren gözlemsel etüt heyelanlarının duyarlılık analizini ne kadar doğruladığı da önemlidir. Bu gayede İl Müdürlüğümüz talebi ile 2016-2017 yıllarında il bütününde rapor düzenlenen heyelan olaylarının mevcut Samsun İli Heyelan Duyarlılık

Analizi altlığını ne kadar doğruladığı ile ilgili değerlendirme çalışmalarına başlanmıştır. Değerlendirmenin, heyelan duyarlılık analizi sonuçlarının gelecekte meydana gelecek heyelan sahalarında ne ölçüde tutarlı olabileceği hususunda yol gösterici olması beklenmektedir.

## SAMSUN HEYELAN DUYARLILIK ANALİZİ ÇALIŞMALARI

Haziran 2015'te başlayan büro çalışmalarında arazi altlığı ve veri tabanı oluşturulması aşaması yürütülmüştür. 15 ilçede görevli 4 saha ekibi kapsayan heyelan envanter toplama çalışmalarına büro ekibinin arazi ekiplerine görev yerlerini dağıtmaları ve tespit noktalarını sayısal olarak vermeleriyle Ağustos 2015'te başlanmıştır. Her ekip, gideceği heyelan noktalarını cepheden göreceği şekilde gidiş-dönüş güzergâhlarını bireysel olarak belirlemiş ve güzergâh/nokta sayısına göre arazi çalışmalarını planlamıştır.

Heyelan kütleleri çizilirken topuk kısmı göz ardı edilmiş olup; yalnızca aktif olan kayma

bölgeleri dikkate alınmıştır. Arazi ekiplerince yerinde tespিতে müteakip günlük teslim edilen heyelanlara ait kapalı alan verileri, büro ekibince ArcMap ortamında sayısal hale getirilmiştir. Kasım 2015 itibarıyla tamamlanan ile ait heyelan envanterine ek olarak, 2012 ve 2014 yıllarında heyelan envanter toplama aşaması yine Müdürlüğümüzce tamamlanan 19 Mayıs ve Ladik heyelan envanterinin de dahil edilmesiyle toplam 749 adet heyelan, çalışmaya altlık oluşturmak üzere belirlenmiştir (Ersan vd., 2016). Heyelan duyarlılık haritası oluşturulurken litoloji, eğim, baki, yükseklik, akarsuya yakınlık, yola yakınlık, erozyon ve eğrilikten ibaret 8 parametre kullanılmıştır. Analiz için literatürde sıkça kullanılan bir yöntem olan Frekans Oranı Metodu kullanılmıştır (Akgün, 2007; Akgün vd., 2008; Akıncı vd., 2010; Akıncı vd., 2011; Dağ ve Bulut, 2012; Ersan vd., 2013). Analiz sonrası üretilen ve 5 eşit sınıfa ayrılan haritadan kontrol heyelanlarının mask yapılması sonucu; % 86 oranında pikselin 4. ve 5. derece duyarlılık içerisinde kaldığı görülmüştür.

### **Analiz Çalışmaları Sonrası Meydana Gelen Heyelanların Samsun Heyelan Duyarlılık Haritasındaki Yerleri**

Bu bölümde 2016 ve 2017 yıllarında ilimizde meydana gelen ve mevzuat gereği düzenlenen raporlarla sabit heyelan olayları ele alınmıştır.

Heyelan duyarlılık analizi ve çıktısı olan heyelan duyarlılık haritası, meydana gelmesi muhtemel heyelanlara karşı duyarlı alanları ortaya koyan, herhangi bir alanın heyelan oluşumuna karşı eğiliminin derecesini gösteren bir veri setidir. Harita oluşumunda doğal koşullarda olduğu düşünülen 2016 ve 2017 yıllarında Samsun ilinin 9 ilçesinde meydana gelen 16 heyelan girdi olarak seçilmiştir. Buna karşın resmi raporlara konu olan bazı

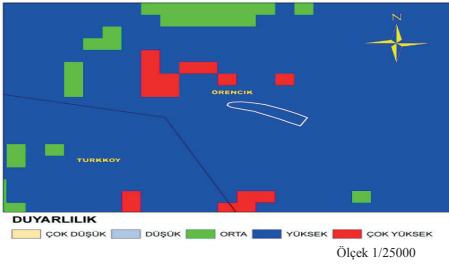
heyelanlar doğal koşullar yerine insan etkisiyle tetiklenmiş ve kütlelerin hareketlenmesine sebep olmuştur. Bu doğrultuda 22.07.2016 tarihli Havza İlçesi Medrese Mahallesi heyelanı, yamacın alt kotlarında inşaat kazısının yapılmasına müteakip aşırı yağışlarla kütlelerin aniden hareketlenmesi sonucu meydana gelmiştir. Heyelan sonrası yerinde yapılan teknik incelemelerle sahanın doğal koşullarda meydana gelen bir aktivite olmadığı düşünüldüğünden bu haliyle Medrese Mahallesi heyelanı, değerlendirme dışında tutulmuştur.

Heyelan duyarlılık analizi çalışmalarının tamamlanması sonrası meydana gelen heyelanlara örnek verecek olursak, Bafra İlçesi Örencik Mahallesinde meydana gelen heyelan olayı akma şeklinde gelişmiş, mevsimsel yağışların etkisiyle şev duraylılığı bozulmuş ve yüksek eğimde kütlelerin serbest kalmasına sebep olmuştur (Şekil 1). Heyelana ait poligonun duyarlılık haritası üzerine atılması sonucunda heyelanın yüksek duyarlı alana düştüğü görülmektedir (Şekil 2).

Atakum İlçesi Mevlana Mahallesinde meydana gelen diğer heyelan olayı ise dairesel kayma ve akma şeklinde gelişmiş olup, mevsimsel yağışların etkisi, doğal drenaj şartları ile şev duraylılığı bozulmuş ve yüksek eğimde kütlelerin serbest kalmasına sebep olmuştur. Heyelana ait poligonun duyarlılık haritası üzerine atılması sonucunda heyelanın 4. derecede duyarlı (yüksek duyarlı) alana düştüğü görülmüştür.



Şekil 1: Örencik Mahallesi heyelanından genel görünüm (41.497321° K, 35.818323°D)



Şekil 2: Örencik Mahallesi heyelan poligonunun Samsun heyelan duyarlılık haritasında görünümü

### Duyarlılık haritasının değerlendirilmesi

Bu bölümde farklı heyelan gruplarının duyarlılık doğrulaması neticelerinden bahsedilecektir. Önceki bölümlerde de bahsedildiği üzere Jeolojik Etüt Raporu ile kayıt altına alınan heyelanlar veri grubunu oluşturmaktadır. 25x25 m piksel ile üretilen heyelan duyarlılık haritası üzerine atılan doğrulama heyelanlarından alanları küçük olanlar tam bir pikseli kaplamadığından ve/veya farklı duyarlılık dereceli pikseller üzerinde bulunması gibi nedenlerle poligon olarak yapılmak istenen maskeleme işlemi, yazılımın poligon içinde kalan tam bir pikseli hesaplamak istediğinden sağlıklı neticeler vermemektedir. Bu sebeple

heyelan duyarlılık haritası nokta olarak çevrilmiş ve heyelan poligonları içinde tam bir piksel yerine nokta aranması hesaplamayı kolaylaştırmıştır. Nokta olarak çevrilen heyelan duyarlılık haritası üzerine atılan doğrulama heyelanlarına ait kapalı alanlar üzerinden ilgili duyarlılık derecelerini temsil eden noktalar sayılmış ve doğruluk yüzdesi hesaplanmıştır. Hesaplamalar neticesinde, Jeolojik Etüt Raporlarına konu olan 16 heyelanın heyelan duyarlılık haritasına atılması sonrası, noktaların % 89 oranında yüksek ve çok yüksek dereceli duyarlılık içerisinde kaldığı görülmüştür.

### SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada Samsun Valiliği İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü teknik personelince yürütülen, Samsun İli Bütünleşik Afet Tehlike Haritalarının Hazırlanması Projesinin bir kolu olan heyelan duyarlılık analizi çalışmalarından ve analiz sonrası meydana gelen heyelanların üretilen heyelan duyarlılık haritasındaki konumlarına ait değerlendirmeden bahsedilmiştir.

2016 ve 2017 yıllarında Samsun İli sınırları içerisinde meydana gelen ve ilgili mevzuat gereği Jeolojik Etüt Raporu düzenlenen heyelanların, 2015 yılında tarafımızdan üretilen heyelan duyarlılık haritası üzerine atılarak doğrulaması yapılmıştır. Doğrulama sonucuna göre; 16 heyelan poligonunun heyelan duyarlılık haritası ile çakıştırılması sonrası % 89 oranında pikselin yüksek ve çok yüksek derece duyarlılık içerisinde kaldığı görülmüştür. Üretilen heyelan duyarlılık haritalarının bilhassa heyelan afet etüt çalışmalarında ilgili arazi personeline oldukça yardımcı olacağı düşünülmektedir. Bu çalışmalar ile ortaya konan duyarlılık doğrulamasının, gelecekte yapılacak tehlike ve risk çalışmalarına ve çalışmacılara katkı vermesi beklenmektedir.

## KAYNAKLAR

Akgün, A., 2007. Ayvalık ve Yakın Çevresinin Erozyon ve Heyelan Duyarlılığının Coğrafi Bilgi Sistemleri Tabanlı İncelemesi, Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir (yayınlanmamış).

Akgün, A., Dağ, S., Bulut F., 2008. Landslide Susceptibility Mapping for a Landslide-Prone Area (Fındıklı, NE of Turkey) by Likelihood Frequency Ratio and Weighted Linear Combination Models, *Environmental Geol.*, 54 (6), 1127-1143.

Akıncı, H., Doğan, S., Kılıçoğlu, C., 2011. Frekans Oranı Metodu Kullanılarak Samsun İl Merkezinin Heyelan Duyarlılık Haritasının Üretilmesi, 13. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, 18-22 Nisan 2011, Ankara.

Akıncı, H., Doğan, S., Kılıçoğlu, C., Keçeci, S. B., 2010. Samsun İl Merkezinin Heyelan Duyarlılık Haritasının Üretilmesi, *Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi*, Cilt 2, No:3, 13-27 s.

Dağ, S. & Bulut, F., 2012. Coğrafi Bilgi Sistemleri Tabanlı Heyelan Duyarlılık Haritasının Hazırlanmasına Bir Örnek: Çayeli (Rize,

KD Türkiye), *Jeoloji Mühendisleri Dergisi*, 36-1, 35-62.

Ersan, A., Çoşkunlu, E., Tekin, E., Uçarlı, L., Çalışkan, K., Aysu, Y., Koparmal, E., 2013. GIS Applications for Disaster Management in Ondokuzmayıs, Samsun (North Turkey), 4th International Geosciences Student Conference, 25-28 April 2013, Freie University, Berlin, Germany.

Ersan, A., Çalışkan, K., Çoşkunlu, E., Doğramacı, E., Tekin, E., Uçarlı, L., Tokel, H., Ün, A., Koparmal, E., 2016. Samsun İli Bütünlük Afet Tehlike Haritalarının Hazırlanması Projesi Kapsamında Yürütülen Heyelan Envanter Toplama Çalışması. Uluslararası Doğal Afetler ve Afet Yönetimi Sempozyumu, 02-04 Mart 2016, Karabük Üniversitesi, Karabük, s. 379-384.



## İzmir Fayı Balçova Segmenti Boyunca Gözlenen Heyelan Hareketlerinin DInSar Yöntemi İle Belirlenmesi ve İzlenmesi

*Detecting and Monitoring of Landslide Throughout Balçova Segments of  
Izmir Fault Using DInSar Technique*

Oğuz Yasin Özsoy<sup>1</sup>, Ahmet Hamdi Deliormanlı<sup>1</sup>, Atilla Hüsnü Eronat<sup>2</sup>,  
Mehmet Volkan Özdoğan<sup>1</sup>, Hasan Sözbilir<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Dokuz Eylül Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü

<sup>2</sup>Dokuz Eylül Üniversitesi, Deniz Bilimleri Enstitüsü

<sup>3</sup>Dokuz Eylül Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü

(ahmet.deliormanli@deu.edu.tr)

**Öz:** DInSar (Differential Radar Interferometry) yeryüzündeki düşey deformasyonları ölçeklenebilir bir uzaktan algılama metodudur. Bu metod ile en az iki radar uydu görüntüsü kullanılarak analiz yapılmaktadır. Bu iki görüntünün fazları karşılaştırılır ve faz farkı yükseklik farkıyla ilişkilendirilir. Yüksek duyarlılıklı (cm) DInSar yöntemi ile heyelan hareketleri sonucu oluşan yüzey hareketlerindeki değişimleri saptamak ve izlemek kullanılabilir bir yöntem olarak görülmektedir. Bu çalışma, İzmir Fay zonundaki heyelan hareketlerinin DInSAR yöntemi ile belirlenmesi ve izlenmesini içermektedir. Elde edilen sonuçlar ile fay zonunda bulunan heyelanlı sahalarda meydana gelen kütle hareketinin düşey deformasyon boyutu ve hızı DInSAR yöntemi ile tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** DInSAR (Differential Radar Interferometry), heyelan, uzaktan algılama, İzmir Fayı, deprem

**Abstract:** DinSAR is a remote sensing method which is capable of determining vertical deformations within the Earth and by this method, analysis is conducted by using at least 2 rader satellite images. The phases of these images are compared to each other and phase difference is associated with elevation difference. This study includes the determination and monitoring of the landslide movements in Izmir Fault Zone by DInSAR method. It seems probable to determine and monitor the vertical changes on the surface induced by landslides by using highly sensitive (cm) DInSAR method.

**Keywords:** DInSAR (Differential Radar Interferometry), landslide, remote sensing, Izmir Fault, earthquake

### GİRİŞ

Günümüzde uzaktan algılama biliminin heyelan izlenmesinde kullanılabilirliği önem kazanmıştır. Uzaktan algılama yöntemleri içinde de 3 boyutlu yüksek hassiyetli veri üretebilen radar uydu görüntüleri(DInSAR)

ve lazer tarama tekniklerinin(LiDAR) kullanımı ön plana çıkmaktadır. Bu çalışmada, heyelan hareketlerinin DInSAR yöntemi ile belirlenmesi ve izlenmesi ile kentsel yapılaşmaya etkilerinin ortaya konması amaçlanmıştır.

Heyelan bir eğimli yüzey üzerindeki, kaya,



zemin veya yapay dolgu malzemesinin yerçekiminin etkisiyle eğim yönünde harekete geçmesi olarak tanımlanmaktadır. Bu hareketi çoğu zaman deprem ve aşırı yağışlar tetiklemektedir.

Son yıllarda uzaktan algılama biliminin heyelan takibinde kullanılabilirliği gittikçe artmaktadır (Siegal ve Gillespie 1980, Gupta 2003, Aronoff 2005, Jensen 2006, Richards 2006). Uzaktan algılama yöntemlerinden yararlanarak yapılan çalışmalarda hareketin 3 boyutta takibini yapılabilmesi için RADAR (SAR) uyduları yada LiDAR sistemlerinin (Gupta 2003, Jensen 2006, Şengün 2010, Düzgün ve Demirel 2011) kullanılması gerekmektedir. Radar uydusu görüntüleri uydudan mikrodalga sinyallerinin gönderilip geri toplanması esasına dayanmakta ve bu sayede yeryüzünden 3. boyut hakkında bilgi toplayabilmektedir. RADAR uyduları yüzey hareketlerinin belirlenmesinde ise en az iki adet radar uydusunun aynı yerden görüntü alması ya da aynı uydunun aynı noktadan en az iki ölçüm alması esasına dayanan ve iki ölçüm arasındaki faz farkından düşey hareketi belirleyen InSAR yöntemini kullanmaktadır. InSAR yöntemi ile deformasyon miktarının belirlenmesi için aynı alandan birçok radar görüntüsü gerekmektedir. Bu ise her zaman mümkün olmamaktadır. Özellikle heyelanlı alanlar gibi spesifik alanlar üzerinde çalışıldığında InSAR yöntemi ile interferogram oluşturup deformasyon haritası oluşturacak yeterlilikte görüntü sayısı elde edilmeyebilmektedir. Bu durumda son yıllarda geliştirilen DInSAR yöntemi devreye girmektedir. DInSAR yöntemi de InSAR yönteminde olduğu gibi interferometri oluşturma ve bu interferometri üzerinden deformasyon haritası oluşturma esasına dayanmaktadır. Ancak burada DInSAR yöntemi sayısal yükseklik modeli verilerini de analizlere katarak sadece iki görüntüden analiz yapabilme imkanı sunmaktadır. Her iki yöntemde de analiz mantığı aynı şekilde çalışmaktadır. Bu anlamda, DIn-

SAR yöntemi, InSAR sisteminin deformasyon analizi için tasarlanmış özel bir durumdur.

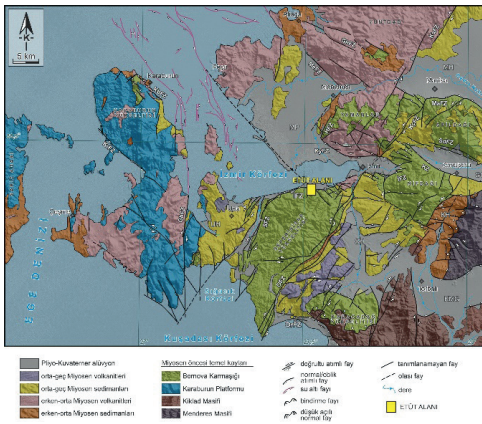
Bu kapsamda, çalışma alanı olarak İzmir Fayı Balçova Segmenti boyunca gözlenen heyelanlar seçilmiştir. Söz konusu heyelanlı alanların etki alanı içinde aynı zamanda Balçova ve Narlıdere ilçelerine ait yerleşimler de bulunmaktadır.

## **PROJE ALANININ BÖLGESEL JEOLJİSİ VE GÜNCEL SİSMOTEKTONİK ÖZELLİKLERİ**

Çalışma alanı ve çevresi bölgesel ölçekte İzmir-Balıkesir Transfer Zonu (İBTZ) içinde yer alır (Şekil 1). İBTZ, D-B uzanımlı Gediz (Alaşehir), Küçük Menderes ve Büyük Menderes grabenlerini, Menderes metamorfik çekirdek kompleksini ve bunlarla ilişkili olarak gelişen sıyrılmaya (detachment) faylarını batıdan sınırlar.

Çalışmanın konusunu oluşturan İzmir Fayı, Emre ve Barka, (2000) tarafından İzmir körfezini güneyden morfolojik olarak sınırlandıran D-B uzanımlı bir yapısal süreksizlik olarak tanımlanmaktadır. Fay Yamanlar yükseltisi içerisinde yer alan Seferihisar bloğunu kuzeyden sınırlar ve bölgedeki KD uzanımlı ana basamakları enine kat eden bir yapısal sınır olarak tanımlanır. Fayın düşen bloğunda şekillenmiş olan çöküntü alanı tabanı Karaburun Yarımadası ile Bayraklı arasında Ege Denizinin suları altındadır ve günümüzde oluşumu devam eden İzmir Körfezi'ni oluşturur (Emre ve diğ., 2005). Karada 35 km uzunluğa ulaşan fay, Gediz grabeninin devamı niteliğindeki bir yapısal hatta paralellik göstermektedir (Sözbilir ve diğ., 2008). Fay doğuda Pınarbaşı'ndan başlar ve batıya Uçkuyulara doğru uzanır. Burada yaklaşık D-B uzanımlı olan İzmir Fayı'na ait fay segmentleri, Balçova ve Narlıdere'ye doğru devam ederek, önce BKB-DGD, sonra da BGB-DKD uzanımlı

olarak düşük dalgaboylu bir kıvrımınla ile Güzelbahçe'ye ulaşır (Sözbilir ve diğ., 2008). Fayın yükselen bloğunda Üst Kretase-Paleosen yaşlı Bornova Karmaşığı, Miyosen yaşlı volkanosedimantar birimler; düşen kuvey bloğunda ise Kuvaterner-Holosen yaşlı alüvyonel, flüviyal ve denizel girdilerin gözlemlendiği çökeller ile Bornova Karmaşığı'na ait kumtaşı - şeyl yüzlekleri gözlenir. İzmir Fayı'nın batı bölümünü Balçova ve Narlıdere olmak üzere iki geometrik segmente ayırmaktadır. Çalışmacılara göre, Balçova segmenti, K82°D doğrultulu ve 15 km uzunluğundadır. Balçova segmenti İzmir Fayının jeolojik ve jeomorfolojik olarak en iyi izlenebildiği bölümdür (Emre ve diğ., 2005). Batı ucunda fay ikiye çatallanır. Güney kolu KD-GB doğrultulu ve sağ yönlü doğrultu atımlı Seferihisar fayının doğrultusunda sonlanır. KB'ya yönelen kuzey kol ise olasılıkla İzmir Körfezi tabanında Çiçekadaları ile Uzunada doğusunda yer alan KKB-GGD doğrultulu fay zonuyla bağlantılıdır. Balçova ile Buca arasında fayın güney bloğunda Miyosen yaşlı volkanik ve çökel kayalar yüzeyler. Buca yöresinde bu kaya topluluklarının üzerinde gelişmiş Pliyosen aşınım düzlükleri İzmir Fayı tarafından kesilmiş ve fayın güney bloğunda askıda kalmıştır.



Şekil 1. a) Etüt alanı ve çevresindeki jeolojik birimleri ve ana fayları gösteren jeolojik

haritası (Uzel ve diğ., 2013 ve içerisindeki A-F referanslarından değiştirilerek), GbFZ, Güzelbahçe Fay Zonu; GhFZ, Güzelhisar Fay Zonu; MeFZ, Menemen Fay Zonu; KFZ, Karşıyaka Fay Zonu; SFZ, Seferihisar Fay Zonu; OFZ, Orhanlı Fay Zonu (Tuzla Fayı); İFZ, İzmir Fay Zonu; KFZ, Kemalpaşa Fay Zonu; SdFZ, Spildağı Fay Zonu; MaFZ, Manisa Fay Zonu; UH, Urla Havzası; CH, Cumaovası Havzası; KMG, Küçük Menderes Grabeni; KH, Kocaçay Havzası; GG, Gediz Grabeni; MH, Manisa Havzası.

## RADAR UYDU GÖRÜNTÜLERİ ÇALIŞMALARI

Proje üçüncü döneminde çalışma bölgesine ait 2 adet radar uydu görüntüsü alınmıştır. Yüze hareketlerinin uydular vasıtasıyla belirlenmesine yönelik yapılan çalışmalarda TerraSAR-X uydusu verileri C bandına sahip ve nispeten daha düşük çözünürlük olan ERS, Envisat ve Sentinel – 1 IWS uydularına göre daha yüksek hassasiyetle analizler yapılmasına olanak sunmaktadır. Özellikle küçük miktarlı hareketlerin belirlenmesinde X bandına sahip (3.1 cm dalga boyu) TerraSAR-X uydu görüntüleri diğer uydu görüntü türlerine göre oldukça başarılı sonuçlar sunmaktadır.

Çalışma kapsamında D-Insar (diferansiyel interferometrik Yapay Açıklıklı Radar) tekniği ile İzmir fayı Balçova segmenti analizler gerçekleştirilmiştir.

D-Insar tekniği, iki farklı görüntü alımı arasında geçen zaman aralığında bölgede değişimin olduğu varsayar. Yani Interferometrik SAR tekniği yardımıyla iki radar uydusu görüntüsünde birbirine karşılık gelen piksellerin fazlarının farkı kullanılarak interferogram adı verilen değişim bilgisi elde edilmiştir.

Çalışmada kullanılan TerraSAR-X uydusu görüntülerine ait görüntüleri tanımlayan



ID'ler;

TSX1\_SAR\_SSC\_\_\_\_\_SM\_S\_SRA\_2008  
0201T160525\_20080201T160533

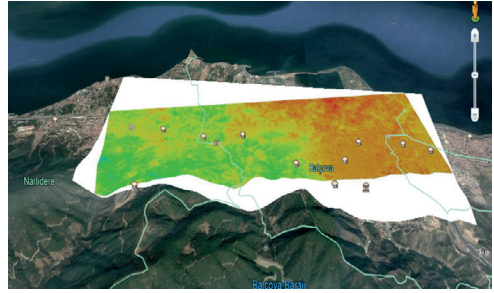
TSX1\_SAR\_SSC\_\_\_\_\_SM\_S\_SRA\_2015  
1120T160610\_20151120T160618

Görüntü çözünürlükleri 1\*1m'dir. Görüntüler üzerinden deformasyon analizleri ERDAS IMAGINE Programı içindeki "SAR Interferometry" modülü kullanılarak yapılmıştır. Elde edilen verilerden 3DReshaper yazılımı kullanılarak deformasyon analizleri gerçekleştirilmiştir.

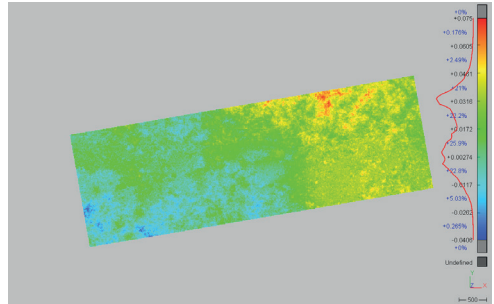
## SONUÇLAR VE TARTIŞMA

D-Insar (diferansiyel interferometrik Yapay Açıklıklı Radar) tekniği ile 20/11/2015 ve 01/02/2008 tarihli TSX1\_SAR\_SSC görüntülerinden elde edilen los (Line-of-Sight motion) verileri 3Dreshaper yazılımı kullanılarak analiz edilmiştir. Analiz sonucunda elde edilen deformasyon değerleri yukarıda belirtilen İzmir Fayı Balçova Segmenti genelinde temel alınarak belirlenmiştir. Analizlerde deformasyon/heyelan olan alanın sınırlarının dar tutulmuştur. Bu nedenle filtreleme, "phase unwrapping" aşamaları ve de zaman serisi uygulaması bina etkisini büyük ölçüde yok etmektedir.

**İzmir Fayı Balçova Segmenti alanına ait deformasyon değerleri Şekil 2'de verilmiştir.**



(a)



(b)

Şekil 2. (a)Balçova alanına ait los (Line-of-Sight motion) verileri google earth görüntüsü ile birlikte. (b) İzmir Fayı Balçova Segmenti Balçova alt alanına ait los (Line-of-Sight motion) verileri kullanılarak elde edilen deformasyon değerleri.

2008 ve 2015 yıllarına ait radar verilerinin analiz sonuçlarına göre İzmir Fayı Balçova Segmenti Bölgesi'nde oluşan deformasyon değerleri +7.5 ile -4 cm arasında değişim göstermektedir. Analiz çalışmaları 2013 ve 2014 yılı radar uydu görüntüleri kullanılarak geliştirilecektir.

## KATKI BELİRTME

Bu çalışma Ulusal Deprem Araştırma Programı (UDAP-G-16-05) tarafından desteklenmektedir.

## KAYNAKLAR

Aronoff, S., (2005), Remote Sensing for GIS Managers New York: Esri

Düzgün H. Ş., Demirel N., (2011). Remote Sensing of the Mine Environment 1<sup>nd</sup> Edition, Englewood: CRC Press

Emre, Ö. ve Barka, A. (2000). Gediz grabeni ve Ege Denizi arasındaki aktif faylar (İzmir çevresi). Batı Anadolu'nun Depremselliği Sempozyumu, 131-132, Dokuz Eylül Üniversitesi Yayınları, İzmir.

Emre, Ö., Ere, Ö., Özalp S., Doğan A., Özaksay V., Yıldırım C. Ve Göktaş, F. (2005). İzmir Yakın Çevresinin Diri Fayları ve Deprem Potansiyelleri. MTA Raporu no:10754, Ankara.

Gupta P. R., (2003). Remote Sensing Geology, (2.Basım) New York: Springer

Jensen R.J., (2006). "Remote Sensing of the Environment: An Earth Resource Perspective 2<sup>nd</sup> Edition" New Zeland: Pearson

Lin, Q., J. Vesecky, and H. Zebker, (1992). "New approaches in interferometric SAR data processing," IEEE Trans. Geosci. Remote Sens., vol.30, pp 560-567

Richards J., (2006). Remote Sensing Digital Image Analysis: An Introduction, fifth edition. Berlin :Springer

Şengün Y.S., (2010). "InSAR Ölçülerinin Doğruluk Araştırması" Harita Dergii, Sayı 143 syf 19-25

Siegal, B. S. and Gillespie A. R., (1980). Remote Sensing in Geology, New York: Wiley

Sözbilir, H., Uzel, B., Sümer, Ö., İnci, U., Ersoy, E.Y., Koçer, T., Demirtaş, R. ve Özkaymak, Ç. (2008). D-B Uzanımlı İzmir Fayı ile KD-Uzanımlı Seferihisar Fayı'nın Birlik-

te Çalıştığına Dair Veriler: İzmir Körfezi'ni Oluşturan Aktif Faylarda Kinematik Ve Paleosismolojik Çalışmalar, Batı Anadolu, Türkiye. Türkiye Jeoloji Bülteni 51 (2), 91-114.

Uzel, B., Sözbilir, H., Özkaymak, Ç., Kaymakçı, N. ve Langeris, C.G. (2013). Structural evidence for strike-slip deformation in the İzmir-Balıkesir Transfer Zone and consequences for late Cenozoic evolution of western Anatolia (Turkey). Journal of Geodynamics 65, 94-116, doi: 10.1016/j.jog.2012.06.009.



## Göksu Nehri Havza'sının Jeomorfometrik Analizler ile Değerlendirilmesi

### *Evaluation of Göksu River Catchment by Geomorphometric Analyses*

Senem Tekin, Tolga Çan

Çukurova Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 01330 Balcalı,  
Adana

(senemtekin01@gmail.com)

**Öz:** Akarsu sistemleri, yeryüzünü şekillendiren en önemli dış kuvvetler arasında yer almak olup, akarsu havzaları genel olarak iklim, litoloji ve tektonik gibi etkenler tarafından kontrol edilmektedir. Akarsu havzası ve havzadaki drenaj ağı yapısının Coğrafi Bilgi Sistemleri ortamında jeomorfometrik indisler yardımıyla değerlendirilmesi, havzada etkili olan dinamik hidrolojik süreçlerin ortaya çıkarılması ile birlikte, heyelan ve taşkın olaylarının yorumlanmasında da önemli katkılar sunmaktadır.

Bu çalışmada, Doğu Akdeniz bölgesinin önemli akarsularından biri olan Göksu Nehri Havzası ve akarsu ağının jeomorfometrik değerlendirmesi yapılmış; arazi kullanımı, litolojik özellikler ve heyelan olayları ile ilişkilendirilmiştir. Göksu Havzası'nın jeomorfometrik değerlendirmeleri; alansal, çizgisel ve yüzey morfolojisi değişkenleri kullanılarak değerlendirilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** akarsu sistemleri, Göksu Nehri, jeomorfometrik indisler

**Abstract:** River systems are among the most important external forces that configure the landforms and river basins are generally controlled by factors such as climate, lithology and tectonics. The evaluation of the drainage network structure and river catchment with the help of geomorphometric indices in Geographic Information Systems environment contributes the interpretation of the dynamic hydrological processes that are effective in the basin and provide interrelationships with mass wasting and flood events.

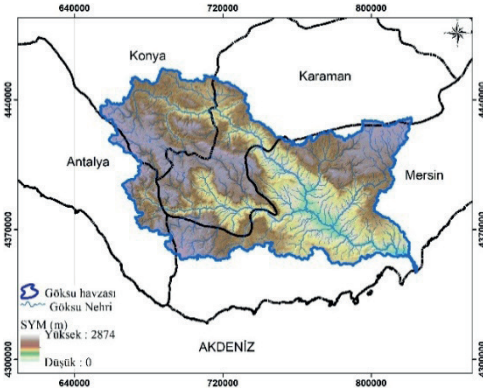
In this study the geomorphometric evaluation of Göksu River Basin and river network, which is one of the most important rivers of the Eastern Mediterranean region, has been evaluated and associated with the land use, lithological features and landslide events. Geomorphometric evaluations of Göksu River catchment were evaluated by using areal, linear and relief morphology parameters.

**Keywords:** River Systems, Göksu River, geomorphometric indices

## GİRİŞ

Akarsu havzalarının ve drenaj yapısının morfo-metrik analizler yardımı ile incelenmesi, drenaj havzasının hidrolojik davranışı, etkili olan iklim, jeolojik ve jeomorfolojik süreçlerin anlaşılmasında önemli kolaylıklar sağlamaktadır.

Bu çalışmada Göksu Havzası'nın jeomorfolojik değerlendirilmesi; çizgisel (çatallanma oranı, uzunluk oranı, Tekstür – Doku oranı) alansal (drenaj yoğunluğu, havza şekli, akarsu sıklığı, uzunluk oranı, Gravelius indeksi) ve yüzey morfometri (hipsometrik integral/eğri) parametreleri olarak ifade edilen ve sayısal olarak nitelendirilebilen ve ölçülebilen parametreler ile değerlendirilmiştir (Strahler, 1964). Bu kapsamda, Göksu Havzası'na ait sayısal yükseklik modeli (Şekil 1); jeoloji haritası, jeomorfolojik indis hesaplamalarında ve yorumlanmasında kullanılmıştır.



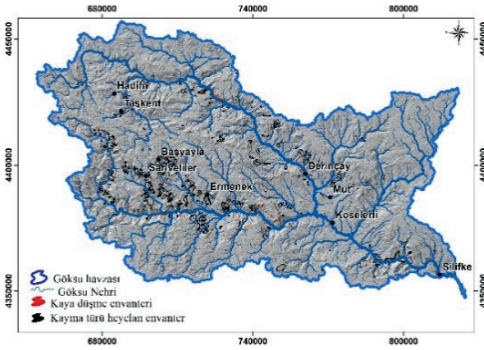
Şekil 1. Göksu havzasının konumu ve sayısal yükseklik modeli.

## İNCELEME ALANI

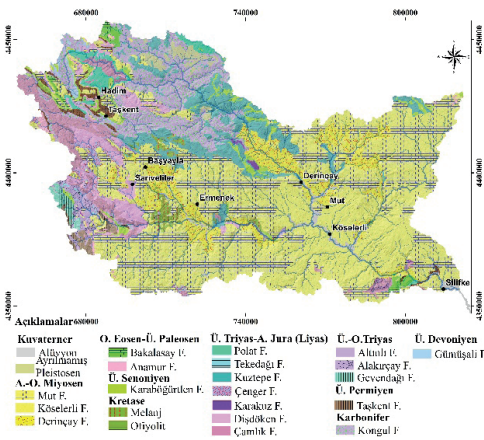
Doğu Akdeniz Havzası'nın 11212,7 km<sup>2</sup> ile en büyük alt havzalarından birini oluşturan

Göksu Nehri 260 km uzunluğunda olup, Antalya, Konya, Karaman ve Mersin il sınırları içerisinde akmaktadır. Kuzeyde Gökçay, güneyde Ermenek kollarının Mut Güneyinde birleşmesiyle Göksu adını alan nehir Mersin (Taşucu-Silifke) ilinden denize ulaşmaktadır (Şekil 2a).

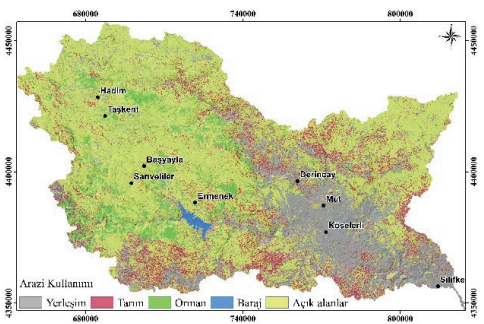
Havzanın üst kesimlerinde Beyşehir–Hoyran-Hadim naplarına ait Devoniyen-Eosen zaman aralığında çökelmiş birimler bulunmakta olup (Alan vd., 2014a, b), bu alan havzanın % 29,86'sını oluşturmaktadır. Havzanın orta ve alt kesimlerinde ise Mut Havzası'na ait, Üst Oligosen-Alt-Orta Miyosen yaşlı örtü çökelleri geniş alanlarda yüzeylenmektedir (Şekil 2b). Kayma türü heyelanların % 69,85'i; Üst Oligosen-Alt Miyosen yaşlı çakıltaşı, kumtaşı, marn, kireçtaşı, çamurtaşı aralanmasından oluşan Derinçay Formasyonu, Orta-Üst Miyosen yaşlı yanal ve düşey geçişli olarak bulunan resifal kireçtaşı, killi kireçtaşı, mikritik kireçtaşından oluşan Mut Formasyonu ile killi kireçtaşı, marn, kumtaşından oluşan Köseleli Formasyonunda yer almaktadır.



(a)



(b)



(c)

Şekil 2. Göksu Nehri ana ve alt nehir kolları (a), jeoloji haritası (Alan vd. 2014a, b) (b), arazi kullanımı haritası (c).

Kaya düşme olayları, havza genelinde 1000 m. ve üzerinde görülen Mut Formasyonunun resifal kireçtaşlarında gelişmektedir. Landsat-8 uydu görüntüsü kullanılarak elde edilen arazi kullanım haritasına göre çalışma alanı; açık alanlar (% 59,79), yerleşim (% 22,87), tarım (% 11,19), orman (% 5,73), baraj (% 0,40) olarak sınıflandırılmıştır. Heyelanların % 64,88'i açık alanlarda, % 17,91'i ise yerleşim alanlarında bulunmaktadır (Şekil 2c).

## JEOMORFOMETRİK DEĞERLENDİRMELER

Havza içindeki akarsu ve kolları; havzanın şekilsel özellikleri ve havzadaki yükseklik değişimleri gibi özellikler ile havzaların genel morfolojik karakterlerini ortaya çıkarmaktadır. Havzalardaki nehirlerin şekilsel özellikleri ve sayısal değerlerine bağlı olarak, akarsu ağlarının morfolojik özellikleri sayısal olarak değerlendirilmekte ve “drenaj kompozisyonu” olarak isimlendirilen farklı büyüklükteki dereler arasındaki ilişki matematiksel olarak ifade edilebilmektedir (Horton, 1945, Strahler, 1952).

Havzaların morfolojik olarak incelenmesi genellikle çizgisel, alansal ve yüzey morfolojisi özellikleri olarak ifade edilen, sayısal olarak nitelendirilebilen ve ölçülebilen değişkenlerden oluşmaktadır (Ritter vd. 2002).

### Çizgisel Morfolojik Özellikler

Havzaların çizgisel morfolojik özellikleri, havzada bulunan nehirlerin özelliklerinin incelenmesine dayanmaktadır. Bu özelliklerin temelinde akarsu dizinlerinin sayısı, uzunluğu, havzanın çevre uzunluğu gibi parametreler kullanılmakta olup başlıca Çatallanma Oranı ( $R_b$ ) (Schumm, 1956), Uzunluk Oranı ( $R_L$ ) (Schumm, 1956), ve Tekstür - Doku Oranı (T) (Horton, 1945) parametrelerini içer-



mektedir. Çatallanma oranı ( $R_b$ ) parametresi özellikle havzaların akarsu durumu ve mevcut durumların belirlenmesi açısından önemlidir. Çatallanma oranının ( $R_p$ ) yüksek veya düşük değerler göstermesi havzaya düşen yağışın topoğrafya üzerinde, yüzey geçirimsizliği ve bitki örtüsü ile olan ilişkisini ortaya çıkarmaktadır. Strahler yöntemine hesaplanan nehir kollarına göre Göksu havzasının 6 dizinden meydana geldiği görülmekte olup her bir dizinin sayısı sırasıyla 952, 339, 183, 102, 87'dir. Ortalama çatallanma değeri 2,06'dir. Uzunluk oranı ( $R_l$ ), Ana nehir ve kollarının uzunluklarına bağlı olarak hesaplanmaktadır. Böylece üst kollardan gelecek olan suyun taşınmasında, alt kolların uzunluklarının yeterli olup olmadığı ortaya çıkmaktadır. Göksu Havzası'nın uzunluk oranı ( $R_l$ ) toplamı 9,96 olup, Ortalaması 1,99'dur. Tekstür - Doku oranı (T), Strahler yöntemine göre 1. Dizine ait toplam dizin sayısı ile havzanın çevre uzunluğu arasındaki oran olarak hesaplanmakta olup Göksu Havzası için 0,88 olarak hesaplatılmıştır.

### Alansal Morfometrik Özellikler

Havzaların alansal özelliklerinin oluşturduğu morfometrik parametreler, havzaya düşen yağışların toplanması ve yüzeysel akışın birikimi açısından çok önemli bir özelliğe sahiptir (Çizelge 1).

Çizelge 1. Alansal morfometrik parametreler.

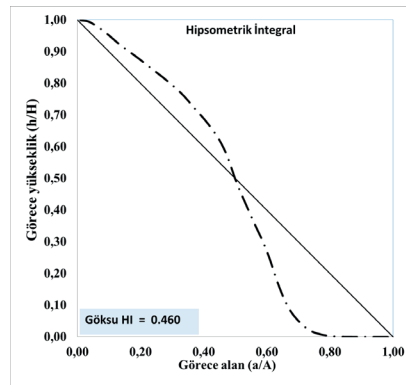
Alansal morfometrik parametreler	Değer
Drenaj yoğunluğu ( $\text{km}/\text{km}^2$ )	0,40
Akarsu sıklığı ( $\text{km}/\text{km}^2$ )	7,47
Havza şekli	0,02
Havza uzunluk oranı	0,62
Gravelius indisi	2,27

Bu parametreler; Drenaj Yoğunluğu ( $D_d$ ), Akarsu Sıklığı ( $F_s$ ) (Horton, 1945), Havza Şekli ( $R_f$ ) (Horton, 1945), Havza uzunluk Oranı ( $R_e$ ) ve Gravelius İndeksi ( $K_G$ )'dir

(Gravelius, 1914). Drenaj Yoğunluğu ( $D_d$ ) (Horton, 1932, 1954), havzaların akarsular tarafından parçalanma derecesini ifade etmektedir. Akarsu sıklığı ( $F_s$ ) parametresi doğrudan drenaj yoğunluğu parametresi ile ilişkilidir. Akarsu sıklığı ( $F_s$ ) geçirgen olmayan zemin özellikleri, seyrek bitki örtüsü ve yüksek relief özelliklerini gösterirken, düşük  $F_s$  değerleri ise geçirgen olan jeolojik özellikleri ve alçak rölyef özelliklerini ortaya koyar. Drenaj yoğunluğu ve akarsu sıklığı havzalardaki drenaj ağının dokusu ile ilişkilidir. Göksu Havzası'nda, geçirgen olmayan ve gözeneksiz özellikte litoloji gösteren birimlerde dentritik drenaj ağları gelişirken, dik yamaçlarda paralel drenaj ağları meydana gelmektedir. Göksu havzasının genel vadi yapısı ise "V" şekilli vadi özelliği sunmaktadır.

### Yüzey Morfometri Özellikleri

Hipsometrik eğri ve hipsometrik integral havzanın aşınım durumunu ve güncel topografyanın gençlik, olgunluk, yaşlılık evrelerinin hangi aşamada olduğunu belirlemede kullanılmaktadır. (Strahler, 1952, Ritter vd., 2002). Göksu Havzası'nın hipsometrik integral değeri 0,460 olarak hesaplanmış olup, aşınımın döngü içerisinde gençten olgun aşamaya geçiş evresinde olduğunu göstermektedir (Şekil 3).



Şekil 3. Göksu Havzası'nın hipsometrik eğrisi ve hipsometrik integral değeri.

## SONUÇLAR

Göksu Havzası için jeomorfometrik değerlendirmeler çizgisel, alansal ve yüzey morfometrik özellikleri olarak gerçekleştirilmiştir. Göksu Nehri Havza'sı, çizgisel morfometrik parametre sonuçlarına göre iri dokulu dentritik drenaj ağı modelini göstermektedir. Ermenek, Gökçay yan kolları ile birlikte Göksu ana kolunun yüksek nehir dizinine sahip olması, hidrolojik açıdan çok yüksek yüzeysel akışa sahip olduğunu göstermektedir. Havzanın 2.06 ortalama çatallanma oranı ile yüksek taşkın riskine sahip olduğu anlaşılmaktadır. Alansal morfometrik parametrelere göre, genel olarak, havzanın orta ve alt kesimlerinde yüzeyleyen Orta Miyosen yaşlı Köseleli Formasyonunun yüksek sızma kapasite özelliği göstermektedir. Bununla birlikte Orta Miyosen yaşlı Mut Formasyonunun ise neritik kireçtaşlarından oluşması sebebiyle düşük drenaj yoğunluk değerleri görülmektedir. Yüzey morfometrik değerlendirmesinde hipsometrik integral değeri 0,460 bulunmuş olup, bu değer bize havzanın %54'lük kısmının erozyonal süreçler ile aşındığını göstermektedir. Hipsometrik eğriye göre, havzanın üst kesimlerinde yer alan temel birimlerde erozyonal süreçler yavaş olup Miyosen örtü birimlerinin yüzeylediği bölgelerde hızlı aşınmaya bağlı derin vadi yarılımları gözlenmektedir. Bu durumla uyumlu olarak, havzanın orta-alt kesimlerinde büyük ölçekli derin kayma türü heyelanlar gözlenmektedir.

Analizler sonucunda; Göksu Nehri'nin, aşınma, taşınma ve birikme sedimantasyonun, kırıntılı birimlerden oluşan Orta-Üst Miyosen yaşlı ve güncel Kuvaterner birimleri ile şekillendiği anlaşılmaktadır. Dolayısıyla, alt havza ölçeğinde incelendiğinde bu durumun ve litolojinin, çalışma alanındaki jeomorfolojik özelliklerinin şekillenmesinde belirleyici bir faktörler olduğu görülmektedir.

## KAYNAKLAR

- Alan, İ., Balcı, V., Elibol, H., 2014a. Türkiye Jeoloji Haritaları 1:100000 ölçekli Silifke-P30 paftası jeoloji haritası. Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü Rapor No: 221. Jeoloji Etütleri Dairesi, Ankara, s.36.
- Alan, İ., Balcı, V., Elibol, H., 2014b. Türkiye Jeoloji Haritaları 1:100000 ölçekli Silifke-P31-32 paftası jeoloji haritası. Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü Rapor No: 222. Jeoloji Etütleri Dairesi, Ankara, s.36
- Gravelius, H. 1914. Rivers. G.J. göschen Publishing, Berlin, 179 p.
- Horton, R. E., 1932, Drainage basin characteristics. Eos Transactions American Geophysical Union, 13, 350-361.
- Horton, R. E., 1945. Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology. Bulletin of the Geological Society of America, 56, 275-370.
- Ritter, D.F., Kochel, R.C., Miller, J.R., 2002. Process Geomorphology. Fourth Edition, McGraw-Hill.
- Schumm, S. A., 1956. Evolution of drainage systems and slopes in badlands at Perth Amboy, New Jersey. GSA Bulletin, 67, 597-646. [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1956\)67\[597:EOD-SAS\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1956)67[597:EOD-SAS]2.0.CO;2)
- Strahler, A. N., 1952. Quantitative analysis of watershed geomorphology. Transamer Geophys Union, 38, 913-920.
- Strahler, A. N., 1964. Quantitative geomorphology of drainage basins and channel networks. In Chow, V.T. (ed.), Handbook of applied hydrology (pp. 439-476). New York, NY: McGraw Hill.



## Gelibolu Yarımadası'ndaki Savaş Kalıntılarının İnsansız Hava Aracı ile Tespit Edilmesi ve Üç Boyutlu Modellenmesi: Aytepe Mevkisi Örneği

*Detection and Three Dimensional Modeling of War Ruins Using Unmanned Aerial Vehicle in Gallipoli Peninsula: as a Case Study from Aytepe Locality*

Mehmet Ali Yücel<sup>1</sup>, Deniz Şanlıyüksel Yücel<sup>2</sup>, Cahit Çağlar Yalçın<sup>3</sup>,  
Yunus Can Kurban<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Harita Mühendisliği Bölümü

<sup>2</sup>Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü

<sup>3</sup>Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Maden Teknolojisi Bölümü

<sup>4</sup>Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü

(aliyucel@comu.edu.tr)

**Öz:** Gelibolu Yarımadası Tarihi Alanı, Birinci Dünya Savaşı sırasında daha önce dünya üzerinde eşi benzeri görülmemiş savaşa sahne olmuştur. Yalnız savaşa katılan ülkelerin değil, dünyanın kaderine ve gidişatına yön verilmiş, tarihin seyri değişmiştir. Gelibolu Yarımadası Tarihi Alanı topraklarının neredeyse her yeri bu çarpışmaların izlerini taşımaktadır. Şehit mezarları, siperler, tabyalar sonradan yapılan anıtlar, heykeller, şehitlikler Gelibolu Yarımadası Tarihi Alanı'nda yoğun olarak yer almaktadır. Uzaktan algılama platformları ile elde edilen görüntüler arkeolojik araştırmalara yeni boyutlar açmıştır. Son yıllarda, kamera ve iletişim gereçlerini taşıyabilen aynı zamanda uzaktan kontrol edilebilen hava aracı olarak tanımlanan insansız hava araçları (İHA) yeryüzü üzerinden coğrafi veri toplama amaçlı olarak farklı mühendislik dallarında ve yerbilimlerinde yoğun olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmada, Gelibolu Yarımadası Tarihi Alanı'ndaki savaş kalıntılarının araştırılması ve tespiti amacıyla Seddülbahir Köyü Aytepe Mevki'sinde Phantom 4 Pro İHA kullanılarak 20 megapiksel çözünürlüklü görünür bantta hava fotoğrafları elde edilmiştir. İHA görüntüleri, Agisoft PhotoScan Profesyonel yazılımında Structure from Motion algoritması kullanılarak modellenmiş ve araştırma sahasının 1,24 cm mekansal bir çözünürlüklü ortomozaik görüntüsü ve 4,95 cm çözünürlüklü sayısal arazi modeli oluşturulmuştur. Sayısal arazi modelinin ArcGIS yazılımında sayısallaştırılması ile 2875 m<sup>2</sup> alan kaplayan ve 320 m uzunluğunda siperler tespit edilmiştir. Gelecek çalışmalarda siperlerin yeraltındaki konumu ve yayılımı termal görüntüleme sistemli İHA ve yeraltı radarı (GPR) yöntemleri birlikte kullanılarak belirlenecektir.

**Anahtar Kelimeler:** İnsansız hava aracı, Gelibolu Yarımadası Tarihi Alanı, tarihi kalıntı, üç boyutlu modelleme

**Abstract:** The Gallipoli Peninsula Historical Site was the scene for an unrivalled battle during the First World War. It did not just affect countries participating in the battle, but changed the destiny and course of the world. Nearly all places in the Gallipoli Peninsula Historical Site carry traces of this conflict. Gravesites, trenches and emplacements, along with later monuments, statues and commemorative cemeteries are densely found in the Gallipoli Peninsula Historical Site. Images obtained with remote sensing platforms have opened new dimensions



for archeological research. In recent years, unmanned aerial vehicles (UAV), defined as remote-controlled aerial tools that can carry cameras and communication devices, have been intensively used in different engineering branches and the earth sciences with the aim of collecting geographical information above the earth's surface. In this study, a Phantom 4 Pro AUV was used to obtain air photographs with 20-megapixel resolution in Aytepe locality in Seddülbahir Village with the aim of researching and identifying battle remains in Gallipoli Peninsula Historical Site. UAV images were modeled using the Structure from Motion algorithm with Agisoft PhotoScan Professional Software and an orthomosaic image with 1,24 cm spatial resolution and digital elevation model with 4,95 cm resolution were created for the study area. The digital elevation model was digitized with ArcGIS software and trenches with 320 m length covering 2875 m<sup>2</sup> area were identified. Future studies will determine the underground location and distribution of the trenches using UAV with thermal camera and ground-penetrating radar (GPR) techniques together.

**Keywords:** Unmanned aerial vehicle, Gallipoli Peninsula Historical Site, historical ruins, three dimensional modeling

## GİRİŞ

Birinci Dünya Savaşı'nda açılan cephelerden biri olan Çanakkale cephesinde 8,5 ay süren Çanakkale Savaşı'nda yarım milyona yakın can kaybı olmuştur. 250.000'i aşan Türk şehidinin aziz hatıraları üzerinde yükselen anıtlar ve yine 250.000'i aşkın Avustralya ve Yeni Zelanda, İngiliz ve Fransız askerlerinin mezarlarını içine alan Gelibolu Yarımadası Tarihi Alanı, günümüzde bütün dünyaya barışın değerini anlatmaktadır. Gelibolu Yarımadası Tarihi Alanı, Çanakkale ili sınırları içerisinde, Gelibolu yarımadasının güney ucunda ve Çanakkale Boğazı'nın Avrupa yakasında 33.490 hektarlık bir alanı içeren büyük bir alandır. Gelibolu Yarımadası Tarihi Alanı içerisinde 56 yerli anıt ve şehitlik 35 yabancı asker mezarlığı ve anıtı bulunmaktadır. İnsansız hava araçları (İHA) üzerinde insan bulunmadan uçabilen ve uzaktan kontrol edilen sistemler olarak tanımlanır (Yakar ve Mırdan, 2017). İHA'ların kullanım alanları gün geçtikçe genişlemekte ve farklı disiplinlerde kullanımı yaygınlaşmaktadır. İHA'lar uydu görüntüleri ve hava fotoğrafları ile kıyaslandığında düşük maliyetli veri toplama sistemleri olarak kısa menzilli ve yüksek çözünürlüklü veri sağlama ve üç boyutlu modelleme olanakları

açısından harita yapımı ve veri modellemede yoğun olarak tercih edilmektedir. İHA'lar taşıdığı kameraların algılayıcı özelliklerine göre farklı amaçlar için kullanılabilir. En çok kullanılan görüntüler görünür bantta olanlardır. Günümüzde termal (ısı) ve spektral İHA görüntüleri de bilimsel çalışmalarda kullanılmaya başlanmıştır. Ayrıca lazer tarayıcıların İHA'lara entegrasyonu ile doğrudan nokta bulutu sağlayan İHA'lar da kullanılmaktadır (Nikolakopoulos vd., 2017). İHA görüntüleri kullanılarak ortomosaikler ve DEM verileri gibi raster veriler üretilebilmektedir. Ayrıca sayısal arazi modelleri, üç boyutlu bina modelleri, üç boyutlu nokta bulutları, DEM verilerinden türetilen eş yükseklik eğrileri gibi vektör veriler de üretilebilmektedir (Siebert ve Teizer, 2014; Yücel ve Turan, 2016; Dubbini vd., 2017). Bu çalışma, Gelibolu Yarımadası Tarihi Alanı'nın güneyinde, en uç noktasında bulunan Seddülbahir Köyü Aytepe Mevkisi'nde gerçekleştirilmiştir (Şekil 1). Bu bölge düşman kuvvetlerinin karaya ilk çıkartma yaptığı beş noktadan Ertuğrul, Tekke ve İnkizler Koylarına hakim bir tepede bulunmaktadır. 25 Nisan 1915 günü çok şiddetli çatışmaların yaşandığı ve düşmanın bozguna uğratıldığı çalışma sahasındaki savaş kalıntılarının ve siperlerin İHA

kullanarak tespit edilmesi hedeflenmiştir.



Şekil 1. Çalışma alanının konumunu gösteren uydu görüntüsü.

## MATERYAL VE METOT

Bu çalışmada DJI Phantom 4 Pro İHA sistemi ile görünür bantta 20 megapiksel çözünürlükte görüntü elde edebilen DJI sayısal kamera aracılığıyla hava fotoğrafları çekilmiştir. İHA sistemine entegre GPS kullanılıyor olması hava fotoğrafı çekiminde İHA'nın uçuş planına otomatik olarak yönelmesini sağlamaktadır. Sistem coğrafi referanslı veri toplama özelliği sayesinde koordinatlı hava fotoğrafı çekmektedir. Çalışmada verilerin koordinatlandırılmasında Universal Transverse Mercator (UTM) Projeksiyonu World Geodetic System 1984 (WGS84) datumu kullanılmıştır. Görüntülerin birleştirilmesinde konumsal hassasiyetinin artırılması için yer kontrol noktaları kullanılmıştır. Yer kontrol noktaları 50cmx15cm boyutlarda dikdörtgen plakalardan oluşan artı işareti şeklinde hazırlanmıştır. İHA uçuşları öncesi araziye yerleştirilen yer kontrol noktaları yüksek hassasiyetli koordinat sağlayan CHC X91 jeodezik GPS kullanılarak ölçülmüştür. İHA uçuşları öncesi Pix4D mobil uygulaması kullanılarak uçuş planları hazırlanmış İHA kumandasına bağlanan mobil telefon üzerinden plana uygun

uçuş kontrolü sağlanmış ve takip edilmiştir. Uçuşlar sonrası elde edilen görüntülerin birleştirilmesi ve üç boyutlu modelleme işlemleri Agisoft PhotoScan Professional yazılımında gerçekleştirilmiştir. Bu işlemler sonucu uygulama sahasının yüksek çözünürlüklü iki boyutlu ortomozaik görüntüsü ve üç boyutlu sayısal arazi modeli ve nokta bulutu elde edilmiştir. Agisoft PhotoScan Professional yazılımında iki boyutlu görüntülerden üç boyutlu veri sağlanması Structure from Motion (SfM) algoritması ile elde edilmektedir. SfM tekniği, Lowe (2004) tarafından geliştirilmiş bir yöntemdir ve bu yöntem ile üç boyutlu nokta bulutu (point cloud) oluşturulur. Yer kontrol noktası koordinatları ve kamera GPS konumları ile coğrafi referanslı görüntüler üretilir. Üç boyutlu nokta bulutuna derinlik filtresi uygulanarak üç boyutlu yoğun nokta bulutu elde edilir (Furukawa ve Ponce, 2009; Şanlıyüksel Yücel ve Yücel, 2017). Üç boyutlu yoğun nokta bulutuna en yakın komşuluk enterpolasyon yöntemi uygulanarak sayısal yükseklik modeli (SYM), ortomozaik ve sayısal arazi modeli (SAM) oluşturulmuştur. Çalışma sahasının SAM'lerinin oluşturulmasında İHA görüntülerinden üretilen SYM ve ortofotolar kullanılmıştır. Daha sonra sayısal yükseklik modeli üzerinde çalışma sahasındaki siper alanları ArcGIS yazılımı kullanılarak sayısallaştırılmış ve vektör veri elde edilmiştir.

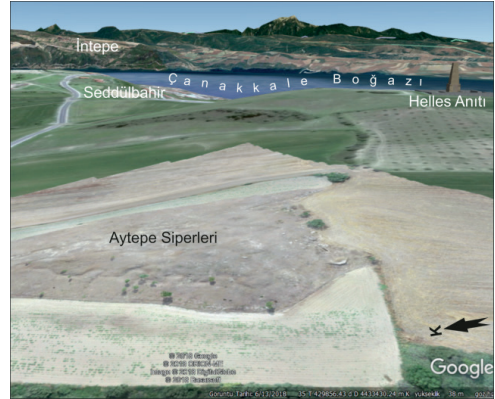
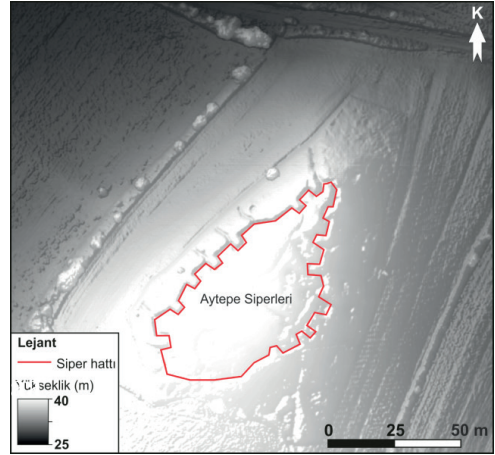
## SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada Gelibolu Yarımadası Tarihi Alanı'nda yer alan Seddülbahir Köyü Aytepe Mevkisi, İHA sistemi tarafından çekilen fotoğraflar kullanılarak SAM ve SYM olarak üç boyutlu modellenmiştir. Pix4D mobil uygulaması ile hazırlanan uçuş planı ile çalışma sahasında 30 metre yükseklikte 20 dakikalık uçuşlarla görüntü alımı gerçekleştirilmiştir. Uçuş planı, kuzey-güney ve doğu-batı doğrultularında çift yönlü (double grid) uçuş özelliği kullanılarak üç boyutlu

modelleme için yüksek çözünürlüklü SAM ve SYM sağlayacak şekilde gerçekleştirilmiştir. Çift yönlü uçuş planı özelliği, birbirine dik iki farklı yönde çekilen fotoğraflar ile coğrafi nesnelere modellemeyi sağlamaktadır. Çalışma alanında 22 Haziran 2018’de çekilen 400 İHA fotoğrafı, Agisoft PhotoScan Professional yazılımı ile modellenmiştir. Bu sürecin sonucu 35,3 milyon noktadan oluşan üç boyutlu nokta bulutu, 2.354.050 yüzeyden oluşan üç boyutlu sayısal arazi modeli ve yüksek çözünürlüklü ortomozaik görüntü verisi oluşturulmuştur. 1,24 cm mekansal bir çözünürlükle ortomozaik görüntü ve 4,95 cm çözünürlüklü SYM üretilmiştir.

SYM’nin ArcGIS ile entegrasyonu sağlanarak veri üzerinden sayısallaştırma işlemi uygulanmış ve çalışma sahasındaki siperler ArcMap modülünde vektör formatta dönüştürülmüştür. Sayısallaştırma sonucu çalışma sahasında 2875 m<sup>2</sup> alan kaplayan ve 320 m uzunluğunda siperler tespit edilmiştir (Şekil 2a). Bu siperlerin arazide siper özellikleri ile belirgin değildir. Topografya üzerinde küçük çukurlar mevcuttur. Bu çalışma ile sağlanan ortomozaik ve SYM üzerinde yatayda devamlılık düşeyde de yükseklik farklılığı (25 ile 40 m arasında) gösterdiği için siper olduğu anlaşılmıştır. Görüntüler incelendiğinde siperlerin zamanla çökerek tahrip olduğu ve yok olmak üzere olduğu tespit edilmiştir. Ortomozaik ve SYM üzerinden tespit edilen siperlerin farklı bağlantılarının ve tünelinin tespit edilme imkanı olmamıştır. Yüksek çözünürlüklü ortomozaik görüntü Google Earth programına entegre edilmiştir (Şekil 2b). Gelibolu Yarımadası Tarihi Alanı’nda düşük maliyetli, hızlı ve yüksek çözünürlüklü coğrafi veri üretimi sağlayan İHA teknolojisi ile savaş kalıntılarının tespit edilebileceği sonucuna varılmıştır. Çalışma alanının topografik yapısının ve arazi morfolojisinin oldukça gerçekçi bir şekilde görselleştirilebileceği belirlenmiştir. Gelecek çalışmalarda siperlerin yeraltındaki konumu

ve yayılımı termal görüntüleme sistemli İHA ve yeraltı radarı (GPR) yöntemleri birlikte kullanılarak belirlenecektir.



Şekil 2. a) Aytepe Mevkisi’nde sayısal yükseklik modeli üzerinde siperlerin konumu. b) Aytepe Mevkisi’nde 1,24 cm mekansal çözünürlüklü ortomozaik görüntüsünün Google Earth entegrasyonu.

## KATKI BELİRTME

Bu çalışma Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından FBA-2018-2500 no’lu proje ile desteklenmiştir. Yazarlar Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Bilimsel

Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi teşekkür eder.

## KAYNAKLAR

Dubbini, M., Curzio, L. I., and Campedel-  
li, A., 2016. Digital elevation Models from  
Unmanned Aerial Vehicle Surveys for Arc-  
haeological Interpretation of Terrain Anoma-  
lies: Case Study of The Roman Castrum of  
Burnum (Croatia). *Journal of Archaeological  
Science: Reports*, 8, 121-134.

Furukawa, Y., and Ponce, J., 2009. Accurate  
Camera Calibration From Multiview Stereo  
And Bundle Adjustment. *International Jour-  
nal of Computer Vision*. 84, 257-268.

Lowe, D.G., 2004. Distinctive Image Fea-  
tures from Scale-invariant Keypoints. *Inter-  
national Journal of Computer Vision*. 60(2),  
91-110.

Nikolakopoulos, K.G., Soura, K., Koukouve-  
las, I.K., and Argyropoulos, N.G., 2017. UAV  
vs Classical Aerial Photogrammetry for Arc-  
haeological Studies *Journal of Archaeologi-  
cal Science: Reports*. 14, 758-773.

Şanlıyüksel Yücel, D., ve Yücel, M.A., 2017.  
Determining Hydrochemical Characteristics

of Mine Lakes from Abandoned Coal Mines  
and 3D Modelling of Them Using Unmanned  
Aerial Vehicle. *Pamukkale University Jour-  
nal of Engineering Sciences*. 23, 780-791.

Yakar, M., ve Mırdan, Ö., 2017. Tarihi Eser-  
lerin İnsansız Hava Aracı İle Modellenmesin-  
de Karşılaşılan Sorunlar. *Geomatik Dergisi*.  
2(3), 118-125.

Siebert, S., and Teizer, J., 2014. Mobile 3D  
Mapping for Surveying Earthwork Projects  
Using An Unmanned Aerial Vehicle (UAV)  
System. *Automation in Construction*, 41,  
1-14.

Yücel M.A., and Turan R.Y., 2016. Areal  
Change Detection and 3D Modeling of Mine  
Lakes Using High-Resolution Unmanned  
Aerial Vehicle Images. *Arabian Journal For  
Science And Engineering*, 41, 4867-4878.



# Index

## A

Abbasi, İftikhar Ahmed 541  
Acar, Dursun 327, 575, 1016  
Adalıoğlu, Sezgi 55  
Aghaalipour, Nima 607  
Ahiska, Elif 576  
Ahsan, Naveed 522  
Akal, Cüneyt 89  
Akar, Murat 798  
Akbayram, Kenan 480  
Akbulut, İlkay Kaydu 119  
Akbulut, Mehmet 759  
Akça, Hanife 105  
Akça, Muhittin Onur 105  
Akçar, Naki 340  
Akdemir, Özer 255  
Akdoğan, Remziye 76  
Akgün, Aykut 453  
Akgündüz, Serdar 397  
Akgün, Funda 576, 995, 1000, 1007  
Akgün, Gürkan 316  
Akgün, Mustafa 255, 805, 821, 825, 829, 973  
Akın, Aysun 127  
Akıncı, Ahmet Can 581  
Akın, Müge K. 451  
Akın, Mutluhan 451  
Akın, Taylan 295, 297  
Akıska, Elif 1000  
Akıska, Sinan 558  
Akkar, Sinan 23  
Akkaya, İsmail 451  
Akkemik, Ünal 121  
Akkiraz, M. Serkan 566  
Akkoca, Dicle Bal 385  
Akkuş, Ayşegül 127  
Aksaz, Metin 99  
Aksever, Fatma 772  
Aksoy, Murat Ersen 46  
Aksoy, Niyazi 613  
Aktaş, Gülten 249  
Aktuğ, Bahadır 20, 211, 213, 219, 227  
Aktuna, Atalay 638  
Akyol, N. Hakan 305  
Ak, Yusuf 451  
Akyüz, H. Serdar 472  
Alak, Akın 61, 688  
Aleshzadeh, Azimollah 673  
Alfatlawi, Swan 344  
Ali, Abbas R. 583  
Ali, Nowrad 545

Alizadeh, Ehsan 453  
Alkan, Mehmet Nurullah 222  
Alpar, Bedri 551  
Altay, Tülay 1020  
Altınata, İ. Murat 305  
Altınay, Onur 340  
Altınler, Sevinç Özkan 536  
Altınok, Yıldız 551  
Altunbaş, Sevda 587  
Altun, Damla Şahin 1016  
Amrikazem, Alireza 367  
Apaydın, Ahmet 767  
Aras, Aydın 1073  
Araz, Nazan 364  
Arisan, Dilanaz 625  
Arıcı, Ömer Kağan 97  
Arıkan, İnci 641  
Arslan, Adil Enis 277  
Arslan, Ahmet Turan 255, 805  
Arslan, Niyazi 713  
Artemieva, Irina 231  
Askan, Aysegul 609  
Aslan, Gökhan 675, 677  
Atakul-Özdemir, Ayşe 530  
Atalay, İbrahim 587  
Atlı, Atahan 369  
Avcı, Kerim 360  
Avşar, Niyazi 551  
Avşar, Ulaş 208, 536, 798  
Ayan, Mehmet 653  
Ayday, Can 667  
Aydın, Harun 178  
Aydın, Mert 420  
Aydın, Nedim Gökhan 253  
Aydoğan, Davut 199, 251  
Aydoğdu, Mehmet 449  
Aydoğmuş, İsmail 167  
Aysal, Namık 319, 395, 397, 399, 401  
Ayyıldız, Turhan 576, 1000  
Azak, Tuba Eroğlu 23

## B

Baba, Alper 169, 299, 701, 705  
Babalık, Hakkı 123  
Bağcı, Metin 751, 943  
Bahadır, Berkay 215  
Balaban, Tuğbanur Özen 53, 877  
Balcı, Nurgül 625  
Balcıoğlu, Esra Billur 57  
Balcı, Uğur 391



Ballı, Açıya 242  
Baran, H. Alim 95  
Başaran, Can 755, 943  
Başbüyük, Zeynel 119  
Basmenji, Mehran 472  
Bayer, Özgür 920  
Bayhan, Uğur Can 395  
Baykara, Tuğçe 389  
Bayraktar, Cihan 340  
Bayraktutan, Mehmet Salih 381, 602  
Bayram, Ali Ferhat 301  
Bayram, Levent 151  
Bechtel, Achim 143  
Bédard, Jean H. 238  
Benedetti, Lucilla 280  
Berge, Meriç Aziz 793  
Beyaz, Turgay 459  
Biçek, Faruk 834  
Biggin, A. J. 520  
Bilgin, Melike 549  
Bilham, Roger 478  
Billor, Zeki 502, 507  
Birsoy, Rezan 853  
Bitharis, Stylianos 236  
Bodur, Ömer 171, 234  
Bölücek, Cemal 422  
Bonnell, Cédric 81  
Bozan, Sercan 411, 429  
Bozkaya, Ömer 438  
Bozkurt, Erdin 35, 440  
Bozkurt, Oğuzhan 815  
Boztepe-Güney, Aysun 841  
Brune, Sascha 234  
Bulut, Fatih 219, 227  
Bulut, Fikri 457  
Bulut-Üstün, Ayla 39  
Buzlu, H. Baki 123  
Byrne, Paul 242

## C

Çağatay, M. Namık 1016  
Çakıroğlu, Cansu 151  
Çakır, Recep 973  
Çakır, Ziyadin 33, 675, 677  
Çakır, Ziyadin 478  
Çalgın, Serdar 429  
Çalık, Ayten 713, 725  
Çalışkan, Kıvanç 1086  
Callot, Jean-Paul 81  
Campenhout, Jean Van 280  
Candan, Osman 69, 71  
Candaş, Adem 281  
Çan, Tolga 23, 137, 659, 1096

Çayır, Merve 777  
Çeken, Ulubey 23  
Çelik, Çilem 171  
Çelik, Mehmet 187  
Çemen, İbrahim 232  
Cengiz, Ceylan 593  
Çetiner, Uğurcan 238  
Çetin, Seda 33, 478  
Chatzipetros, Alexandros 236  
Chen, Fukun 71  
Chimoto, Kosuke 1041  
Christanis, Kimon 739  
Çiçek, Fatma 777  
Çiçek, Mustafa 409, 414  
Çiftçi, Celal 777  
Çiftçi, Emin 93  
Çil, Volkan 123  
Çimen, Okay 265  
Çiner, Attila 46, 277, 279, 281, 342  
Çinku, Mualla Cengiz 515  
Çilgin, Zeynel 340  
Çinar, H. Edanur 815  
Çitak, Seçkin Özgür 1041  
Çoban, Evrim 123  
Copley, Alex 6  
Corcoran, Loretta 265  
Coşkun, Çağdaş 315  
Coşkunlu, Emre 1086  
Crumeyrolle, Phillipe 81

## D

Dağdeviren, Rüya Yılmaz 1016  
Danişik, Martin 267  
Davraz, Ayşen 772  
Delibay, Anıl Sercan 316  
Delikan, Arif 344  
Deliormanlı, Ahmet Hamdi 1091  
Demir, Ahmet 555  
Demirci, Cengiz 85  
Demirci, Efe 309  
Demircioğlu, Mine B. 23  
Demirel, Özgün 369  
Demiriz, Hilmi Umur 159  
Demir, Savaş 901  
Demir, Serhat 447  
Demirtaş, Merve 161  
Dereli, Zeynel Abidin 459  
Derin, Perihan 694, 777, 781, 786  
Deveciler, Ali 558  
Dikbaş-Akyüz, Aynur 472  
Doğan, Ahmet 309  
Doğanay, Gizem Dinler 625  
Doğan, Ayşegül 187

Doğan, Turhan 46  
Dogan, Ugur 478  
Doğan, Uğur 33  
Doğramacı, Emre 1086  
Doğru, Aslı 219, 227  
Doğrul-Demiray, Ayda 93  
Dokuz, Abdurrahman 387  
Dölek, İskender 371  
Dondurur, Derman 907  
Dönmez, Şevket 199  
Donoghue, Philip 530  
Drab, Laureen 280  
Drahor, Mahmut Göktuğ 793  
Duman, Muhammet 329  
Duman, Tamer Y. 17,23, 31  
Dündar-Mustafa, Deniz 627  
Dunkl, István 76, 502, 507  
Durak, S. Duygu 566  
Durmuş, Hatice 1031

## E

Elçi, Duygu 1020  
Elmacı, Hasan 17, 31  
Emre, Maral Can 669  
Emre, Ömer 17  
Emre, Tahir 346  
Erbay, Sadıkcın 541, 543  
Erdal, Ozan 366  
Erdik, Mustafa 23  
Erdin, Hilmi Evren 731  
Erdoğan, Burhan 649  
Erdoğdu, Dilara 625  
Erdoğmuş, Ceren Dicle 930, 935  
Eren, Latif 877  
Erenoğlu, Oya 275, 713  
Erenoğlu, Ramazan Cüneyt 713, 811, 815, 846,  
1081  
Erginal, Ahmet Evren 275  
Ergin, Mustafa 59, 331  
Ergintav, Semih 23, 33, 478, 675  
Ergun, Zeynep 39, 351  
Erik, Dursun 949  
Erkızan, Levent Sina 541, 543  
Erkül, Fuat 930, 935  
Erkül, Sibel Tatar 930, 935  
Eronat, Atilla Hüsni 329, 1091  
Ersan, Aytek 1086  
Er, Selman 205  
Ersoy, Hakan 954  
Ersöz, Timur 445  
Ertepinar, Pınar 511, 520  
Erturaç, M. Korhan 135, 362, 366  
Ertürk, Mehmet Ali 385

Erüz, Coşkun 364  
Eryılmaz, Fulya Yücesoy 335  
Eryılmaz, Mustafa 335  
Eryılmaz, Umutcan 335  
Esat, Korhan 20, 470, 475, 967  
Eser, Başak 331  
Eskiocak, Musa 664  
Eskiocak, Muzaffer 631  
Eyisüren, Onur 834

## F

Firtana-Elcomert, Karolin 841  
Fırat, Berrak 604  
Fırat-Ersoy, Arzu 103  
Friedrichs, Bjarne 267  
Furat, Baki Ömer 457  
Füzün, Sevinç Özel 129

## G

Geçievi, Mertkan Osman 156  
Gençaliöğlu-Kuşcu, Gonca 267  
Gençel, Ziya 323  
Gerdes, Axel 440  
Ghaleb, Bassam 579  
Glerum, Anne 234  
Göğüş, Oğuz 171, 238, 240, 242  
Göğüş, Oğuz Hakan 234, 244  
Göğüş, Ş. Özge Dinç 463  
Gökdal, İremnur 1057, 1061  
Gökgöz, Ali 369  
Gökler, Mehmet Enes 636  
Göllü, Ertan 301  
Goodall, Huw 490  
Gören, Ayşegül Yağmur 705  
Görgün, Ethem 1036  
Görhan, Gökhan 755  
Görüm, Tolga 283, 287  
Gregory, Laura C 490  
Güçtekin, Aykut 117  
Guilmette, Carl 238  
Güldoğan, Çağıl Uygun 31  
Güleç, Nilgün 293  
Gülen, Levent 600  
Gülerce, Zeynep 607  
Güler, Cüneyt 182  
Gültekin, Fatma 103  
Gülyüz, Erhan 197, 513  
Gülyüz, Nilay 197  
Gümüş, Burçin Aşkın 351  
Gümüş, Muhammet Enes 127  
Gündoğan, İbrahim 576, 718, 995, 1000, 1007  
Gündüz, Özge Can Ataş 110, 305



Güner, Elanur 117, 123  
Güneş, Coşkun 83  
Güney, Hilmi 123  
Güngördü, Deniz 811, 815  
Güngör, Talip 89  
Güngör, Yıldırım 397  
Gürbüz, Alper 39, 44  
Gürbüz, Esra 39  
Gürbüz, Meltem 115, 119, 127  
Gürel, Ali 1016  
Gürsoy, Birben 547  
Gürsu, Semih 109  
Güzelçimen, Feyza 399

## H

Hakyemez, Aynur 78  
Hallaç, Ahmet Emin 159  
Hames, Willis E. 502, 507  
Hammond, M.L. 520  
Hanif, Muhammad 545  
Harris, Lyal 238  
Hasözbek, Altuğ 89  
Hassoy, Hür 638  
Hastaoğlu, Kemal Özgür 224  
Hatipoğlu, Murat 123, 129  
Hatipoğlu-Temizel, Esra 103  
Herece, Erdal 576, 995, 1000, 1007  
Hill, M.J. 520  
Hisarlı, Z. Mümtaz 249  
Hoareau, Guilhem 81  
Hohenegger, Johann 545  
Horiuchi, Kouki 896  
Hoşgör, İzzet 532, 539, 584  
Howell, Andy 6  
Hozatlıoğlu, Deniz 438  
Hubert-Ferrari, Aurélia 208, 280

## I

İleri, Burcu 63  
İlhan, Rifat 861, 866  
İlhan, Tarık 329  
İlikçi, F. Nazlı 505  
İlkmen, Erhan 46  
İmren, Caner 5  
İnaner, Hülya 759  
İnan, Nurdan 379  
İnan, Selim 379  
İnce, Meryem Dilan 988  
İpek, Yaprak 829  
İşcan, Yeliz 273  
İşiler, Mehmet 46  
İslam, Md Zahidül 1016

İşseven, Turgay 253, 516  
İzgi, Sibel 575

## J

Jackson, James 6  
Jacqueline, Vander Auwera 208  
Joniak, Peter 549

## K

Kabaklı, Su Güneş 206  
Kadirioğlu, Filiz Tuba 23, 211  
Kahraman, Bayram 805  
Kahrıman, Hasan Hüseyin 532  
Kalafat, Doğan 23, 597  
Kale, Özkan 23  
Kamar, Güldem 568  
Kamuş, Ali Osman 135  
Kandemir, Raif 364  
Kantarçeken, Yasemin 117  
Kapan, Sevinç 547, 555  
Karaarslan, Fatih 629, 634  
Karabacak, Volkan 208  
Karabaşoğlu, Aslı 528  
Karabulut, Hayrullah 33  
Karaca, Esra 777  
Karadaş, Aylin 861, 866  
Karadeniz, Cansu 767  
Karadoğan, Sabri 890  
Karagöz, Özlem 834, 1041  
Karagüzel, Remzi 316  
Karahana, Murat 954  
Kara, Hatice 385  
Karakaş, Zehra 1000  
Karakaş, Zehra Semra 331, 576  
Karakılıçık, Hatice 581  
Karaman, M. Erkan 206  
Karaman, Muhittin 420  
Kara, Meryem 31  
Karamürsel, Emet 188  
Karaoğlan, Fatih 502, 507  
Karaoğlan, İbrahim 621  
Karaoğlu, Gülçin Türkan 316  
Karaoğlu, Özgür 920, 925  
Karaöz, Ömer 1016  
Karapınar, Dilek 959  
Karaş, Murat 169  
Karayığit, Ali İhsan 143  
Kardeş, Sinan 629, 634  
Kargı, Hulusi 297  
Kar, Murat 299  
Kartal, Recai Feyiz 23, 211  
Karvar, Gamze 877

Kavak, Kaan Şevki 78, 81  
Kavurmacı, M. Murat 311  
Kayabalı, Kamil 459  
Kaya, Burcu 579  
Kaya, Emine Cansu 158  
Kaya, Mustafa 117, 420  
Kayan, İlhan 42  
Kaya, Tanju 549  
Kaya, Tuğçe Nagihan Arslan 327  
Kaygılı, Sibel 541, 545  
Kaygısız, Ersin 399  
Kayın, Sercan 516  
Kaymakçı, Nuretdin 511, 513, 518, 522, 559, 988  
Kaypak, Bülent 20, 967  
Kazancı, Nizamettin 39, 351, 357, 377  
Kazancı, Yiğithan 705  
Keleş, Ali 767  
Kergaravat, Charlie 81  
Kesidis, Giannis 530  
Ketenci, Doğanay Elif 119  
Khalid, Perveiz 289, 469  
Khila, Amna 591  
Kirkan, Erdem 472  
Kirk, Jason 414  
Kılıç, Fatmagül 273  
Kılıç, Mahmut 587  
Kılıç, Neşe 313  
Kılıç, Nurgül Karlıoğlu 1016  
Kılıç, Recep 139, 158, 161, 162  
Kılıç, Tuğbay 23  
Kıray, Havva Neslihan 155, 169, 171  
Kırmızıtaş, Hasan 188  
Kıyak, Nafiye Güneç 279, 551  
Koca, Bayram 169  
Koç, Ayten 511  
Koç, Azize 167  
Koç, Esila 162  
Koç, Şükrü 331  
Koçyiğit, Ali 28  
Koepke, Jürgen 502, 507  
Köksal, Fatma Toksoy 536  
Köktan, Nida 95  
Kömürlü, Eren 447  
Konak, Aşsin 195  
Koppers, Anthony 267  
Koralay, Ersin 414  
Koral, Hayrettin 547  
Korkmaz, Banu 527  
Korkutan, Emrah 117  
Korkutata, Ümit 101  
Korkut, Taner 360  
Koroğlu, Fatih 364  
Köse, Oğuzhan 281  
Kouwenhoven, Tanja 559

Kozak, Mehmet 943  
Küçükdemirci, Melda 1016  
Küçüksezgin, Filiz 329  
Küçüksümbül, Anıl 180  
Kuebler, Corinne 265  
Kul, Ahmet Özkan 495  
Kumral, Mustafa 420  
Kumsar, Halil 659, 896  
Kurban, Yunus Can 1101  
Kürçer, Akın 31  
Kurt, Abdulaziz 178  
Kurt, M. Ali 625  
Kurt, Mehmet Ali 182, 327  
Kurtulmuş, Gizem 627  
Kurtulmuş, Tefik Özgür 609  
Kurtuluş, Cengiz 261  
Kürüm, Sevcan 389  
Kusky, Timothy M. 502, 507  
Kuzucuoğlu, Catherine 30, 373  
Kuzu, Tuğçe Ayşe 528

## L

Lamair, Laura 208  
Langereis, Cor G. 511, 513, 522, 518, 520, 988  
Lasserre, Cécile 478, 675, 677  
Lazos, Ilias 236  
Legeay, Etienne 81  
Likando, Obby Nawa 191  
Li, Qiu-Li 71

## M

Mahmutoğlu, Yılmaz 316, 901  
Makaroglu, Özlem 1016  
Marmara, Harika 683  
Maviş, Arif Oğuzhan 424  
Mayda, Serdar 549  
McCaffrey, Ken 490  
McClain, Kevin 279  
McKenzie, Dan 6  
Mehmetoğlu, Hakan 205  
Mehmood, Syed Amir 289, 469  
Meijers, Maud 511  
Meriç, Engin 551  
Metintaş, Selma 643  
Miggins, Daniel P. 267  
Moghadam, Atefeh Yeganeh 65  
Mohn, Geoffrey 81  
Mollamahmutoğlu, Murat 459  
Moritz, Robert 407  
Mülayim, Oğuz 584  
Mülayım, Oğuz 539  
Murdock, Duncan 530

Mutlutürk, Mahmut 949

## N

Nalbantçılar, M. Tahir 95  
Namlı, Ayten 105  
Nasıf, Ashihan 907  
Naycı, Özge 401  
Nazik, Atike 551, 566, 579  
Niederman, Samuel 414  
Nissen, Ed 6  
Nohutcu, Metin 215  
Nyamsarı, Daniel G. 1065

## O

Ocakoglu, Faruk 871, 1013  
Ocakoglu, Neslihan 273  
Öcal, Mehmet Fikret 217  
Öçgün, Ali Gökhan 581  
Okan, Özlem Öztekin 53, 877  
Okay, Aral I. 37, 74, 76, 440, 543  
Okay, Nilgün 133  
Okur, Hilal 362  
Okur, Kübra 981  
Okut-Toksoy, N. Gözde 841  
Omar, Dıyar Azad 573  
Önal, Ayten Öztüfekçi 53, 877  
Öncel, Salim M. 357  
Öner, Ertuğ 861, 866  
Öner, Ferda 201  
Ongar, Atilla 793  
Öniz, Hakan 275  
Önsüz, Muhammed Fatih 623  
Örçen, Sefer 575  
Örgün-Tutay, Yüksel 319  
Orhan, Ayşe 417  
Orhan, Hükmü 344  
Oskay, Rıza Görkem 143, 147, 739  
Osmançelebioğlu, Refahat 39  
Ostende, Lars W. van den Hoek 549  
Ouahabi, Meriam El 208  
Över, Demet 664  
Oyman, Tolga 409, 424  
Özacar, Arda A. 513  
Özalp, Selim 17, 23, 31  
Özata, Adem 39  
Özbaş, Ünal 718, 853  
Özbek, Toros 767  
Özbey, Volkan 46  
Özcan, Ercan 74, 541, 543, 545  
Özcan, Orkan 46, 279  
Özçelik, Büşra 158  
Özçelik, Emir Can 1057, 1061

Özçelik, Hakan 139  
Özçelik, Mehmet 323  
Özdağ, Özkan Cevdet 255, 805, 821, 825, 829  
Özdemir, Alpay 33  
Özdemir, Ersin 31  
Özdemir, Soner 227  
Özden, Süha 683  
Özder, Rengin 536  
Özdoğan, Mehmet Volkan 1091  
Özel, Faik Erdeniz 907  
Özel, Mehmet Emin 399  
Özel, Oğuz 273, 1041  
Özener, Haluk 219, 227  
Özerk, O. Cem 39  
Özer, Mine Sezgül Kayseri 576, 995, 1000, 1007  
Özer, Özge 1057, 1061, 1065  
Özer, Sacit 532, 534, 539  
Özgen-Erdem, Nazire 78, 377, 566  
Özgüç, Özgür 1049  
Özgüneylioglu, Aysen 357  
Özgülven, Müge 1081  
Özkaptan, Murat 511, 513  
Özkara, Raziye 755  
Özkaymak, Çağlar 25, 156, 220, 518, 885, 988  
Özkul, Mehmet 369, 579  
Özmen, Ayhan 344  
Özsayın, Erman 151  
Özsoy, Oğuz Yasin 1091  
Öztürk, Alican 97  
Öztürk, Mehmet 220  
Öztürk, Muhammed Zeynel 285  
Öztürk, Selena Ezgi 502, 507  
Öztürk, Tuğba 279  
Özvan, Ali 451

## P

Parlak, Osman 499, 502, 507  
Pavlidis, Spyros 236  
Pavlidis, Spyros B. 7  
Pearson, Charlotte 798  
Pekkan, Emrah 83, 191  
Pelaez-Campomanes, Pablo 549  
Pereira, Christer Dominique 541  
Peytcheva, Irena 397  
Pichat, Alexandre 81  
Pichon, Xavier Le 5  
Pikridas, Christos 236  
Poesse, Jorik Willem 522  
Poisson, André 78, 81  
Poşluk, Elif Apaydin 547

Poyraz, Fatih 224  
Poyraz, Murat 285

## Q

Qayyum, Abdul 522  
Quadt, Albrecht von 502, 507  
Qureshii, Jahanzeb 289, 469

## R

Rayfield, Emily 530  
Renard, François 478, 675, 677  
Ribes, Charlotte 78, 81  
Ringebach, Jean-Claude 81  
Roberts, Gerald P 490  
Robertson, Alastair H.F. 499  
Rojay, Bora 85  
Rozel, Antoine 238

## S

Sağın, Özlem Toygar 925  
Sağlam-Selçuk, Azad 366  
Şahin, Ferhan 117  
Şahin, Sefa 279  
Şahin, Zeynep 625  
Saka, M. Halis 661  
Salvatore, Peter 46  
Sami, Javed 289, 469  
Sancak, Kemal Gökhan 1086  
Sançar, Taylan 53, 467, 877  
Sandıkkaya, M. Abdullah 607  
Sanğu, Ercan 175, 188  
Şans, Gökhan 316  
Sansom, Ivan 530  
Sar, Abdullah 389  
Sargın, Ahmet Hamdi 767  
Sarıaltun, Savaş 275  
Sarı, Bilal 584, 591  
Sarıdaş, Gurbet 751  
Sarı, Erol 327  
Sarıkaya, M. Akif 279, 342  
Sarıkaya, Mehmet Akif 46, 281  
Sarış, Faize 340  
Şaroğlu, Fuat 8, 17, 33, 44, 309, 371  
Satur, Dilara 161  
Sayın, Aytuna 313  
Sayın, Ülkü 344  
Sayıt, Kaan 391  
Schachner, Andreas 793  
Schmitt, Axel K. 267  
Selçuk, Azad Sağlam 197, 495  
Selçuk, Levent 197, 259

Selim, H. Haluk 117  
Semiz, Barış 915  
Şen, A. Kadir 615  
Şen, Barış 240  
Şener, Ahmet 110, 175, 188  
Şener, Mehmet Furkan 285  
Şengör, A. M. Celal 5, 15, 242  
Şen, Ömer L. 281  
Şen, Şevket 995, 1007  
Şentürk, Murat Doruk 211, 213, 1020  
Şentürk, Selver 33  
Şeşetyan, Karin 23  
Seyitoğlu, Gürol 20, 475, 967  
Shanks, Richard P 490  
Sherlock, Sarah 69  
Siler, Muzaffer 587  
Simmons, Mike 584  
Simonetti, Antonio 265  
Şimşek, Celalettin 613  
Şimşek, Emrah 502, 507  
Şimşek, Gökçe 502, 507  
Şimşek, Mesut 285  
Şimşek, Tuğçe 502, 507  
Şiş, Fatih Seçkin 518, 559, 988  
Sisman, Fatma Nurten 609  
Siyahtaş, Abdulcelil 495  
Softa, Mustafa 153, 346, 490, 688  
Sönmez, Fatma Nuran 414  
Sözbilir, Hasan 25, 153, 155, 156, 169, 171, 234,  
255, 299, 346, 490, 513, 731, 805, 821,  
825, 885, 973, 1091  
Sözeri, Koray 331, 995, 1007  
Spencer, Joel Q.G. 339, 346, 688  
Stepišnik, Uroš 342  
Stoica, Mariou 518, 988  
Sümer, Ökmen 25, 61, 490, 518, 688, 759, 793,  
988  
Sunal, Gürsel 74, 366  
Sünneci, Kadir 387

## T

Taheri, Kamal 65  
Taheri, Milad 65  
Talas, Ezgi 329  
Tamtaş, Burçin Didem 1036  
Tanç, Beril 117  
Taner, Güler 651  
Tanırcan, Gülüm 606  
Tan, Onur 1027  
Tarcan, Gültekin 180  
Tarhan, Niyazi 433, 435  
Taşgın, Calibe Koç 579  
Taşkın, Gamze Bağçeci 422

Taşkın, Sedef 115  
Taşkiran, Murat 896  
Taş, K. Ömer 117  
Taslı, Kemal 532  
Taymuş, Refik Burak 197  
Teke, Kamil 217  
Teke, Rabia Büşra 744  
Tekin, Arman 51  
Tekin, Erdoğan 331, 593, 995, 1000, 1007  
Tekin, Erdoğan 576  
Tekin, Erkin 1086  
Tekin, Senem 23, 659, 1096  
Temelli, Savaş Uğur 667  
Temiz, Haluk 81  
Tepeuğur, Eren 211  
Terzi, Begüm 705  
Tetik, Tuğçe 606  
Tezel, Kübra 453  
Thybo, Hans 237  
Tiryakioğlu, İbrahim 220, 885  
Toksoy, Ahmet Yavuz 261  
Toktay, Hazel Deniz 199, 251  
Tokuç, Burcu 631  
Toori, Moosarezza 967  
Topal, Candaş 318  
Topal, Tamer 445  
Toprak, Vedat 85  
Topuz, Gültekin 69, 71  
Tosun, Levent 518, 988  
Totiç, Ermedin 455  
Traore, Mamadou 659  
Tuğrul, Atiye 205  
Tükel, Caner 615  
Tunçay, Ceren 159  
Tunçel, Aykut 825  
Tuncer, Alaettin 351  
Tün, Muammer 83  
Tunoğlu, Cemal 351, 527  
Turan, Mehmet 346  
Turgal, Ayşe Yılmaz 846  
Turgay, Metin Bilgehan 920  
Türk, Ali 323  
Türkmen, Sedat 449  
Turoğlu, Hüseyin 271  
Turp, Sinan Mehmet 101  
Tutar, Ahmet 1016

## U

Uçar, Hakan 515  
Uçar, İbrahim 411  
Uçarlı, Levent 1086  
Ueda, Kosuke 240  
Uğur, Mehmet Ali 220

Ulamış, Koray 167  
Ulamış, Koray 158, 161  
Ulugergerli, Emin 725  
Ulugergerli, Emin U. 713, 834  
Ünal, Ali Berk 158  
Üner, Burcu Çevik 121  
Üner, Serkan 151  
Üner, Tijen 505  
Ünlügenç, Ulvi Can 581  
Ural, Deniz 234  
Uras, Yusuf 621  
Üregel, Reyhan Peştemalcı 89  
Uslular, Göksu 267  
Us, Muhammed Sami 576, 1000, 1007  
Ustaömer, Timur 499  
Üstüner, İrem 167  
Utkucu, Murat 1031  
Utku, Mehmet 255, 821, 973  
Utlu, Mustafa 285  
Utomo, Gagas P. 293  
Uytun, Hüseyin 299  
Uzel, Bora 25, 490, 511, 513, 518, 988  
Uzunoglu, Ayşin 725

## V

Vardar, Serdar 861, 866  
Varol, Baki 995, 1000, 1007  
Varol, Baki Erdoğan 576  
Varol, Elif 930  
Varol, Simge 772  
Vona, Hande 669

## W

Wang, Lu 502, 507  
Wedmore, Luke NJ 490  
Woerd, Jérôme Van Der 280

## Y

Yağmurlu, Fuzuli 1020  
Yağmur, Mustafa 627  
Yakupoglu, Türker 573  
Yakut, Ahmet 23  
Yalçın, Cihan 420  
Yalçın, Cahit Çağlar 1101  
Yalçın, Füsün 1065  
Yalçın, Hilal 600  
Yalçın, Hüseyin 438  
Yalçınkaya, Eşref 1036  
Yalçın, M. Gürhan 1057, 1061, 1065  
Yalçın, M. Namık 195  
Yaltırak, Cenk 219

Yamanaka, Hiroaki 1041  
Yapar, Yosun Özlem 661  
Yapıcıoğlu, Pelin 781, 786  
Yarbaşı, Necmi 461  
Yarımbaş, Merve 110  
Yasan, Onur 340  
Yaşar, Doğan 55  
Yavaşoğlu, Hasan Hakan 222, 277  
Yavuz, E. Vural 673  
Yavuzoğlu, Ayhan 31  
Yazdani, Hamidreza 701  
Yerli, Büşra 153, 688  
Yeşilnacar, M. İrfan 694, 777, 781, 786  
Yetiş, Ayşegül Demir 694, 744  
Yetiş, Recep 694, 744  
Yıldırım, Cengiz 46, 277, 279, 283, 342  
Yıldırım, Ümit 182  
Yıldız, Ahmet 755, 943  
Yıldızdağ, Kemal 299  
Yıldız, Şeyma 283  
Yılmaz, Ali 69  
Yılmaz, Çağrı 563  
Yılmaz, Hilal 759  
Yılmaz, Hüseyin 414, 438  
Yılmaz, İsak 395  
Yılmaz, İsmail Ömer 539, 584  
Yılmaz, M. Tolga 23  
Yılmaz-Şahin, Sabah 121, 319, 397, 401  
Yılmaz, Yücel 8  
Yokeş, M. Baki 551  
Yolcubal, İrfan 93, 110, 175, 188  
Yorulmaz, Faruk 631  
Yücel, Ali Osman 543, 545  
Yücel, Deniz Şanhyüksel 63, 683, 1101  
Yücel, Mehmet Ali 1101  
Yüksel, Ali Kamil 369  
Yüksel, Fethi Ahmet 199, 205, 251, 360

## Z

Zack, Thomas 69, 71  
Zaman, Semih 617  
Zare, Mehdi 602  
Zattin, Massimiliano 74  
Zebre, Manja 342  
Zeybek, Mutlu 109  
Zhang, Chao 502, 507  
Zijerveld, Leo JJ 490

