

# TÜRKİYE JEOLOJİ BÜLTENİ

*Geological Bulletin of Turkey*

Ağustos 2016 Cilt 59 Sayı 3  
*August 2016 Volume 59 Issue 3*

ISSN 1016-9164



**TMMOB JEOLOJİ MÜHENDİSLERİ ODASI**  
*Chamber of Geological Engineers of Turkey*

TMMOB  
JEOLOJİ MÜHENDİSLERİ ODASI  
*Chamber of Geological Engineers of Turkey*

**YÖNETİM KURULU / EXECUTIVE BOARD**

Hüseyin ALAN	Başkan / <i>President</i>
Yüksel METİN	İkinci Başkan / <i>Vice President</i>
Faruk İLGÜN	Yazman / <i>Secretary</i>
D. Malik BAKIR	Sayman / <i>Treasurer</i>
Canan DEMİRALP	Mesleki Uygulamalar Üyesi / <i>Member of Professional Activities</i>
Düzgün ESİNA	Sosyal İlişkiler Üyesi / <i>Member of Social Affairs</i>
Murat AKGÖZ	Yayın Üyesi / <i>Member of Publication</i>

**TÜRKİYE JEOLOJİ BÜLTENİ**  
*Geological Bulletin of Turkey*

**Yayın Kurulu / Publication Board**

**Editör / Editor**

Prof. Dr. Orhan TATAR  
orhantatar@cumhuriyet.edu.tr

**Yardımcı Editör / Associate Editor**

Doç. Dr. B. Levent Mesci  
mesci@cumhuriyet.edu.tr

**İngilizce Editörü / English Editor**

Margaret SÖNMEZ

**Yazı İnceleme Kurulu / Editorial Board**

ALTINER Demir (Ankara, Türkiye)	PIPIK Radovan Kyska (B. Bystrica, Slovakya)
BAYHAN Hasan (Ankara, Türkiye)	OKAY Aral (İstanbul, Türkiye)
BESBELLİ Berk (Ankara, Türkiye)	PAKTUNÇ Doğan (Ontario, Kanada)
BOZKURT Erdin (Ankara, Türkiye)	ROBERTSON Alastair (Edinburg, UK)
DEMİREL İsmail Hakkı (Ankara, Türkiye)	SAKINÇ Mehmet (İstanbul, Türkiye)
GENÇ Yurdal (Ankara, Türkiye)	SATIR Muharrem (Tübingen, Almanya)
GÖKÇE Ahmet (Sivas, Türkiye)	ŞEN Şevket (Paris, Fransa)
GÖKTEN Ergun (Ankara, Türkiye)	TEKİN U. Kağan (Ankara, Türkiye)
GÖNCÜOĞLU M. Cemal (Ankara, Türkiye)	TEMEL Abidin (Ankara, Türkiye)
GÜLEÇ Nilgün (Ankara, Türkiye)	TÜYSÜZ Okan (İstanbul, Türkiye)
GÜRSOY Halil (Sivas, Türkiye)	ÜNLÜ Taner (Ankara, Türkiye)
HELVACI Cahit (İzmir, Türkiye)	ÜNLÜGENÇ Ulvi Can (Adana, Türkiye)
KARAKAYA Muazzez Çelik (Konya, Türkiye)	USTAÖMER Timur (İstanbul, Türkiye)
KARAYİĞİT Ali İhsan (Ankara, Türkiye)	VASELLI Orlando (Florans, İtalya)
KELLING Gilbert (Staffordshire, UK)	WALASZCZYK Ireneusz (Warszawa, Polonya)
MAMEDOV Musa (Baku, Azerbaycan)	YALÇIN Hüseyin (Sivas, Türkiye)
NOKAMAN M. Eran (İzmir, Türkiye)	YAVUZ Fuat (İstanbul, Türkiye)
NAZİK Atike (Adana, Türkiye)	YILMAZ İsmail Ömer (Ankara, Türkiye)
ÖZER Sacit (İzmir, Türkiye)	YİĞİTBAŞ Erdinç (Çanakkale, Türkiye)
PIPER John D.A. (Liverpool, UK)	YÜRÜR M. Tekin (Ankara, Türkiye)

**Makale Gönderim Adresi**

TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası  
PK. 464 Yenişehir, 06410 Ankara  
Tel: (0312) 434 36 01  
Faks: (0312) 434 23 88  
E-Posta: jmo@jmo.org.tr  
URL: www.jmo.org.tr

**Corresponding Address**

UCTEA Chamber of Geological Engineers of Turkey  
PO Box 464 Yenişehir, TR-06410 Ankara  
Phone: +90 312 434 36 01  
Fax: +90 312 434 23 88  
E-Mail: jmo@jmo.org.tr  
URL: www.jmo.org.tr

Yayın Türü	: Yaygın Süreli Yayın
Yayın Şekli	: 4 Aylık Türkçe - İngilizce
Yayın Sahibi	: TMMOB JMO Adına Hüseyin ALAN
Sorumlu Yazı İşleri Müdürü	: Hüseyin ALAN
Yayın İdari Adresi	: Hatay 2 Sokak No: 21 Kocatepe / Ankara Tel: 0 312 432 30 85 Faks: 0 312 434 23 88
Baskı (Printed by)	: ERS Matbaacılık Kazım Karabekir Cad. Altıntop İşhanı No: 87/7 İskitler / Ankara Tel: 0 312 384 54 88
Baskı Tarihi	: Eylül 2016
Baskı Adedi	: 1000

# TÜRKİYE JEOLojİ BÜLTENİ

*Geological Bulletin of Turkey*

Ağustos 2016 Cilt 59 Sayı 3  
August 2016 Volume 59 Issue 3

ISSN 1016-9164

## İÇİNDEKİLER CONTENTS

- Sariye Duygu ÜÇBAŞ DURAK ve Mehmet Serkan AKKİRAZ**  
**Kalkım-Gönen Havzasındaki Kömürlü Tortulların Paleoeolojik Özellikleri, Kuzeybatı Anadolu**  
*Palaeoecological aspects of coaly sediments from the Kalkım-Gönen Basin, Northwest Anatolia.....* 239
- Nazire ÖZGEN ERDEM, M. Yasin CANBOLAT, Derya SİNANOĞLU**  
**Araç Kuzeydoğusu (Kastamonu) Erken Eosen Sığ-Denizel Bentik Foraminifer Topluluğu ve Paleoeolojik Yorum**  
*Shallow Marine Benthic Foraminifera Assemblage of the Early Eocene Succession in the Northern Araç (Kastamonu) and Paleoeological Interpretation.....* 259
- Muhterem DEMİROĞLU ve Yüksel ÖRGÜN**  
**Menteş Havzası Yeraltısularının Hidrojeokimyasal Özellikleri (Yahyalı- Kayseri)**  
*Hydrogeochemical Characteristics of Groundwater in Menteş Watershed (Yahyalı- Kayseri-Turkey) .....* 275
- Fikret GÖKTAŞ**  
**Ildır Körfezi güneyindeki bölgenin Neojen stratigrafisi Çeşme Yarımadası, Batı Anadolu**  
*Neogene stratigraphy of the region in the south of Ildır Bay, Çeşme Peninsula, Western Anatolia.....* 299
- Sema TETİKER, Hüseyin YALÇIN, Ömer BOZKAYA**  
**Uludere-Uzungeçit (Şırnak) yöresinde (Güneydoğu Anadolu Otoktonu Doğu Bölümü)**  
**Alt Triyas Yaşlı Çığlı Grubu Kayaçlarının Diyajenez/Metamorfizma Tarihçesi**  
*Diagenesis/Metamorphism History of Lower Triassic Çığlı Group Rocks in Uludere-Uzungeçit (Şırnak) area (Eastern Part of the Southeast Anatolian Autochthone) .....* 323
- Serap ÇOLAK EROL**  
**Doğrultu Atımlı Fay Sistemlerindeki Traverten Oluşumlarının Jeolojik, Tektonik, Jeokimyasal ve Jeokronolojik Özelliklerine Sivrice (Elazığ) Güneybatısı'ndan Bir Örnek**  
*Geological, Tectonic Geochemical and Geochronological Properties of Travertine Occurrences Along the Strike-Slip Fault Systems:A Case From Southwestern Part of Sivrice (Elazığ) .....* 341
- Mehmet DEMİREL, Orhan TATAR, Fikret KOÇBULUT**  
**Kuzey Anadolu Fay Zonu Üzerinde Koyulhisar (Sivas) ve Yakın Çevresindeki Fayların Kinematik Özellikleri**  
*Kinematics of the faults around the Koyulhisar (Sivas) region on the North Anatolian Fault Zone .....* 357

### Türkiye Jeoloji Bülteni makale dizin ve özleri:

GeoRef, Geotitles, Geoscience Documentation, Bibliography of Economic Geology, Geology, Geo Archive,  
Geo Abstract, Mineralogical Abstract, GEOBASE, BIOSIS ve ULAKBİM  
Veri Tabanlarında yer almaktadır.

### *Geological Bulletin of Turkey is indexed and abstracted in:*

*GeoRef, Geotitles, Geoscience Documentation, Bibliography of Economic Geology,  
Geo Archive, Geo Abstract, Mineralogical Abstract, GEOBASE, BIOSIS and ULAKBİM Database*

**TÜRKİYE JEOLojİ MÜHENDİSLERİ ODASI**  
**Chamber of Geological Engineers of Turkey**





## Kalkım-Gönen Havzasındaki Kömürlü Tortulların Paleoeolojik Özellikleri, Kuzeybatı Anadolu

*Palaeoecological aspects of coaly sediments from the Kalkım-Gönen Basin, Northwest Anatolia*

Sariye Duygu ÜÇBAŞ DURAK ve Mehmet Serkan AKKİRAZ

Dumlupınar Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Merkez 43100 Kütahya  
(e-posta: [duygu.ucbas@dpu.edu.tr](mailto:duygu.ucbas@dpu.edu.tr))

### ÖZ

Bu çalışma, Geç Oligosen-Erken Miyosen yaşlı Kalkım-Gönen Havzasındaki linyit içerikli tortulların paleoeolojik özelliklerini açıklamaktadır. Bu amaca ulaşmak için, çalışmalar Ünsa ve Metehan olmak üzere iki farklı alanda gerçekleştirilmiştir. Özel bir işletme olan Ünsa madencilik tarafından yaklaşık 187 m uzunluğunda karotlu sondaj yapılmıştır. Karot boyunca volkaniklerle ardalanmalı linyitli ince kırıntılı tortullar egemendir. Metehan bölgesinde de ince kırıntılı tortullarla ardalanmalı linyit düzeyleri bulunmaktadır. İstif yer yer birincil ve ikincil jips oluşumları içermektedir. Bölgedeki tortullar yoğun kırıklı ve kıvrımlı yapıya sahip olup kıvrım eksenlerinin yönlemleri genellikle kuzeydoğu-güneybatı yönlüdür. Bölgedeki açık işletmeden yaklaşık 30 m kalınlığa ulaşan ölçülü kesit alınmıştır. Ünsa sondaj örneklerinde, konifer ormanı bitkilerinden Pinaceae ve Cupressaceae ve ırmak kenarı bitki örtüsü elemanı *Alnus* formu çok yüksek yüzdelerdedir. Karışık orman topluluğunun temel elemanları *Engelhardia*, *Castanea-Castanopsis*, *Quercus* spp., ve her dem yeşil *Quercus* olup daha düşük miktarlarda kaydedilmiştir. Sporlar, otsul ve bataklık bitkileri en düşük miktarlarla temsil edilirler. Polen konsantrasyonundaki değişime bağlı olarak 3 farklı yersel polen zonu (Ü/1-3) ayırt edilmiştir. Metehan sporomorf toplulukları genellikle konifer ormanı (ayrılmamış Pinaceae), karışık orman topluluğu (*Engelhardia*, her dem yeşil *Quercus*, *Quercus* spp., *Fagus*, *Carpinus*) ve ırmak kenarı bitkilerinin (*Alnus*) elemanlarınca zengindir. Sporlar göreceli olarak daha düşük miktarlardadır. Bataklık ormanı ve otsullar ise en düşük yüzdeleri oluşturmaktadır. Sayım sonuçları 2 farklı yersel polen alt zonunun varlığını belirtmektedir (M/1-2). Ayırt edilen bu alt zonlar Ünsa sporomorf topluluklarındaki Ü-2 zonuna karşılık gelmektedir. Her iki alanda tanımlanan polen toplulukları çökelim süresince yoğun bir orman örtüsünün varlığını göstermektedir. Bu ormanın içerisinde karışık orman bitkileri (her dem yeşil *Quercus*, *Quercus* spp., *Engelhardia*, *Castanea-Castanopsis*) ve koniferler (ayrılmamış Pinaceae, Cupressaceae, *Keteeleria*, *Cedrus*, *Cathaya*, *Picea*) bulunmaktadır. Irmak kenarlarında en bol bulunan bitki *Alnus*'tur. Bu ortamda *Ulmus*, *Zelkova*, *Carya*,

*Pterocarya* ve *Liquidambar* gibi bitkiler ise daha az miktarda bulunmaktadır. Sayısal iklim sonuçları ve polen toplulukları, her iki alandaki (Kalkım-Gönen Havzası) linyitli tortulların nemli, yağışlı ve sıcak koşullar altında çökeldiğini göstermektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Kalkım-Gönen Havzası, Kuzybatı Anadolu, Oligo-Miyosen, Palinoloji

## ABSTRACT

*This study explains the palaeoecological aspects of the lignite-bearing sediments from the Late Oligocene-Early Miocene Kalkım-Gönen Basin. Studies were carried out in two different areas, Ünsa and Metehan. A core drilling was performed by a private company, Ünsa mining, about 187 m long. Fine grained lignite bearing deposits alternated with volcanics are dominant along the core. In the Metehan area, lignites with clastic deposits alternation are available as well. Sequence includes primary and secondary gypsum formations in some places. Sediments in the region is densely faulted and folded and orientations of fold axis is mainly northeast-southwest directed. A section was measured from the open pit mine reaching to approximately 30 m thick coniferous plants undifferentiated Pinaceae and Cupressaceae, riparian plant Alnus are in high percentages in the samples from the Ünsa drilling. The main elements of the mixed mesophytic forest are Engelhardia, Castanea-Castanopsis, Quercus spp., and evergreen Quercus that were recorded in minor quantities. Spores, herbaceous and swamp plants are represented by lowest quantities. Three local pollen zones (Ü/1-3) may be distinguished according to changes on pollen concentration. Metehan sporomorph associations are rich with respect to elements of coniferous forest (undifferentiated Pinaceae), mixed mesophytic forest (Engelhardia, evergreen Quercus, Quercus spp., Fagus, Carpinus) and riparian plants (Alnus). Spores are relatively in low amounts. Swamp forest and herbs constitute the lowest percentages. Counting results indicate the existence of two different local pollen sub-zones (M/1-2) corresponding to Ü-2 zone of the Ünsa sporomorph associations. Pollen assemblages identified in both areas indicate the presence of a dense forest cover during the deposition. Within this forest, mixed forest plants (evergreen Quercus, Quercus spp., Engelhardia, Castanea-Castanopsis) and conifers (undifferentiated Pinaceae, Cupressaceae, Keteeleria, Cedrus, Cathaya, Picea). Alnus is the most abundant plant on the edges of the river. In this environment, plants such as Ulmus, Zelkova, Carya, Pterocarya and Liquidambar occur in lesser amounts. Quantitative palaeoclimate results and pollen assemblages in both areas (Kalkım-Gönen Basin) indicate that lignite-bearing sediments were deposited under humid, hot and rainy conditions.*

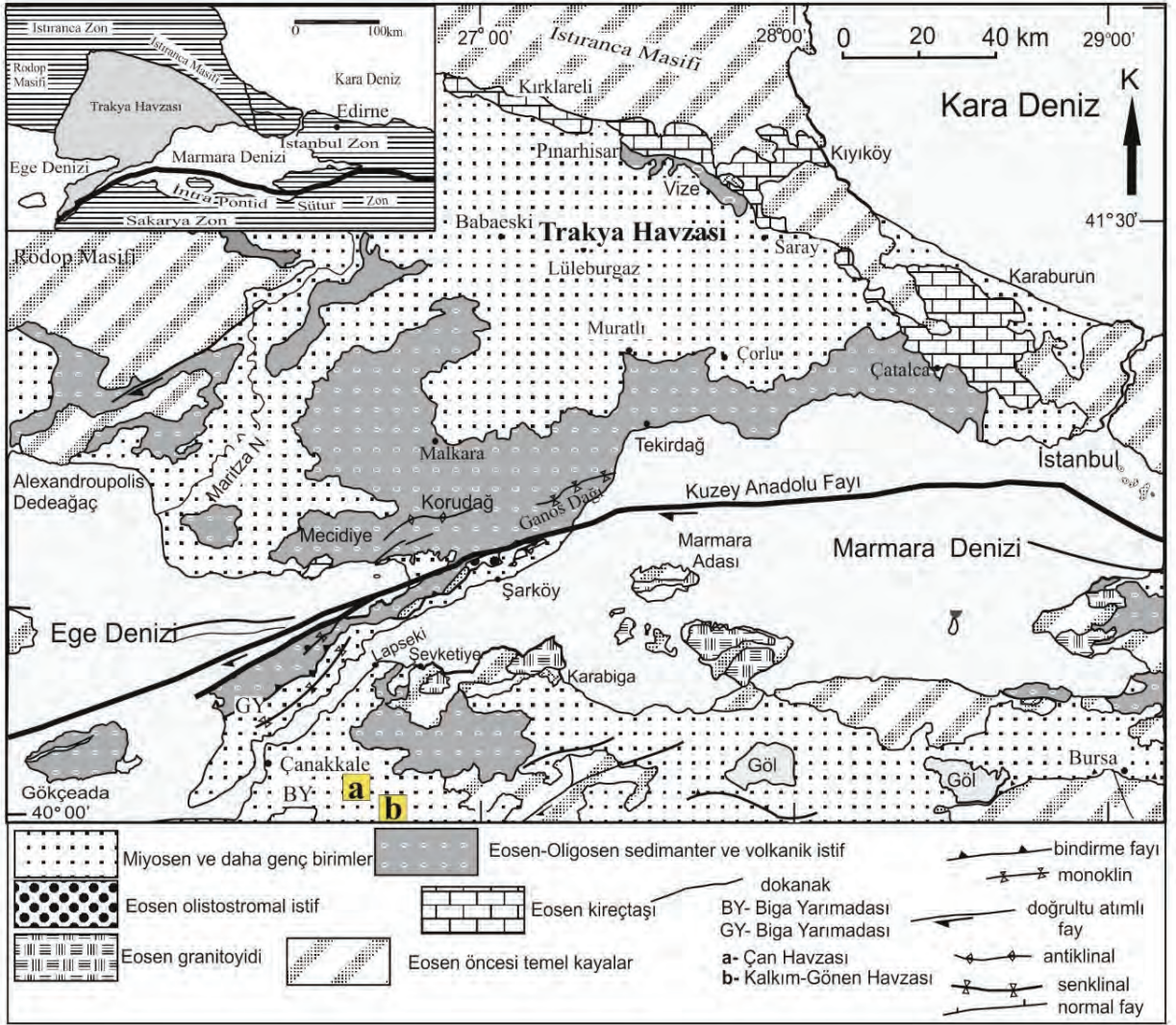
**Key words:** Kalkım-Gönen Basin, Northwest Anatolia, Oligo-Miocene, Palynology

## GİRİŞ

Kuzeybatı Anadolu, özellikle Trakya Havzası içerdiği linyit rezervi açısından önemli bir potansiyele sahiptir. Yapılan çalışmalar, linyitli tortulların çökeliminin çoğunlukla Oligosen süresince gerçekleştiğini göstermektedir (Batı, 1996; İslamoğlu vd. 2010; Akgün vd. 2013; Demirtaş vd. 2015; Bozcu vd. 2015). Ayrıca kömürlü Oligosen istifleri sadece Trakya Havzası ile sınırlı kalmayıp, Biga yarımadasının kuzeyine, hatta Gökçeada'ya kadar uzanmaktadır (Akgün vd. 2013) (Şekil 1). Biga yarımadasında ekonomik linyit oluşumları ise Miyosen yaşlı Çan Havzasında gözlenmektedir (Şekil 1). İzotop ve palinolojik çalışmalar, havzanın Erken-Orta Miyosen süresince çökeldiğini belirtmektedir (Siyako vd. 1989; Ediger, 1990; Bozcu vd. 2015). Ediger (1990) Çan Havzası (İntepe, Etili, Çan, Çomaklı, Helvacı, Kazıklı ve Şaroluk kesitleri) ve Gönen çevresi (Tütüncü ve Küpçıktı kesitleri) linyitlerinin palinostratigrafik özelliklerini incelemiştir. Palinolojik topluluk genellikle *Leiotriletes microadriennis*, *Baculatisporites primarius*, *Laevigatosporites haardti*, *Pityosporites* sp., *Inaperturopollenites dubius*, *I. hiatus*, *I. polyformosus* ve *I. emmaensis* formlarından oluşmaktadır. Araştırmacı elde ettiği topluluğun, Benda (1971)'de belirtilen "Eskihisar sporomorf topluluğu" ile korele edilebileceğini belirtmektedir ve çökelimin 15-20 my (Erken-Orta Miyosen) süresince gerçekleştiğini belirtmektedir. Diğer yandan son zamanlarda yapılan palinolojik çalışmalar, Çan Havzasındaki palinolojik topluluğun genellikle konifer ormanı bitkileri

(*Pinus haploxyton* tip, ayrılmamış Pinaceae, *Picea* ve Cupressaceae), karışık orman topluluğu bitkileri (*Castanea-Castanopsis*, Cyrillaceae-Clethraceae, *Engelhardia*, *Ouercus robur* ve Oleaceae) yaygın olduğunu göstermektedir (Demirtaş vd. 2015; Bozcu vd. 2015). Ayrıca ırmak kenarı bitki örtüsünün temel elamanı *Alnus* olup çok yüksek yüzdelerdir.

Kalkım-Gönen Havzası ise Çan Havzasının güneydoğusunda yer almaktadır (Şekil 1). Havzanın uzanımı, KD-GB olup linyitli tortullar en iyi Tütüncü, Küpçıktı, Sebepi, Mancılık, Danişment ve Bengiler köyleri arasındaki açık işletmelerde gözlenmektedir (Şekil 2). Havzada yapılan palinolojik çalışmaların sayısı azdır (Üçbaş Durak ve Akkiraz, 2016). Araştırmacılar, Danişment, Linfa ve Bengiler çevresindeki linyitli tortulların yaşının,  $Ar^{40}/Ar^{39}$  verilerine göre Geç Oligosen-Erken Miyosen (Şattiyen-Akitaniyen) olduğunu belirtirler (Üçbaş Durak ve Akkiraz, 2016). Danişment ve Linfa tortullarının yaşı Geç Oligosen, Bengiler tortullarının ise Erken Miyosen'dir. Her üç kesitten elde edilen palinolojik bulgular baskın bitki örtüsünün konifer ormanı, her dem yeşil ve yaprak döken karışık orman topluluğu ve ırmak kenarı bitki topluluklarından oluştuğunu göstermektedir. Bu çalışmada Kalkım-Gönen Havzasında, polenlere dayalı paleokolojik verileri arttırmak için, Ünsa ve Metehan kesitlerinden yeni örnekler derlenerek palinolojileri incelenmiştir. Ünsa ve Metehan işletmesinden bölümsel kesitler ölçülmüştür (Şekil 2).



**Şekil 1.** Kuzeybatı Anadolu'nun (Trakya ve çevresi) jeolojik haritası. (a) Çan Havzası; (b) Kalkım-Gönen Havzası (Okay vd. 2010).

**Figure 1.** Geological map of northwest Anatolia (Thrace and surrounding). (a) Çan Basin; (b) Kalkım-Gönen Basin (from Okay et al. 2010).

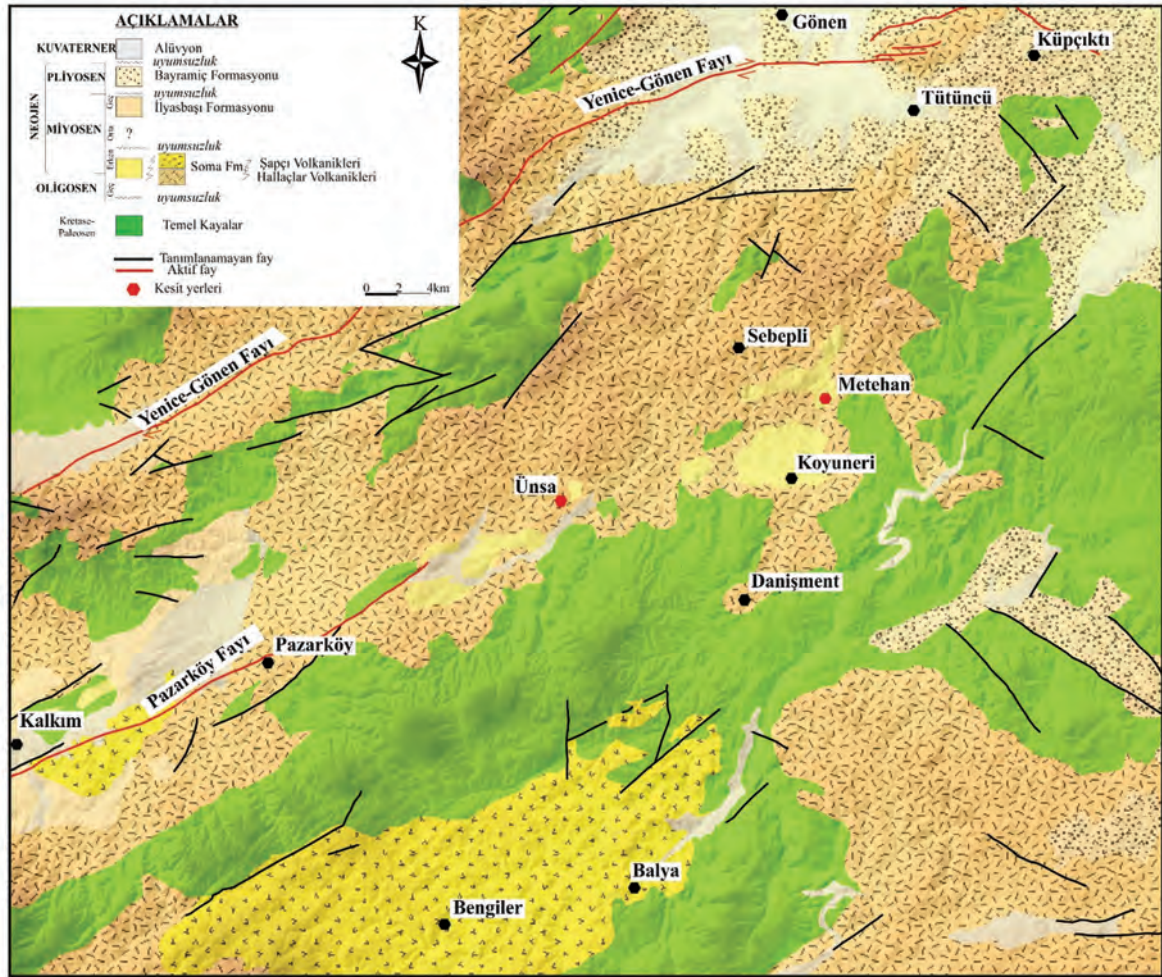
## MATERYAL VE YÖNTEM

### Materyal

Bu çalışmada, Kalkım-Gönen havzasındaki Ünsa madencilik tarafından açılmış sondaj karotu palinolojik açıdan örneklenmiştir. Toplam 52 örnek toplanmıştır (Şekil 3a). Bunların 34 tanesi

sayım sonuçlarına uygun bulunmuştur (Şekil 6). Ayrıca Metehan yöresindeki bir açık işletmeden bölümsel bir kesit üzerinden toplam 26 örnek derlenmiş ancak 7 tanesi palinolojik açıdan değerlendirme için yeterli sporomorf içermektedir (Şekil 3b, 6b).



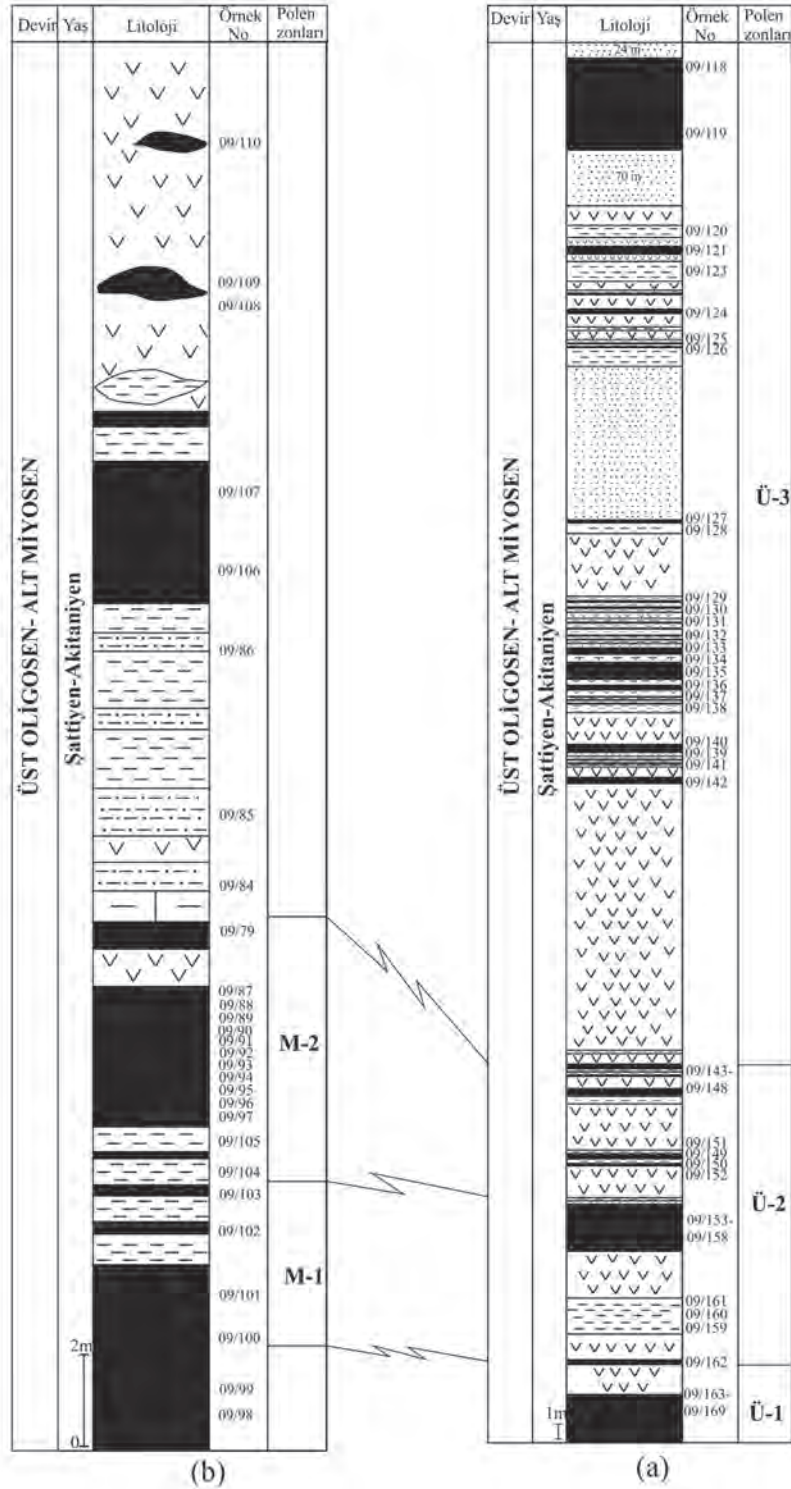


Şekil 2. Kalkım ve Gönen arasındaki jeolojik harita (Duru vd. 2007; Pehlivan vd. 2007; Akçay vd. 2008).  
Figure 2. Geological map of the Kalkım and Gönen (Duru et al. 2007; Pehlivan et al. 2007; Akçay et al. 2008).

## Yöntem

Araziden derlenen örnekler öğütülmüş ve çeşitli kimyasal işlemlerden geçirilmiştir. Sırasıyla HCL (Hidroklorik asit (% 32)), HF (Hidroflorik asit (% 38-40)), Nitrik Asit (% 65)+Potasyum klorat ( $\text{HNO}_3 + \text{KClO}_3$ ) uygulanmıştır. Son aşamada ise bazlardan KOH (Potasyum Hidroksit) kullanılmıştır. Dekantasyon sonucu örnekler, şişlere alınıp lamlar hazırlanmıştır. Genellikle her bir örnekten 2şer lam hazırlanarak incelenmiştir. Her bir örnek için en az 200 birey

sayımı gerçekleştirilmiştir. Sayım sonuçları yüzdeye dönüştürülerek bir istatistik programı olan TILIA programında değerlendirilmiş ve polen yüzdelilerindeki değişim ortaya konmuştur (Grimm, 1995). Sayısal iklim değerleri elde etmek için Coexistence Approach yöntemi kullanılmıştır (Mosbrugger ve Ustecher, 1997). Bu çalışmada Çizelge 1'de belirtilen iklim değerleri hesaplanmıştır. Ayrıca elde edilen polenlerin botanik bağlılıkları ortaya çıkarıldıktan sonra, paleokoölojik gereksinimleri göz önünde bulundurularak gruplandırılmıştır (Şekil 8).



**Şekil 3.** Ünsa linyit işletmesine ait sondaj karotü (a); Metehan açık işletmesinden alınan bölümsel kesit (b).  
**Figure 3.** A borehole core from Ünsa coal pits (a); partial section from the Metehan open pit mine (b).

## STRATİGRAFİ

Havzadaki, linyit içerikli tortulların temelini, Geç Paleozoyik-Erken Kretase yaşlı Sakarya zonu ve Geç Kretase yaşlı İzmir-Ankara zonu kayaları oluşturmaktadır (Duru vd. 2007; Pehlivan vd. 2007; Akçay vd. 2008). Bölgenin temel kayaları birbirleriyle tektonik ilişkili ve KD-GB uzanımlı ofiyolitik kayalar ve kireçtaşı bloklu filiş tipi kayalardan oluşan İzmir-Ankara ve genellikle amfibollü gnays, mermer, amfibolit, sillimanit gnays, biyotit gnays, granitik gnays, migmatit içeren Sakarya zonu kayalarından oluşmaktadır (Duru vd. 2007; Pehlivan vd. 2007; Akçay vd. 2008) (Şekil 1, 2).

**Çizelge 1.** İklimsel parametrelerin listesi ve kullanılan kısaltmalar

**Table 1.** A list of climate parameters and abbreviations.

Yıllık Ortalama Sıcaklık (°C) MAT
En Soğuk Ayın Ortalama Sıcaklığı (°C) CMT
En Sıcak Ayın Ortalama Sıcaklığı (°C) WMT
Yıllık Yağış Miktarı (mm) MAP
En Nemli Ayın Yağış Miktarı (mm) HMP
En Kurak Ayın Yağış Miktarı (mm) LMP
En Sıcak Ayın Yağış Miktarı (mm) WMP

Kömürlü Senozoyik istifine ise temel kayaları uyumsuz olarak üstlenmektedir (Akgün vd. 1986; Siyako vd. 1989; Ediger, 1990; Ercan vd. 1990; Genç, 1998; İnci, 1998; Selim vd. 2006; Duru vd. 2007; Pehlivan vd. 2007; Akçay vd. 2008) (Şekil 1.3). Çalışma alanındaki Senozoyik yaşlı istif sırasıyla; Geç Oligosen-Erken Miyosen yaşlı yer yer altere andezit, bazaltik-andezitik lav ve piroklastiklerden oluşan Hallaçlar volkanikleri, Geç Oligosen - Erken Miyosen (Şattiyen-Akitaniyen) yaşlı linyit içerikli Soma Formasyonu,

Erken Miyosen yaşlı altta ignimbiritik asidik tüf, üst kesimlerinde asidik lavlar ve piroklastiklerden oluşan Şapçı volkanikleri, Geç Miyosen yaşlı İlyasbaşı Formasyonu ve Pliyosen yaşlı kırmızı-kahverengi çakıtaşı, kumtaşı ve çamurtaşı içeren, alüvyon yelpazesi, örgülü ve menderesli akarsu çökellerinden oluşan Bayramiç Formasyonu'dur (Duru vd. 2007; Pehlivan vd. 2007; Akçay vd. 2008) (Şekil. 2). Kuvaterner yaşlı alüvyon tüm birimleri uyumsuz olarak örtmektedir.

## Soma Formasyonu

Çalışmanın konusunu oluşturan Soma Formasyonu ilk kez Nebert (1978) tarafından Manisa-Soma ve çevresindeki linyit içerikli tortullar için tanımlanmış ve adlandırılmıştır. Soma ve çevresinde yüzlek veren formasyon alttan üste doğru sırasıyla çakıtaşı, kumtaşı, çamurtaşı, alt linyit damarı, bol yaprak fosilli marn, siltaşı, gastropod ve bivalvialı kireçtaşı ve üst linyit damarından oluşmaktadır (Nebert, 1978; İnci, 1984, 1998; 2002; Akgün vd. 1986; Gemici vd. 1991; Akgün vd. 2007). Son zamanlarda yapılan çalışmalar Soma Formasyonunun Erken Miyosen'de oluştuğu belirtilmektedir (Kaya vd. 2007; Ersoy vd., 2014). Bu çalışmada da incelenen kömürlü istif aynı formasyon içinde ele alınmıştır (Duru vd. 2007; Pehlivan vd. 2007; Akçay vd. 2008) (Şekil 2).

## Ünsa Sondajı (Koord: 46732/18318)

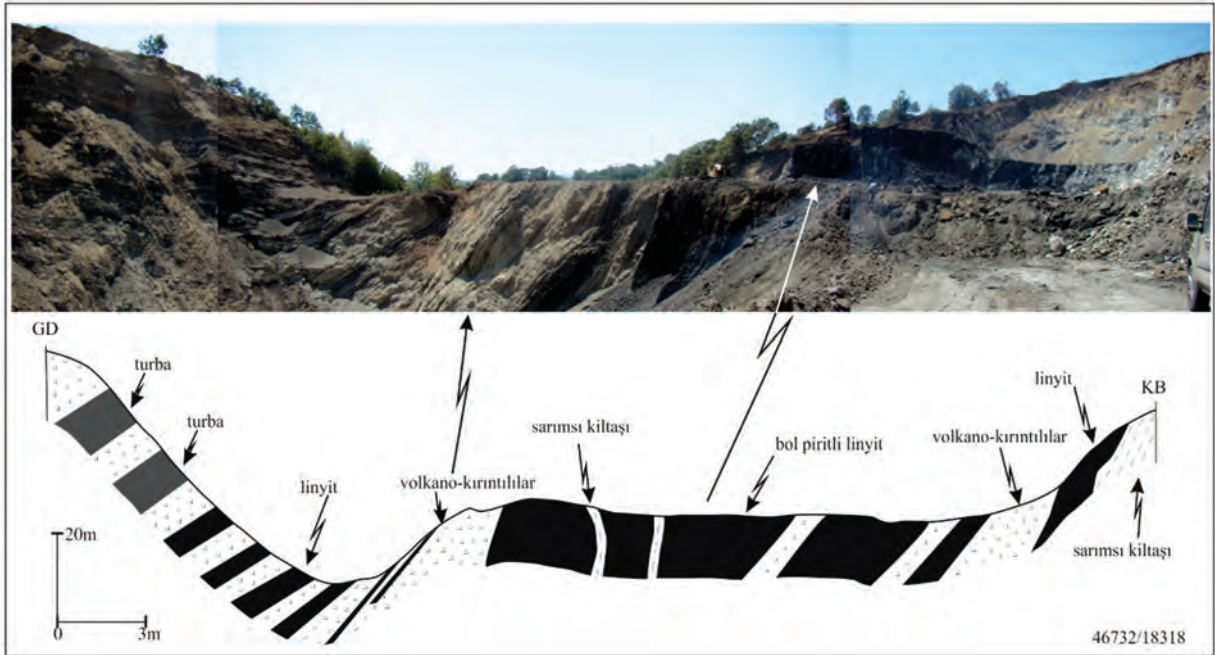
Ünsa kesitindeki istif volkaniklerle ardalanmalı ince kırıntılı tortullardan oluşmaktadır. Ocakta birbirinden farklı seviye ve kalınlıkta linyit damarları gözlenmektedir (Şekil 3). Açık işletmede linyitli birimler ile ince kırıntılı tortullar ardalanmalı olup, yer yer düşeye yakın tabaka konumlarına sahiptir (Şekil 4). Ünsa alanında, Ünsa madencilik tarafından karotlu sondaj yapılmış

olup kalınlığı 187 m'dir (Şekil 3a). Karotun üst bölümlerinde, linyit içerikli sarımsı renklerde kumtaşı baskın bir çökelim söz konusudur. Daha derinlere doğru tüfler baskın hale gelmektedir. Ayrıca farklı seviye ve kalınlıklarda kırıklı, belirgin katmanlı linyit damarları gözlenmektedir. Derinlerde sondajın üst bölümünde baskın olan kumtaşları yok olmaktadır ve egemen grimsi renklerdeki kiltaşları bulunmaktadır.

#### Metehan Kesiti (Koord: 57732/22444)

İstif yoğun bir şekilde deformasyona uğramıştır. Bu deformasyonların izleri olarak katmanlar bol çatlaklı ve yer yer kıvrımlıdır. Kıvrım eksenleri KD-GB yönlemine sahip olup genellikle dalımsızdır (Şekil 5a) Açık işletmeden elde edilen

bölümsel kesitte (yaklaşık 30 m) birbirinden farklı seviyelerde kömür oluşumları gözlenmektedir. Altta yaklaşık 4 m kalınlığında bol gastropod fosilli linyit damarı bulunmaktadır (Şekil 3b). Üzerine ise 3 m kalınlığında kiltaş linyit ardalanması gelmektedir. Üstte ise tekrar 3 m kalınlığında linyit gözlenmektedir. Yaklaşık 9 m kalınlığa ulaşan volkanik katkı, kırıklı çatlaklı, çamurtaşı, kiltaş marn ardalanması alttaki linyiti üstlemektedir. Üste doğru kiltaş ara düzeyli, turba oluşumları mevcuttur (Şekil 3b). Arazi gözlemleri turbaların yoğun kükürt, birincil ve ikincil jips oluşumları içerdiğini göstermektedir. En üstte ise volkanokırıntılı tortullar ortalama 8 m kalınlığında olup mercekli linyit seviyeleri gözlenmektedir (Şekil 3b ve 5b). Bu kömür mercekleri de bol kükürt ve jips oluşumları içermektedir.



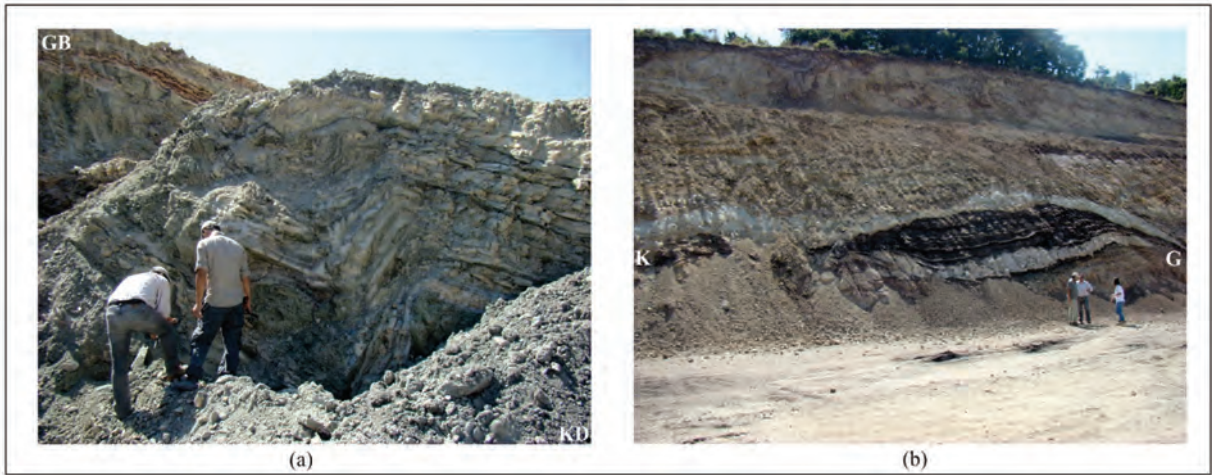
**Şekil 4.** Ünsa linyit işletmelerindeki deformasyona uğramış kömürler.  
**Figure 4.** Coals deformed in the Ünsa lignite pits.

## PALİNOLOJİ

### Ünsa Sporomorf Toplulukları

İncelenen örneklerde çeşitlilik fazla ancak bunlara ait yüzdeleri oldukça düşüktür. Polenler sporlara oranla daha yüksek yüzde ve çeşitliliğe sahiptir (Şekil 6a). Toplam 20 aile ve 35 cins tanımlanmıştır. Ünsa palinoflorasını oluşturan bitkiler içerisinde, tüm kesit boyunca, konifer ormanı bitkilerinden ayrılmamış Pinaceae ve Cupressaceae, karışık orman topluluğu içerisinde *Quercus* spp. ve ırmak kenarı bitki örtüsü içinde de *Alnus* formları baskındır. Sporlardan Schizaceae, *Monoleiotriletes* sp., *Intrapunctisporis* sp., Pteridaceae, *Lycopodium*, Sphagnaceae, *Reticulatisporites* sp., *Extrapunctatisporis* sp. ve *Selaginella* sp. çok düşük oranlarda (%0-3) gözlenmektedir. Irmak kenarı bitkisi *Alnus*

09/145 numaralı örnekte en yüksek seviyeye ulaşmaktadır (~%80) (Şekil 6a). Bu ortamdaki diğer bitkiler olan *Ulmus*, *Zelkova*, *Pterocarya*, *Carya*, *Liquidambar* ve *Platanus/Salix* düşük yüzdeli olup %0-3,7 arasında değişmektedir. Karışık orman topluluğu içinde, her dem yeşil *Quercus* ve *Quercus* spp., formlarının yüzdesi %0-14 arasındadır. Bu ortamın diğer formları olan Fagaceae, *Fagus*, *Carpinus*, Oleaceae, *Betula*, *Corylus*, *Ilex*, *Acer*, Juglandaceae, *Celtis*, *Craigia* ve *Cycas* miktarları %0-2.4 ile temsil edilmektedir. Sucul bitkilerden Sparganiaceae %0-1.9, otsul bitkilerden Poaceae, *Compositae*, Chenopodiaceae ve *Ephedra* çok düşük orandadır (%0-1.6). Polen yüzdelerindeki değişim gözönünde bulundurulduğunda, birbirinden farklı 3 yersel polen zonu ayırtlanabilmiştir (Şekil 6a).



**Şekil 5.** Metehan linyit işletmelerindeki kilitaşlarındaki kıvrımlı yapı (a); istifin üst bölümlerindeki linyit merceği (b).

**Figure 5.** Folding of claystones in the Metehan lignite pits (a); lignite lense at the upper side of the sequence.

**Ü-1 yersel polen zonu (örnek numaraları 09/163-169)**

Bu zonda ırmak kenarı bitkisi *Alnus* (%3.3-66.6) ve konifer ormanı bitkilerinden Cupressaceae (ortalama %20) baskınlığı ile ayırt edilmektedir. Ayrıca yüksek bollukta konifer ormanı bitkilerinden ayırtlanmamış Pinaceae (ortalama %6) tüm örneklerde gözlenmektedir. Karışık orman topluluğunun temel bitkileri *Engelhardia* (%2.5), *Castanea-Castanopsis* (0-%5.1), her dem yeşil *Quercus* (%1-4.8) ve *Quercus* spp., (%3-10.8)'dir.

**Ü-2 yersel polen zonu (örnek numaraları 09/144-162)**

Bu zonda *Alnus* çok yüksek bolluklarda kaydedilmiştir (%28- 76,3). Koniferlerden ayrılmamış Pinaceae yüksek oranlarda bulunmaktadır ve 09/158 numaralı örnekte %38 bolluk oranına ulaşmaktadır (Şekil 6a). Bu zonda, çok düşük miktarlarda *Cathaya*, *Cedrus*, *Picea*, *Pinus haploxyton* tip, *Pinus diploxyton* tip koniferleri ortaya çıkmaktadır. Ayrıca Cyillaceae-Clethraceae, yaprak döken *Quercus*, *Fagus*, *Carpinus*, Oleaceae, *Betula*, *Acer*, *Pterocarya*, *Myrica* ve *Ephedra* formları da bu zonda ortaya çıkmaktadır. Cupressaceae miktarı Ü-1 zonuna göre daha düşüktür (ortalama %3). Karışık orman topluluğu başlıca her dem yeşil *Quercus* ve *Quercus* spp., formlarının varlığı ile karakterize edilmektedir. Bu zonda, *Castanea-Castanopsis* tip 09/157-161 numaralı örneklerde ortalama %4.7 oranında bulunmaktadır. Bu oran zonun üst bölümlerine doğru azalmaktadır. Ayrıca 09/157 numaralı örnekte her dem yeşil *Quercus* %14.8 ve *Quercus* spp., ise %11.2 bolluk oranlarına ulaşmaktadır (Şekil 6a).

**Ü-3 yersel polen zonu (örnek numaraları 09/119-143)**

Bu zon, ayrılmamış Pinaceae, Cupressaceae ve *Alnus* formlarının yüksek oranları ile ayrılırlar (Şekil 6a). Özellikle ayrılmamış Pinaceae (ortalama %10) ve Cupressaceae (ortalama %9) formlarının miktarları bu zonda artmaktadır. Karışık orman topluluğunun elemanları olan *Engelhardia*, *Castanea-Castanopsis*, her dem yeşil *Quercus* ve *Quercus* spp., ile sporlardan Polypodiaceae/Thelipteridaceae formları diğer zonlardaki gibi benzer oranlarda kaydedilmiştir. Sporlardan *Osmunda* 09/135 numaralı örnekte en yüksek değerine ulaşmaktadır (% 9.8) (Şekil 6a).

**Metehan Sporomorf Toplulukları**

Burada kaydedilen formların çeşitliliği Ünsa kesitinden elde edilenlere göre daha düşüktür (Şekil 6b). Toplam 12 aile ve 20 cins tanımlanmıştır. Topluluklarda polenler sporlara oranla daha fazladır. Polenler genellikle, konifer ormanı, her dem yeşil ve yaprak döken karışık orman topluluğu ve ırmak kenarı bitki örtüsünün elemanları bakımından zengindir (Şekil 6b). Bataklık orman bitkileri ve otsullar daha düşük miktarlardadır. Sporlar, Polypodiaceae/Thelipteridaceae (ortalama %1.5) ve Pteridaceae (%1'den az) formlarının düşük miktarları ile karakterize edilmektedir. Topluluklarda, conifer ormanı bitkilerinden ayrılmamış Pinaceae (ortalama %15), her dem yeşil ve yaprak döken karışık orman topluluğu bitkileri, her dem yeşil *Quercus* (ortalama %5), *Quercus* spp., (ortalama (%6.8) ve *Carpinus* (ortalama %2), ırmak kenarı bitki örtüsü ise *Alnus* (ortalama %16.4) formları yüksek oranlarda bulunmaktadır. Polen yüzde değişimlerine göre 2 farklı polen zonu ayırtlanabilir. Tanımlanan bu zonlar Ünsa topluluklarında belirtilen Ü-2 zonuna

karşılık gelmektedir. Bu yüzden tanımlananlar alt zon olarak belirtilmektedir.

### **M-1 yersel polen alt zonu (örnek numaraları 09/100,102,103)**

Bu zon, her dem yeşil *Quercus* (09/102 numaralı örnekte %20.8'e ulaşan bolluk), *Quercus* spp., (09/102 numaralı örnekte %18'e ulaşan bolluk) ve *Alnus* (09/103 numaralı örnekte %31.2'e ulaşan bolluk) formlarının yüksek miktarları ile ayrılır. Ayrıca burada, *Castanea-Castanopsis* 09/100 numaralı örnekte %14.8 bolluk oranına ulaşmaktadır (Şekil 6b). *Engelhardia*, Cupressaceae ve *Carpinus* formları hemen hemen her örnekte düşük miktarlarda kaydedilmiştir. Tanımlanan M-1 zonu, Ünsa sporomorf topluluklarında ayırt edilen Ü-2 zonu ile korele edilebilir. Her iki zonda da Cupressaceae miktarları düşüktür. *Castanea-Castanopsis* Ü-2 zonundaki 09/157-161 numaralı örneklerde yüksek oranlardadır. Formun 09/100 numaralı örnekteki artışı, Ü-2 zonundaki örneklerden bir tanesine karşılık geldiği söylenebilir (olasılıkla 09/158 numaralı örnek). Benzer şekilde her dem yeşil *Quercus* ve *Quercus* spp., nin 09/102 numaralı örnekteki artışları, Ü-2 zonundaki 09/157 numaralı örnekteki artışları ile benzerlik sunmaktadır (Şekil 6b).

### **M-2 yersel polen alt zonu (örnek numaraları 09/104, 105,87,79)**

Bu zon, ayrılmamış Pinaceae (09/87 numaralı örnekte % 31.2 ye ulaşan bolluk), *Quercus* spp., (09/105 numaralı örnekte % 19.8'e ulaşan bolluk) formlarının yüksek miktarları ile ayırt edilir (Şekil 6b). Ayrıca bu zonda düşük miktarlarda Polypodiaceae/Thelipteridaceae, Cupressaceae, *Engelhardia*, *Castanea-Castanopsis* ve *Carpinus* bitkilerini de içermektedir. M-1 zonunda bol miktarda gözlenen *Alnus* formu bu zonda düşük

yüzdelerde (ortalama %8) kaydedilmiştir. Tanımlanan bu zon olasılıkla Ü-2 zonunun daha üst bölümlerine karşılık gelebilir. Ünsa topluluklarının Ü-2 zonu boyunca ve Metehan topluluklarında Cupressaceae formlarının az oranda bulunması bu sonucu doğrulamaktadır. Ü-1 ve Ü-3 zonlarında Cupressaceae yüzdesi çok fazladır. Ayrıca *Quercus* spp., formunun Ü-2 zonundaki 09/147 numaralı örnekte göreceli olarak yüksek (%8'e ulaşan bolluk) değerlerde kaydedilmiştir.

## **PALEOVEJETASYON**

### **Ünsa sondajı**

Sporomof bulguları çökelim süresince çevre yükseltilerde bitki örtüsü hakkında bilgi sağlamaktadır. Her üç zonda (Ü-1,2,3) yüksek yüzdeli, ayrılmamış Pinaceae (çam), Cupressaceae (servigiller), *Quercus* spp., (meşe) ve *Alnus* (kızılağaç) bitkileri gözlenmektedir. Bu bitkiler çevredeki yükseltilerde yoğun bir orman örtüsünü belirtmektedir. Bu orman koniferler ve ırmak kenarında yaşayan bitkilerce zengindir. Konifer ormanı bitkileri içinde *Cedrus* (sedir) ve *Picea* (ladin) bitkilerinin çok düşük miktarda (%1'den az) bulunması dağların çok yüksek olmadığı anlamına gelmektedir. Özellikle Ü-1 zonunda bu formlar kaydedilmemiştir (Şekil 6a). Her dem yeşil ve yaprak döken karışık orman topluluğu bitkileri ise bu konifer ormanı içerisinde daha düşük miktarlarda bulunmaktadır. Bataklık orman bitkileri, sucul bitkiler ve otsullar ise çok düşük miktarlardadır. Sporlar ise bu orman içindeki daha alttaki gölgelik alanlardaki bitki örtüsünü oluşturmaktadır. Karışık orman topluluğu genellikle *Quercus* spp. her dem yeşil *Quercus*, *Castanea-Castanopsis* (kestane) ve *Engelhardia* (ceviz) gibi düşük orandaki bitkilerden oluşmaktadır. Irmak kenarı bitki örtüsü egemen

olarak *Alnus* bitkisinin baskınlığı ile karakterize edilir. Bu ortamda daha düşük miktarlarda, *Ulmus*, *Zelkova* (karaağaç), *Pterocarya*, *Carya* (cevizgiller) ve *Liquidambar* (sığla) bitkileri bulunmaktadır. Bataklıkta çok düşük oranlarda, *Nyssa* (sakız ağacı), *Myrica* (mersin), *Magnolia* (manolya) ve *Taxodiaceae* (selvigiller) bitkilerini içermektedir.

### Metehan kesiti

Ünsa sondajındaki tanımlanan baskın formlar burada tanımlanmaktadır (Şekil 6b). Topluluklar, konifer, ırmak kenarı ve her dem yeşil ve yaprak dökken karışık orman toplulukları bakımından zengindir. Ünsa'dan farklı olarak, karışık orman topluluğunu oluşturan bitkilerin miktarları biraz daha fazladır. Bataklık ortam bitkileri ve otsullar çok düşük yüzdelerdir. Sporların çeşitliliği ve yüzdeleri düşüktür. Konifer ormanı baskın olarak ayrılmamış *Pinaceae*'den oluşmaktadır ve M-1 alt zonunda yüzdeleri az M-2 alt zonunda ise artmaktadır. Karışık orman topluluğu bitkileri egemen olarak her dem yeşil *Quercus* ve *Quercus* spp., bitkilerinden oluşmaktadır. *Alnus* baskın ırmak kenarı bitki örtüsü söz konusudur. M-1 alt zonundaki miktarı, M-2 alt zonuna göre daha fazladır. Topluluklarda ayırt edilen M-1 ve M-2 yersel polen alt zonları, Ünsa'da tanımlanan Ü-2 zonuna karşılık gelmektedir (Şekil 6b). Bunun sebebi, Ü-2 zonu ve M-1 ve M-2 alt zonlarında *Cupressaceae* bitkisinin çok düşük yüzdeli oluşuyla açıklanabilir.

## PALEOİKLİM

### Ünsa Sondajı

Toplanan örneklerin 15 tanesi sayısal iklim sonuçlarına uygun bulunmuştur (Şekil 7a). Çökelim süresince, yıllık ortalama sıcaklık değerleri (MAT) 17-21.1 °C, kış sıcaklığı (CMT) 6.2-15.6°C, yaz

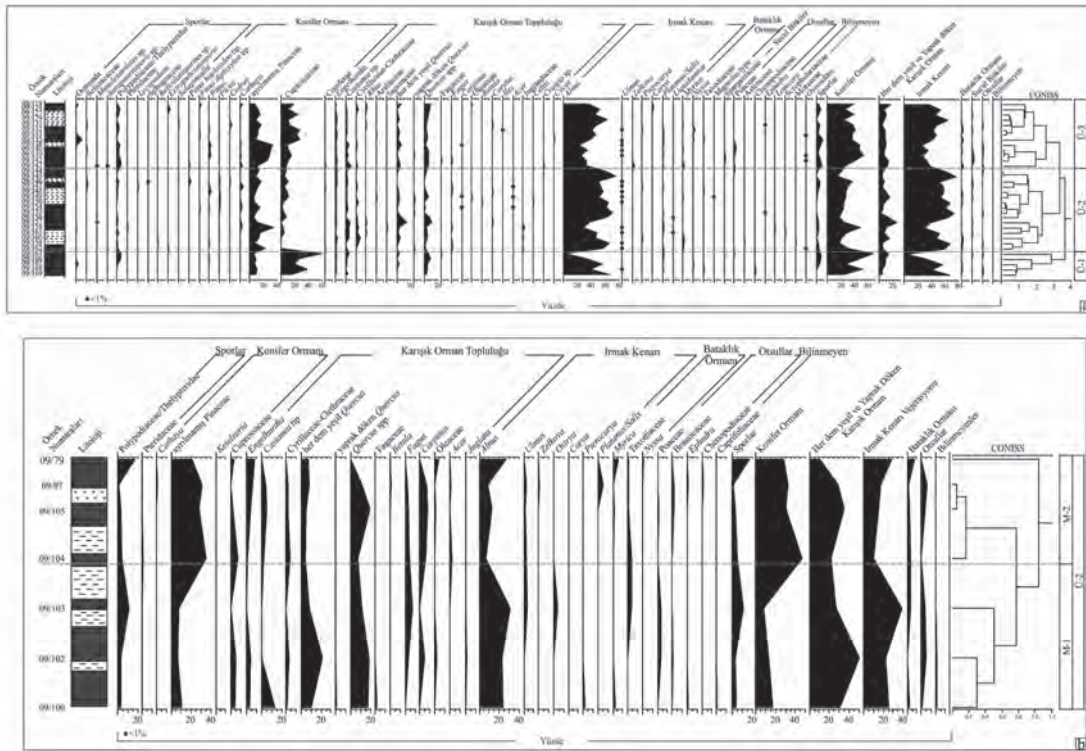
sıcaklığı (WMT) 26.5-28.1 °C, yıllık yağış miktarı (MAP) 897-1322 mm, en nemli ayın yağış miktarı (HMP) 150-200 mm, en kurak ayın yağış miktarı (LMP) 17-32 mm ve sıcak ayın yağış miktarı (WMP) 84-213 mm arasında değişmektedir (Şekil 7a). Ancak istif boyunca ortalama iklim değerleri alttan üste doğru salınım göstermektedir. Ayrıca her üç zon boyunca sıcaklık belirten mezotermik bitkilerin baskınlığı ve düşük orandaki mega-mezotermik ve her dem yeşil *Quercus* bitkilerinin varlığı iklimin sıcak olduğunu göstermektedir (Şekil 8a). İstif boyunca soğuk iklim koşullarını yansıtan *Cedrus* gibi mikrotermik ve *Poaceae*, *Chenopodiaceae*, *Asteraceae* ve *Ephedra* gibi otsul bitkilerin düşük oranda olması bu sonucu desteklemektedir. Ayrıca tüm örneklerde *Alnus* ırmak kenarı bitkisinin yüksek yüzdeli olması çökelim süresince ılıman iklim ve yağışın fazla olduğunu belirtmektedir (Şekil 6a). Sayısal iklim sonuçları da bunu desteklemektedir. *Alnus* Ü-1 zonu boyunca yüksek yüzdelerdir. Ancak zonun üst bölümlerindeki 09/162 numaralı örneğe doğru aniden % 6 oranına düşmektedir (Şekil 6a). Bu düşüş, ortalama iklim eğrilerinde sola sapmayla belirmektedir. MAT, CMT, WMT'nin ortalama sıcaklık değerleri 09/162 numaralı örneğe doğru azalmaktadır. Ayrıca HMP ve WMP'nin ortalama yağış değerleri de benzer şekilde düşüş göstermektedir. Ü-2 zonu boyunca *Alnus* çok yüksek yüzdelerle ulaşmaktadır. İklim değerleri de Ü-1 zonunun alt bölümlerindeki değerlere ulaşmaktadır. Ü-3 zonunda göreceli olarak yüksek yüzdeli mikrotermik elementler ve otsulların düşük orandaki varlıkları yüksek topoğrafyadaki daha serin iklim koşullarını belirtmektedir (Şekil 8a). Ancak havza kenarındaki turba bataklıklarında, *Alnus*, *Cupressaceae*, *Taxodiaceae*, *Nyssa* ve *Myrica* gibi mega-mezotermik ve mezotermik bitkilerin varlığı sıcak koşulların hüküm sürdüğünü göstermektedir.



## Metehan Kesiti

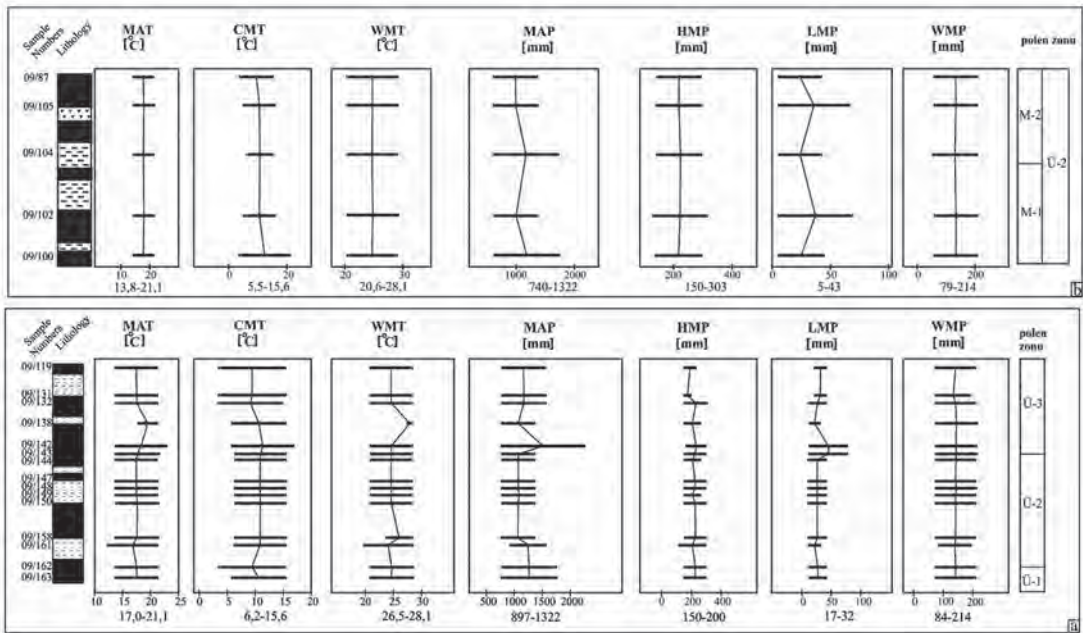
Sayımlı yapılan örneklerin 5 tanesi sayısal iklim değerleri elde etmek için uygun bulunmuştur (Şekil 7b). Elde edilen değerler, Ünsa sondajından elde edilen sonuçlarla karşılaştırılabilecek niteliktedir. Ancak değerler daha geniş aralıklar sunmaktadır. Sırasıyla, MAT=13.8-21.1, CMT= 5.6-15.6 °C, WMT= 20.6-28.1 °C, MAP= 740-1322 mm, HMP=150-303 mm, LMP= 5-43 mm ve WMP= 79-214 mm sayısal değerleri elde edilmiştir (Şekil 7b). Ayrıca tanımlanan M-1 ve M-2 alt zonları (Ü-2 zonu) arasında belirgin bir değişim gözlenmemektedir (Şekil 7b). Ancak M-1 alt zonunda daha yüksek yüzdeli mezotermik elementler bulunmaktadır (Şekil 8b). Bu, *Alnus*, her dem yeşil *Quercus* ve Taxodiaceae formlarının artışı ile ilgilidir ve çökelim süresince yoğun yağış olduğu anlamına gelmektedir. İstif boyunca mega-

mezotermik *Engelhardia*, *Castanea-Castanopsis*, Cyrillaceae-Clethraceae ve *Myrica* bitkilerinin varlığı da iklimin sıcak olduğunu belirtmektedir. M-2 alt zonunda *Alnus* ve Taxodiaceae ve *Pterocarya* bitkileri azalmaktadır. Ancak, bataklık ortamı bitkilerinden *Platanus/Salix* ve *Myrica* artmaktadır. Bu da M-1 ve M-2 altzonları arasında yağış miktarında belirgin bir değişimin olmadığını göstermektedir. Bozukov vd. (2008) Bulgaristan'daki linyit içerikli tortullarda yapmış oldukları çalışmada Geç Oligosen süresince iklimde bir ısınma ve Oligosen-Miyosen geçişinde ise bir soğumadan bahsetmektedir. Diğer yandan, Akgün vd. (2007) Geç Oligosen'den Erken Miyosen'e geçişte sıcaklık artışını vurgulamaktadırlar. Her iki kesitten elde edilen sıcaklıklar tortulaşmanın sıcak ve yağışlı koşullarda gerçekleştiğini göstermektedir (Şekil 7b).



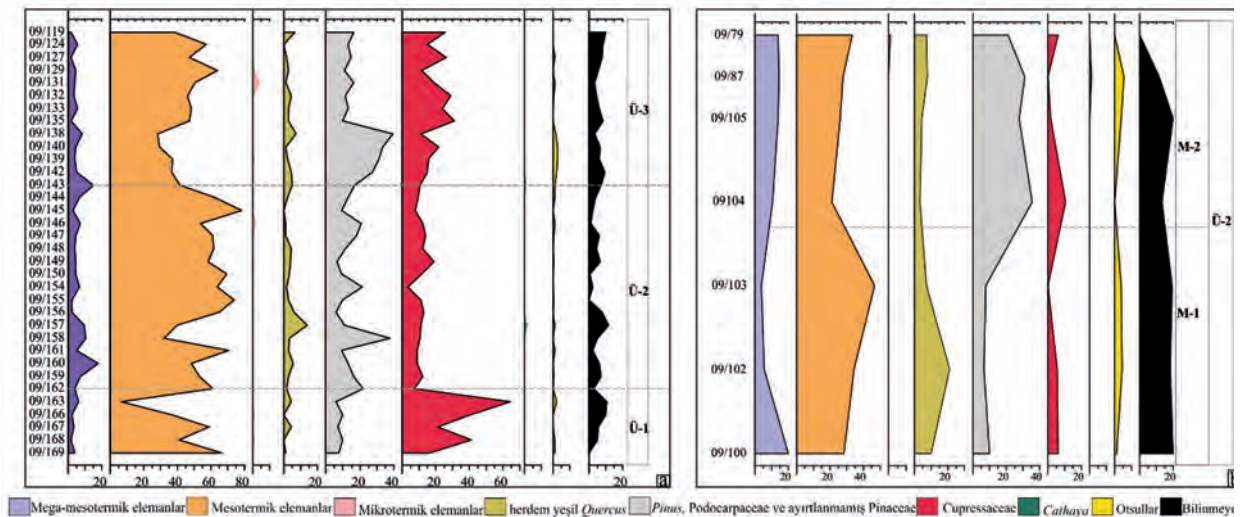
Şekil 6. Her bir örneğin yüzdelerini gösteren polen diyagramları. (a) Ünsa; (b) Metehan.

Figure 6. Pollen diagrams indicating the percentages of each samples. (a) Ünsa; (b) Metehan.



Şekil 7. (a) Ünsa karotundan elde edilen sayısal iklim sonuçları; (b) Metehan kesitinden elde edilen sayısal iklim sonuçları.

Figure 7. (a) Quantitative palaeoclimate data from the Ünsa well; (b) Quantitative palaeoclimate data from the Metehan section (b).



Şekil 8. Ünsa (a) ve Metehan (b) alanlarındaki polenlerden elde edilen paleoekolojik diyagramları. Polen taksaları Suc, 1984, Jiménez-Moreno vd. 2005 'nin ekolojik kriterlerine göre gruplandırılmıştır.

- Mega-mesotermik elemanlar (subtropik): Taxodiaceae, *Engelhardia*, *Myrica*, Sapotaceae, *Castanea-Castanopsis*, Cyrtaceae-Clethraceae
- *Cathaya*
- Mesotermik elemanlar (ılık sıcak): yaprak dökün *Quercus*, *Carya*, *Pterocarya*, Oleaceae, *Carpinus*, *Ostrya*, *Zelkova*, *Ulmus*, *Acer*, *Liquidambar*, *Alnus*, *Palatanu/Salix*, *Nyssa*, *Ilex*, *Betula* ve *Sequoia*

- *Pinus* ve ayrılmamış Pinaceae
- Mezo-mikrotermik elemanlar (serin sıcak): *Cedrus*
- Mikrotermik element (serin): *Picea*
- Akdeniz kurakçılıları: *Rhus*
- Her dem yeşil *Quercus*
- Cupressaceae
- Otsullar: Poaceae, Chenopodiaceae, Asteraceae, *Ephedra* ve Brassicaceae.

**Figure 8.** Synthetic pollen diagrams of Ünsa (a) and Metehan (b) areas. Pollen taxa have been grouped on the basis of ecological criteria (acc. Suc, 1984, Jiménez-Moreno et al. 2005).

- Mega-mesothermic elements (subtropical): Taxodiaceae, *Engelhardia*, *Myrica*, Sapotaceae, *Castanea-Castanopsis*, Cyrillaceae-Clethraceae
- *Cathaya*
- Mesothermic elements (warm temperate): deciduous *Quercus*, *Carya*, *Pterocarya*, Oleaceae, *Carpinus*, *Ostrya*, *Zelkova*, *Ulmus*, *Acer*, *Liquidambar*, *Alnus*, *Palatanu/Salix*, *Nyssa*, *Ilex*, *Betula* and *Sequoia*
- *Pinus* and indetermined Pinaceae;
- Meso-microthermic element (cool temperate): *Cedrus*
- Microthermic element (cool): *Picea*
- Mediterranean xerophytes: *Rhus*
- Evergreen *Quercus*
- Cupressaceae
- Herbs and shrubs: Poaceae, Chenopodiaceae, Asteraceae, *Ephedra* and Brassicaceae.

## SONUÇLAR

Bu çalışma ile aşağıda belirtilen sonuçlar elde edilmiştir.

1) Kalkım-Gönen Havzasında palinolojik verileri yeni örneklerle artırmak amacıyla, Ünsa ve Metehan istifleri incelenmiştir. Her iki kesitin litolojileri benzer özelliklere sahip olup, volkanik katkılı ince kırıntılı tortullar ve linyitli çökellerden oluşmaktadır.

2) Ünsa sondaj örneklerinin sporomorf içerikleri zengin olup, genellikle ayrılmamış Pinaceae, Cupressaceae gibi konifer ormanı bitkileri ile *Alnus* gibi ırmak kenarı bitkilerinin çok yoğun olduğu gözlenmektedir. Karışık orman topluluğunun temel bitkileri *Engelhardia*, her dem yeşil *Quercus* ve *Quercus* spp., dir. Ancak daha düşük oranda bulunmaktadır. Polen yüzdelerindeki değişim üç farklı yersel polen zonunu göstermektedir (Ü-1/3).

3) Metehan sporomorf toplulukları da tıpkı Ünsa sporomorf topluluklarında olduğu

gibi konifer ormanı, karışık orman topluluğu bitkileri ve ırmak kenarı bitkilerince zengindir. Topluluklarda bol miktarda ayrılmamış Pinaceae, *Quercus* spp. ve *Alnus* bitkileri bulunmaktadır. Polen yüzdeleri iki farklı yersel alt zonun varlığını belirtir. Bu alt zonlar, Ünsa topluluklarında ayırt edilen Ü-2 zonuna karşılık gelmektedir. Bu sonuç, Ü-2 zonunda, M-1 ve M-2 alt zonlarında Cupressaceae bitkisinin düşük yüzdeli oluşu ile açıklanabilir. Ayrıca Metehan sporomorf topluluklarında tanımlanan her dem yeşil *Quercus* ve *Quercus* spp bitkilerinin bazı örneklerde yüksek yüzdeli oluşu ve aynı formların Ü-2 zonundaki bazı örneklerde benzer şekilde bol miktarda bulunmasıyla paralellik göstermektedir.

4) Sayısal paleoiklim sonuçları ve bitki toplulukları, linyit içerikli tortulların çökelişi süresince nemli, yağışlı ve sıcak bir iklimin varlığını göstermektedir.

## KATKI BELİRTME

Bu çalışma Dokuz Eylül Üniversitesi BAP - 2009.KB. FEN.021 numaralı bilimsel araştırma projesi tarafından desteklenmiştir. Yazarlar, arazi çalışmalarında yardımcı olan Erhan Akman'a ve sporomorfların tanımlanmasında yardımlarını esirgemeyen Prof. Dr. Funda Akgün'e teşekkürü borç bilirler. Araştırmacılar, yapıcı eleştirileriyle katkı sağlayan hakem Doç Dr. Nazan Yalçın Erik'e teşekkür eder.

## EXTENDED ABSTRACT

*There are many Cenozoic coal basins in western Anatolia (e.g., Soma, Çan, Şahinali basins). The vast majority of these basins formed during the Miocene in the lacustrine environments. Oligocene lignites are also available in the northwest Anatolia (Thrace Basin). Recent studies indicate that these lignite-bearing sediments in paralic and limnic characters were accumulated during the late Rupelian-Chattian ("middle"-Late Oligocene) (İslamoğlu et al., 2010; Akgün et al., 2013). In addition, these coaly deposits were thought to be only in the region of Thrace. However the situation is the case and it has been stated that these Oligocene lignites reached to the Biga Peninsula, south of Thrace Basin (Akgün et al., 2013). Economic coal formations in the Biga Peninsula are located in the Çan Basin dated as 15-20 ma (Early-Middle Miocene) by Ediger (1990) who correlated the palynological assemblage defined in the Çan Basin with the "Eskihisar sporomorph association" of Benda (1971). The Kalkım-Gönen Basin is located about 50 km southeast of the Çan Basin. In the area there are private coal companies producing the lignites. The name of the Soma Formation was suggested by Nebert (1968) who described the lignite-bearing fine grained clastics with volcanics in the Soma Basin around 130 km southeast of the Kalkım-Gönen*

*Basin. This name was also used for the present study. In the area, lignite-bearing deposits expose well in the open pit mines. The sediments mainly consist of fine grained deposits with volcanic intercalations. The Late Oligocene-Early Miocene has been suggested by Üçbaş Durak and Akkiraz (in press) for these coaly sequences according to  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  analysis proofed from the Danişment, Linfa and Bengiler localities of the basin. This study explains the palaeoecological aspects of the other localities, Ünsa and Metehan. Ünsa open pit mine is located at the mid-point between Kalkım and Gönen. The sequence is made up of coaly fine-grained deposits with volcanics. Sediments expose as a vertical position in some places. Private company, Ünsa mining, drilled a borehole to discover economical lignite formations about 187 m total thickness. The sediments in the core consist of lignites with various thickness, sandstones and volcano-clastic deposits. Metehan open pit mine is located about 12 km northeast of the Ünsa area. The sequence is made up of mudstone, claystone, thin to thick bedded lignite levels, volcano-clastic intercalations. The sediments undertook a dense deformation leading to folds and fractures. Orientation of the fold axis is northeast-southwest direction. In this study, a partial section about 30 m total thickness was measured and palynologically sampled.*

*Ünsa palynological assemblages are characterized by high quantities of conifers such as undifferentiated Pinaceae and Cupressaceae, mixed mesophytic forest such as Quercus spp., and riparian plants such as Alnus. Spores, herbaceous and swamp plants are in negligible quantities. According to changes in pollen concentrations three local pollen zone may be distinguished along the sequence. Ü-1 zone is represented by high amounts of Alnus, Cupressaceae and undifferentiated Pinaceae. The percentages of the Castanea-Castanopsis, Engelhardia and Quercus spp., are lesser. Ü-2 zone is characterized by*

common occurrence of *Alnus* and undifferentiated *Pinaceae*. In this zone, the pollen *Cathaya*, *Cedrus*, *Picea*, *Pinus haploxylon* tip, *Pinus diploxylon*, *Cyillaceae-Clethraceae*, deciduous *Quercus*, *Fagus*, *Carpinus*, *Oleaceae*, *Betula*, *Acer*, *Pterocarya*, *Myrica* and *Ephedra* appear. The percentages of the *Cupressaceae* decrease here. Ü-3 zone is distinguished by high quantities of *Pinaceae*, *Cupressaceae* and *Alnus*.

*Metehansporomorphassemblages* include low diversification compared to Ünsa associations and are mainly represented by the elements of coniferous forest, mixed mesophytic forest and riparian forest. Pollen counts indicate two different sub zones (M-1 and M-2) corresponding to Ü-2 zone of the Ünsa assemblages. Sub zone M-1 is distinguished by high quantities of evergreen *Quercus*, *Quercus* spp., and *Alnus*. Pollen of *Engelhardia*, *Cupressaceae* and *Carpinus* occur constantly, but in minor amounts. The samples of this sub zone may be correlated with samples located lower side of the Ü-2 zone. M-2 sub zone corresponds to the upper part of the Ü-2 zone, and includes high quantities of undifferentiated *Pinaceae* and *Quercus*. Palynological data from the Ünsa and Linfa areas indicate a dense forest cover including conifers, mixed mesophytic forest and riparian forest. Mixed mesophytic forest consists mainly of *Quercus*, *Castanea-Castanopsis* and *Engelhardia*. *Alnus* is the main component of the riparian vegetation together with *Ulmus*, *Zelkova*, *Pterocarya*, *Carya* and *Liquidambar*. Herbaceous and swamp plants and spores are in low quantities. Quantitative palaeoclimate data and palaeoecological groups of palynomorphs indicate that warm and humid conditions existed during the deposition of Kalkım-Gönen Basin. The presence of mega-mesothermic plants such as *Engelhardia*, *Castanea-Castanopsis*, *Cyillaceae-Clethraceae* and *Myrica* confirms this result.

## DEĞİNİLEN BELGELER

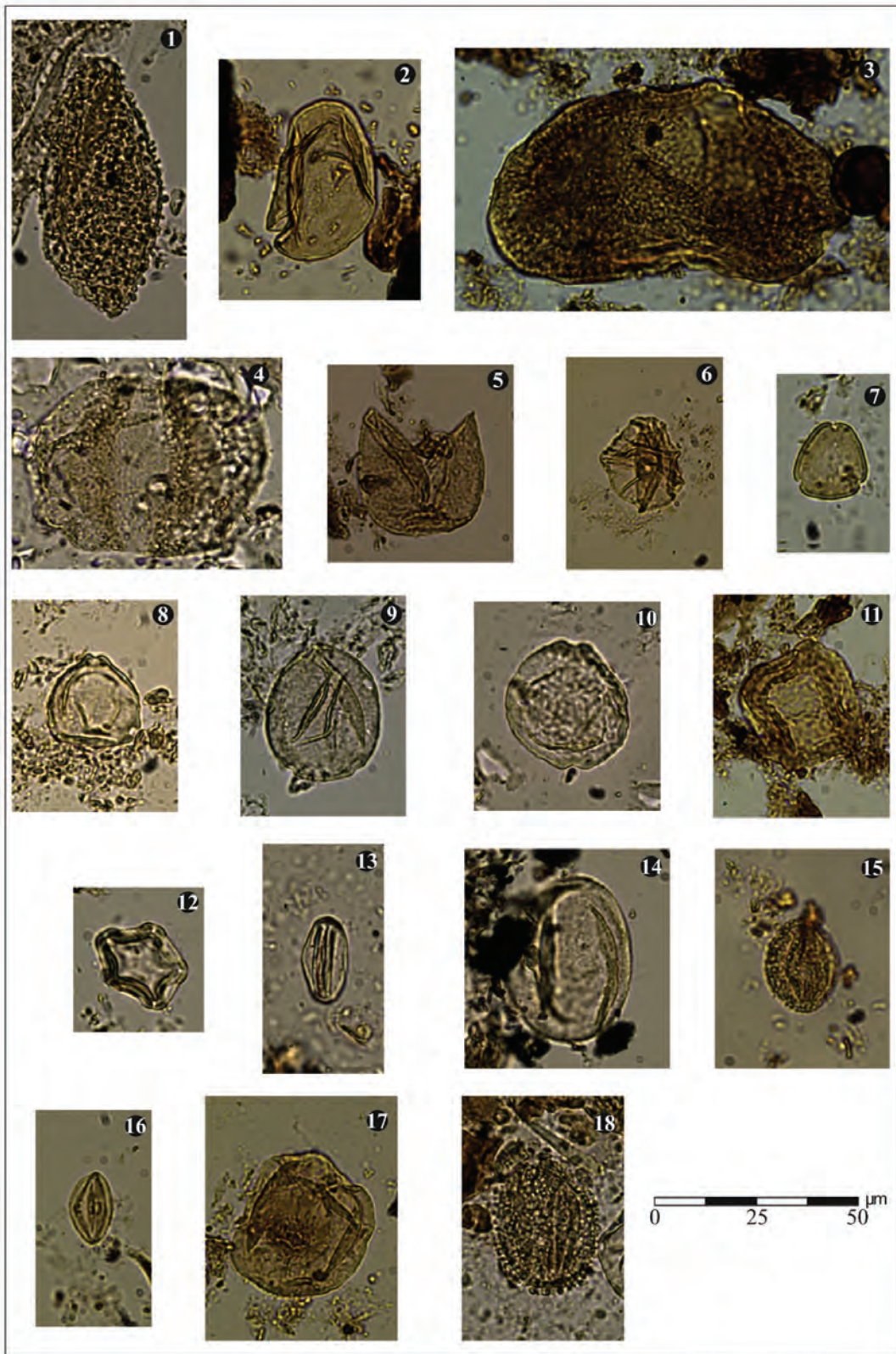
- Akçay, E., Dönmez, M., Ilgar, A., Duru, M. ve Pehlivan, Ş., 2008. 1:100.000 ölçekli Türkiye jeoloji haritaları-Bandırma-H19 paftası, MTA yayın no: 103, 26.
- Akgün, F., Alişan, C. ve Akyol, E., 1986. Soma Neojen stratigrafisine palinolojik bir yaklaşım, Bulletin of the Geological Society of Turkey, V. 29, 13-25.
- Akgün, F., Kayseri, M.S. and Akkiraz, M.S., 2007. Paleoclimatic evolution and vegetational changes from the Oligocene to Miocene in Turkey, NECLIME Annual Meeting, Palaeogeography, Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 253, 56-90.
- Akgün, F., Akkiraz, M. S., Üçbaş., S. D., Bozcu, M., Kapan-Yeşilyurt, S. and Bozcu, A., 2013. Oligocene Vegetation and Climate Characteristics in North-west Turkey: data from the South-western part of the Thrace basin, Turkish Journal of Earth Sciences, 22, 277-303.
- Batı, Z., 1996. Palynostratigraphy and coal petrography of the Upper Oligocene lignites of the Northern Thrace Basin, NW Turkey. PhD Thesis, Middle East Technical University, Ankara, Turkey [unpublished].
- Benda, L., 1971. Grundzuge einer pollenanalytischen Gliederung des Türkischen Jungtertiars (Kanozoikum und Braunkohle der Türkei) 4. Beihefte zum Geologischen Jahrbuch 113, 1-46.
- Bozcu, M., Akgün, F., Gürdal, G., Bozcu, A., Kapan Yeşilyurt, S., Karaca, Ö. and Akkiraz, M.S., 2015. Evolution of Çan-Etili (Çanakkale-NW Turkey) Lignite Basin: Sedimentology, Petrology, Palynology and Lignite Characterization. International Journal of Sediment Research, 30, 3, 197-203.
- Demirtaş, F., Bozcu, M., Koşun, E. and Akkiraz, M. S., 2015. Petrography and palynology of Late Oligocene and Middle Miocene coals in the Gelibolu peninsula, NW Turkey. Turkish Journal of Earth Sciences, 24, 383-397.
- Duru, M., Pehlivan, Ş., Ilgar, A., Dönmez, M. ve Akçay, A. E., 2007. 1:100.000 ölçekli Türkiye jeoloji haritaları-Ayvalık-İ17 paftası. Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü Dergisi, 98, 1-36.
- Ediger, V. S., 1990. Paleopalynology of coal bearing Miocene sedimentary rocks associate with volcanics

- of the Biga Peninsula (NW Turkey) and the effect of volcanism on vegetation. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, Abhand*, 180, 259-277.
- Ercan, T., Ergül, E., Akçören, F., Çetin, A., Granit, S. ve Asutay, J., 1990. Balıkesir-Bandırma jeolojisi, Tersiyer volkanizmasının petrolojisi ve bölgesel yayılımı. *Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü Dergisi*, 110, 113-130.
- Ersoy, E.Y., Çemen, İ., Helvacı, C. and Billor, Z., 2014. Tectono-stratigraphy of the Neogene basins in Western Turkey: Implications for tectonic evolution of the Aegean Extended Region. *Tectonophysics*, 635, 33-58.
- Gemici, Y., Akyol, E., Akgün, F. ve Seçmen, Ö., 1991. Soma kömür havzası fosil makro ve mikroflorası. *Maden Tetkik Arama Dergisi*, 112, 161-178.
- Genç, Y., 1998. Başçatak-Akdağmadeni (Yozgat) Zn-Pb-Cu sulfide deposit: an example of metamorphosed sulfide deposit in the Akdağmadeni massif. *Third International Turkish Geology Symposium Abstracts book*, 69, Ankara.
- Grimm, E., 1994. Tilia and Tiliagraph Pollen Diagramming Program. Illinois State Museum, Springfield, IL.
- İnci, U., 1984. Demirci ve Burhaniye bitümlü şeyllerinin stratigrafisi ve organik özellikleri: Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, 5, 27-40.
- İnci, U., 1998. Miocene synvolcanic alluvial sedimentation in lignite-bearing Soma Basin, Western Turkey. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 7(2), 63-78.
- İnci, U., 2002. Depositional evolution of Miocene coal successions in the Soma coalfield, western Turkey *International Journal of Coal Geology* 51, 1-29.
- İslamoğlu, Y., Harzhauser, M., Gross, M., Jiménez-Moreno, G., Coric, S., Kroh, A., Rögl, F. and Made, J.V.D., 2010. From Tethys to Eastern Paratethys: Oligocene depositional environments, paleoecology and paleobiogeography of the Thrace Basin (NW Turkey). *International Journal of Earth Sciences (IJES)*, 99(1), 183-200.
- Jiménez-Moreno, G., Rodriguez-Tovar, F.J., Pardo-Iguzquiza, E., Fauquette, S., Suc, J.-P. & Müller, P. (2005). High-resolution palynological analysis in late early-middle Miocene core from the Pannonian Basin, Hungary: climatic changes, astronomical forcing and eustatic fluctuations in the Central Paratethys. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 216(1), 73-97.
- Kaya, O., Ünay, E., Gökteş, F. and Saraç, G. 2007. Early Miocene stratigraphy of central west Anatolia, Turkey: implications for the tectonic evolution of the eastern Aegean area. *Geological Journal*, 42(1), 85-109.
- Mosbrugger, V. and Utescher, T., 1997. The Coexistence Approach-a method for quantitative reconstructions of Tertiary terrestrial paleoclimate data using the plant fossils. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 134, 61-86.
- Nebert, K., 1978. Linyit içeren Soma Neojen Bölgesi, Batı Anadolu. *Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü Dergisi*, 90, 20-69.
- Okay, A. I., Siyako, M., & Bürkan, K. A. (1990). Biga Yarımadası'nın jeolojisi ve tektonik evrimi. *Türkiye Petrol Jeologları Derneği Bülteni*, 2(1), 83-121.
- Pehlivan, Ş., Duru, M., Dönmez, M., Ilgar, A., Akçay, E., Erdoğan, K. ve Özer, D., 2007. 1:100.000 ölçekli Türkiye jeoloji haritaları-Bandırma-H19 paftası. *Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü Dergisi*, 96,1-40.
- Selim, H. H., Tüysüz, O. ve Barka A. A., 2006. Güney Marmara Bölümünün Neotektoniği. *İstanbul Teknik Üniversitesi Dergisi*, 5, (1) 151-160.
- Siyako, M., Bürkan, K. A. ve Okay, A., 1989. Biga ve Gelibolu Yarımadaı'nın Tersiyer jeolojisi ve hidrokarbon olanakları. *Türkiye Petrol Jeologları Derneği Bülteni*, 1/3, 183-200.
- Suc, J.P. (1984). Origin and Evolution of the Mediterranean vegetation and climate in Europe. *Nature*, 307, 429-432.
- Üçbaş Durak, S. D. ve Akkiraz, M. S., (2016). Late Oligocene- Early Miocene palaeoecology based on pollen data from the Kalkım-Gönen Basin (Northwest Turkey). *Geodinamica Acta*.

---

Makale Geliş Tarihi : 4 Nisan 2016  
Kabul Tarihi : 31 Mayıs 2016

*Received* : 4 April 2016  
*Accepted* : 31 May 2016



**LEVHA I**

Kesitlerden seçilen sporomorf fotoğrafları. Her bir formun örnek numaraları ve bulunduğu zonlar belirtilmiştir. Şekiller için ölçek 25µm.

- 1 *Osmunda*, örnek 09/135; Ünsa toplulukları; Ü-3 zonu
- 2 Polypodiaceae/Thelypteridaceae, örnek 09/79; Metehan toplulukları; M-2 alt zonu
- 3 *Cedrus*, örnek 09/132; Ünsa toplulukları; Ü-3 zonu
- 4 *Pinus haploxyton* tip, örnek 09/146; Ünsa toplulukları; Ü-2 zonu
- 5 Cupressaceae, örnek 09/163; Ünsa toplulukları; Ü-1 zonu
- 6 Poaceae, örnek 09/103; Metehan toplulukları; M-1 alt zonu
- 7 *Engelhardia*, örnek 09/87; Metehan toplulukları; M-2 alt zonu
- 8 *Betula*, örnek 09/87; Metehan toplulukları; M-2 alt zonu
- 9 *Celtis*, örnek 09/155; Ünsa toplulukları; Ü-2 zonu
- 10 *Ulmus*, örnek 09/140; Ünsa toplulukları; Ü-3 zonu
- 11 *Zelkova*, örnek 09/143; Ünsa toplulukları; Ü-3 zonu
- 12 *Alnus*, örnek 09/145; Ünsa toplulukları; Ü-2 zonu
- 13 Fagaceae, örnek 09/100; Metehan toplulukları; M-1 alt zonu
- 14 yaprak dökken *Quercus*, örnek 09/100; Metehan toplulukları; M-1 alt zonu
- 15 *Platanus/Salix*, örnek 09/87; Metehan toplulukları; M-2 alt zonu
- 16 *Castanea-Castanopsis* örnek 09/158; Ünsa toplulukları; Ü-2 zonu
- 17 *Fagus*, örnek 09/162; Ünsa toplulukları; Ü-2 zonu
- 18 *Ilex*, örnek 09/133; Ünsa toplulukları; Ü-3 zonu

**PLATE I**

Sporomorph photos from all sections indicating sample numbers and local pollen zones. Scale is 25µm for the figures.

- 1 *Osmunda*, sample 09/135; Ünsa assemblages; Ü-3 zone
- 2 Polypodiaceae/Thelypteridaceae, sample 09/79; Metehan assemblages; M-2 sub zone
- 3 *Cedrus*, sample 09/132; Ünsa assemblages; Ü-3 zone
- 4 *Pinus haploxyton* tip, sample 09/146; Ünsa assemblages; Ü-2 zone
- 5 Cupressaceae, sample 09/163; Ünsa assemblages; Ü-1 zone
- 6 Poaceae, sample 09/103; Metehan assemblages; M-1 sub zone
- 7 *Engelhardia*, sample 09/87; Metehan assemblages; M-2 sub zone
- 8 *Betula*, sample 09/87; Metehan assemblages; M-2 sub zone
- 9 *Celtis*, sample 09/155; Ünsa assemblages; Ü-2 zone
- 10 *Ulmus*, sample 09/140; Ünsa assemblages; Ü-3 zone
- 11 *Zelkova*, sample 09/143; Ünsa assemblages; Ü-3 zone
- 12 *Alnus*, sample 09/145; Ünsa assemblages; Ü-2 zone
- 13 Fagaceae, sample 09/100; Metehan assemblages; M-1 sub zone
- 14 yaprak dökken *Quercus*, sample 09/100; Metehan assemblages; M-1 sub zone
- 15 *Platanus/Salix*, sample 09/87; Metehan assemblages; M-2 sub zone
- 16 *Castanea-Castanopsis* sample 09/158; Ünsa assemblages; Ü-2 zone
- 17 *Fagus*, sample 09/162; Ünsa assemblages; Ü-2 zone
- 18 *Ilex*, sample 09/133; Ünsa assemblages; Ü-3 zone





## Araç Kuzeydoğusu (Kastamonu) Erken Eosen Sığ-Denizel Bentik Foraminifer Topluluğu ve Paleoeolojik Yorum

*Shallow Marine Benthic Foraminifera Assemblage of the Early Eocene Succession in the  
Northern Araç (Kastamonu) and Paleoeological Interpretation*

Nazire ÖZGEN ERDEM<sup>1</sup>, M. Yasin CANBOLAT<sup>2</sup>, Derya SİNANOĞLU<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Cumhuriyet Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 58140 Sivas  
(nozgen@cumhuriyet.edu.tr)

<sup>2</sup>Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 50300 Nevşehir

<sup>3</sup>Batman Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 72000 Batman

### ÖZ

Bu çalışmada, Araç kuzeydoğusunda (Kastamonu) Erken Eosen yaşlı Soğanlı Formasyonu paleontolojik ve paleoeolojik açıdan incelenmiştir. Bu istif; gri yer yer sarımsı renkli, gevşek dokulu, bol iri bentik foraminiferli killi kireçtaşlarından oluşur. Killi kireçtaşlarının alt seviyelerinde *Alveolina* ve *Orbitolites* gibi porselen kalker kavkılı foraminiferler ve dascylad algler baskındır. İstifin üst kesimleri ise *Assilina* ve *Nummulites* gibi hyalin kalker kavkılı foraminiferlerin bolluğu ile karakterize olur. Ölçülü kesit boyunca; *Idalina sinjarica* Grimsdale, *Glomalveolina lepidula* Schwager, *Alveolina cemali* Sirel & Acar, *A. rotundata kazancii* Sirel & Acar, *A. erki* Acar, *A. ankarensis* Sirel, *A. pieroi* Sirel & Acar, *Lockhartia conditi* (Nuttall), *L. tipperi* (Davies), *Orbitolites complanatus* Lamarck, *Cyclopertorbitolites tokerae* Özgen-Erdem, *Assilina spinosa* Davies & Pinfold, *Nummulites* sp., *Cribrbulimina* sp., *Kathina* sp., *Neorotalia* sp., *Triloculina* sp. fosil topluluğu tanımlanmıştır. Tanımlanan bu fosil topluluğu, kesit alınan bölgedeki istif için Erken İpresiyen yaşını işaret eder. Ayrıca bu topluluğa göre, birimin çökelimi korunaklı, sakin sığ ortamda başlamış ve düşük enerjili sığ denizel ortamda devam etmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Araç (Kastamonu), bentik foraminifer, Eosen, erken İpresiyen,

### ABSTRACT

Soğanlı Formation of Early Eocene age in the northeastern of Araç (Kastamonu) has been investigated in order to determine their paleontology and palaeoecology. The sequence consists of gray, yellowish, clayey limestone, rich in larger benthic foraminifers. The lower parts of clayey limestone are dominated by porcellaneous foraminifera such as *Alveolina* and *Orbitolites* and by dascylad algae. The top of the section is characterized by hyaline calcareous foraminifers such as *Assilina* and *Nummulites*. *Idalina sinjarica* Grimsdale, *Glomalveolina lepidula* Schwager, *A. cemali* Sirel & Acar, *A. rotundata kazancii* Sirel & Acar,

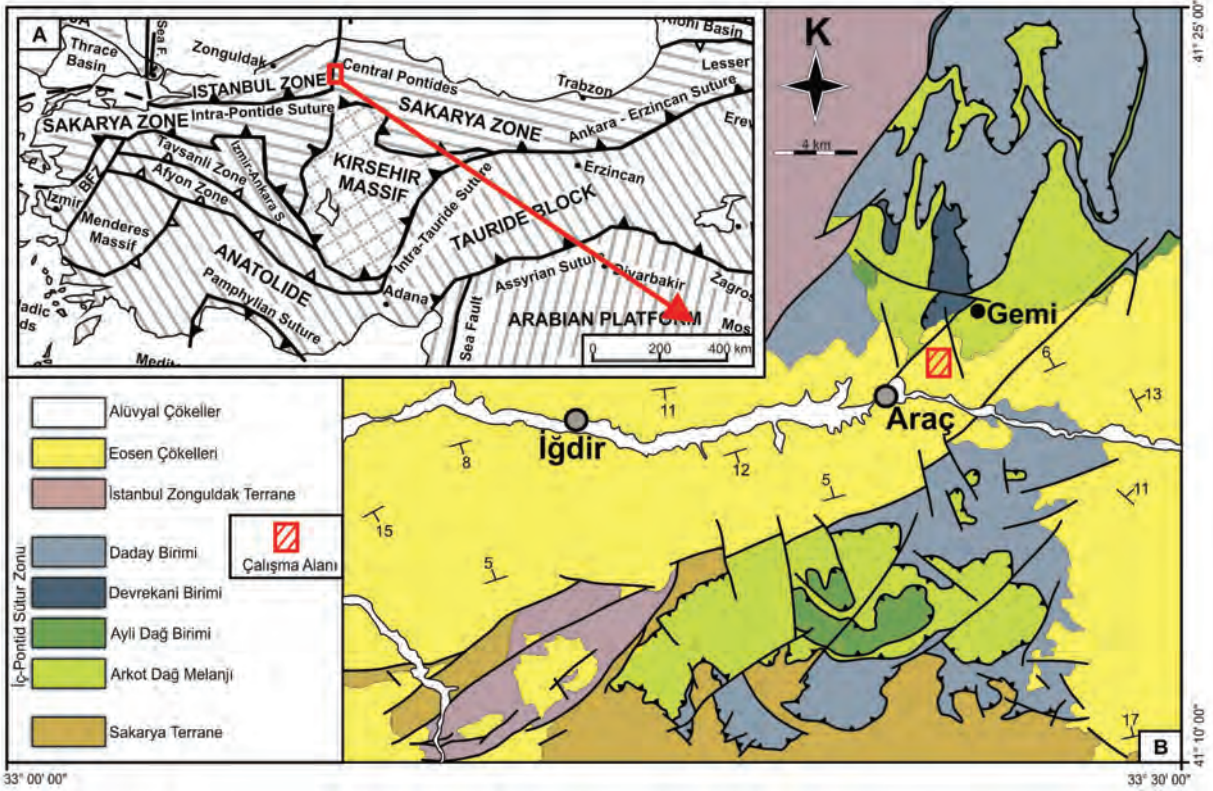
*A. erki* Acar, *A. ankarensis* Sirel, *A. pieroi* Sirel & Acar, *Lockhartia conditi* (Nuttall), *L. tipperi* (Davies), *Orbitolites complanatus* Lamarck, *Cycloperorbitolites tokerae* Özgen-Erdem, *Assilina spinosa* Davies & Pinfold, *Nummulites* sp., *Cribrbulimina* sp., *Kathina* sp., *Neorotalia* sp., *Triloculina* sp. have been described along the section. The distribution of the larger benthic foraminifera indicates Early Eocene age. According to these assemblages, we interpret that deposition of the unit started in a restricted shallower environment and continued in a shallow high energy environment.

**Key Words:** *Araç (Kastamonu), benthic foraminifera, early Ypresian, Eocene*

## GİRİŞ

Çalışmanın gerçekleştirildiği bölge, 1/25.000 ölçekli Kastamonu F30-c1 paftasında bulunan Araç (Kastamonu) ilçesinin kuzeydoğusunda yer alır (Şekil 1). Araç ve civarında yapılan öncel çalışmalar çoğunlukla; genel jeoloji, petrol jeolojisi, metamorfizma ve metalik maden amaçlıdır (Eren, 1979; Yılmaz, 1983; Yılmaz ve Tüysüz, 1984; Aydın ve diğ., 1986; Boztuğ, 1992; Barkurt ve diğ., 1990; Şengün ve diğ., 1990; Aydın, 2000; Göncüoğlu ve diğ., 2014). Buna karşılık, Kastamonu ve yakın civarında kapsamı paleontoloji olan çalışmalara daha az sayıda rastlanılmaktadır (Dizer, 1953; Sağular ve diğ., 1991; Yıldız ve diğ., 1997; Tuzcu ve Babayiğit, 1998; Tunoğlu ve Ertekin, 2005; Tunoğlu ve Bardet, 2006). Özgen- Erdem ve diğ., (2005) Kastamonu civarındaki altı lokalitede, Paleosen-Eosen bentik foraminifer topluluklarını tanıtmışlardır. Bu çalışmayı takiben, inceleme alanının doğusunda yer alan Tosya kuzeyindeki İlerdiyen yaşlı birimde alveolinid ve soritid formlar tanımlanmıştır (Özgen-Erdem, 2008, 2010).

Bu çalışmanın odaklandığı Araç civarında, öncel araştırmalarda sığ denizel istifler için farklı yaşlar kullanılmıştır. Paleontolojik tanımlamanın yapılmadığı, değişik amaçları kapsayan incelemelerde bu birim için Eosen çökelleri ifadesi kullanılmıştır (Aydal, 2000; Göncüoğlu ve diğ., 2012, 2014). Aydın ve diğ. (1986) Daday-Devrekani hattı boyunca yaptıkları çalışmada, Araç kuzeyindeki sığ denizel birim için Soğanlı formasyonu adlamasını kullanmış ve saptanan *Alveolina* ve *Orbitolites* türlerine dayanarak Erken-Orta Eosen yaşını önermişlerdir. Boztuğ (1992), inceleme alanının batısındaki Daday-Devrekani masifini konu alan çalışmasında, sığ denizel ve bol fosilli Soğanlı Formasyonu için, *Nummulites beaumonti* ve *Assilina exponens* türlerine dayanarak Orta Eosen yaşı verilmiştir. Araç civarındaki Eosen istifi, Barkurt ve diğ., (1990) tarafından Araç formasyonu olarak adlandırılmış ve tanımlanan *Nummulites*'lere göre Lütésiyen yaşı verilmiştir.



**Şekil 1.** Çalışma alanını gösteren jeoloji haritası (Okay ve Tüysüz, 1999- A; Göncüoğlu ve diğ., 2014- B)  
**Figure 1.** Geological map of study area (from Okay and Tüysüz, 1999- A; Göncüoğlu et al., 2014- B)

Bu çalışmanın amacı, Araç kuzeydoğundaki Eosen yüzleğinin porselen kalker kavkılı iri bentik foraminiferleri içeren seviyelerindeki türleri tanımlamak ve birimin bu düzeylerinin yaş konağını detaylı olarak belirlemektir. İstifin bol nummulitid içeren düzeyleri bu çalışmanın dışında bırakılmıştır. Bu amaç doğrultusunda yüzleğten bir ölçülü kesit alınmış ve toplam 30 sistematik ve 40 yönlü ince kesit üzerinde iri bentik foraminiferlerin tanımlanması yapılmıştır. Çalışma örnekleri Cumhuriyet Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü Paleontoloji laboratuvarında depolanmaktadır.

## STRATİGRAFİ

Pontid-İçi Kenedi içerisinde yer alan Araç ilçesi ve yakın civarında yüzlek veren, fosilli kireçtaşı ve kırıntılılardan oluşan Eosen birimi için çoğunlukla Soğanlı Formasyonu adlanması kullanılmış ve bu adlamaya Türkiye Stratigrafi Komitesi'nin Batı Karadeniz Bölgesi Litostratigrafi Birimleri-1 (Tüysüz ve diğ., 2004) serisinde de yer verilmiştir. Soğanlı Formasyonu ilk kez Güven (1977) tarafından iki üyeye ayırılarak tanımlanmış ve Geç Eosen yaşı önerilmiştir. Formasyonun Akyar üyesi Saner ve diğ. (1979) tarafından Soğanlı kireçtaşı olarak tanımlanmıştır. Araştırmacılar bu düzeylerin Erken-Orta Eosen yaşlı olduğunu ifade etmişlerdir. Yergök ve diğ., (1987) bu düzeyler

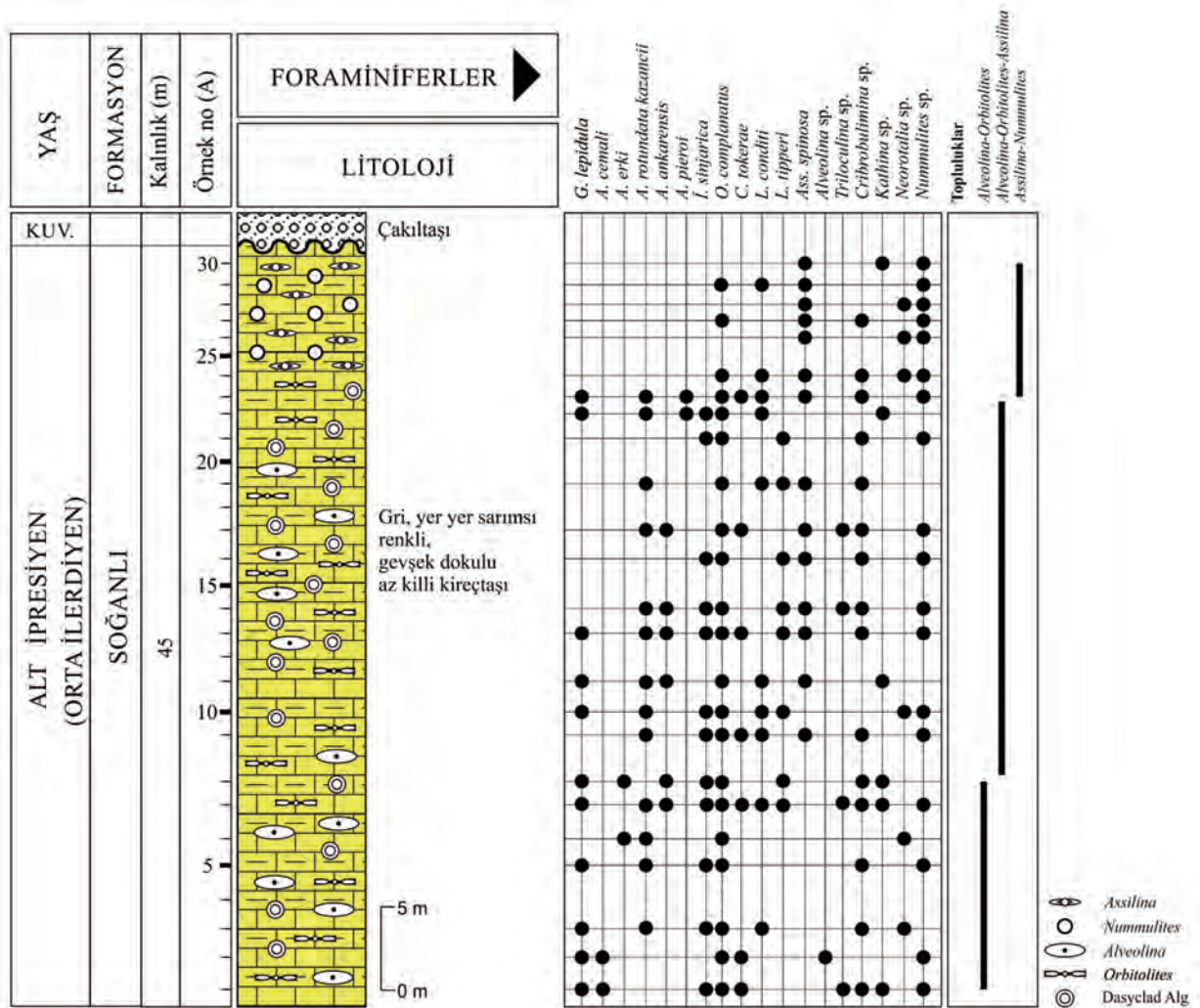
için Soğanlı Formasyonu adlamasını kullanmış ve Lütesiyen yaşı önermişlerdir. Formasyon, bölgede yer yer Üst Kretase yaşlı ofiyolitik melanj ve orta Jura yaşlı metamorfitlet üzerine gelir (Aydal, 2000; Göncüoğlu ve diğ., 2012). Kuvaterner yaşlı alüvyonlar, çalışmanın yapıldığı bölgedeki en genç birimi oluşturur.

### Araç Ölçülü Stratigrafi Kesiti

Kesit, 1/25.000 ölçekli Kastamonu F30 c1 paftasındaki Araç ilçesinin yaklaşık 8 km kuzeydoğusundaki Gemi Köyü yakınından alınmıştır (Şekil 1). Toplam 45 metre kalınlık ölçülmüş ve 30 örnek üzerinde detaylı çalışmalar gerçekleştirilmiştir (Şekil 2).

İstifin alt kesimlerinde hakim litoloji, gri yer yer sarımsı renkli, gevşek dokulu az killi kireçtaşlarıdır. Kireçtaşları çoğunlukla mikritik bağlayıcı içinde iri bentik foraminifer kavkılarının ve dascylad alglerin baskın olarak yer aldığı istiftaşı fasiyesi ile temsil olur. İlk 6 örneğe denk gelen bu seviyelerde (1-10 m), *İ. sinjarica*, *G. lepidula*, *A. cemali*, *A. erki*, *A. rotundata kazancii*, *L. conditi*, *O. complanatus*, *C. tokeræ*, *Cribrobulimina* sp., *Lockhartia* sp., *Kathina* sp., *Nummulites* sp. tanımlanmıştır. Takip eden 12. metrede (7. Örnek) bu topluluğa ek olarak *A.*

*ankarensis* ve *L. tipperi* gözlenmiştir. Kesitin 16. metresinden itibaren, *Ass. spinosa* türü ilk kez görünmeye başlar. Tanımlanan bu topluluğa dayandırılarak istifin bu bölümlerine erken İpresiyen (orta İlerdiyen'in altı) yaşı verilmiştir. Litolojinin belirgin bir değişiklik göstermediği üst seviyelere doğru killi kireçtaşları yine mikritik bağlayıcının hakim olduğu vaketaşı fasiyesinden oluşur. Bu düzeylerde *İ. sinjarica*, *G. lepidula*, *A. ankarensis*, *A. rotundata kazancii*, *A. pieroi*, *L. conditi*, *L. tipperi*, *O. complanatus*, *C. tokeræ*, *Ass. spinosa*, *Glomalveolina* sp., *Alveolina* sp., *Cribrobulimina* sp., *Neorotalia* sp., *Nummulites* sp., tanımlanmıştır. İstifin bu bölümünde (yaklaşık 35 m), *A. pieroi* görünmeye başlar. Araç kesitinin en üst düzeylerinde alveolinid ve soritid formların baskınlığının yerini nummulitid formlar alır. Özellikle *Ass. spinosa* sayıca fazlaşır (37-40 metreler arası). Porselen kalker formlardan sadece *O. complanatus* gözlenir. Kesitin bu son seviyelerinde *O. complanatus* (oldukça az), *Ass. spinosa*, *L. conditi*, *Nummulites* sp., *Neorotalia* sp., *Cribrobulimina* sp. tanımlanan formlardır. Bu topluluk istifin üst kesimlerinin Erken İpresiyen (orta İlerdiyen'in üstü) yaşlı olduğunu işaret eder.



Şekil 2. Araç stratigrafi kesitinde bentik foraminiferlerin dağılımı.

Figure 2. Distribution of benthic foraminifera in Araç stratigraphic section

## BİYOSTRATİGRAFI VE TARTIŞMA

Porselen kalker kavkılı iri bentik foraminiferlerle temsil olan Alt Eosen birimleri Anadolu'da sınırlı yayılım sunarlar. Eskişehir güneyinde yer alan Seyitgazi ve çevresinde benzer fosil topluluğuna sahip Alt Eosen çökelleri saptanmış ve porselen kalker kavkılı iri bentik foraminiferleri ve dasyclad algleri detaylı olarak çalışılmıştır (Özgen Erdem ve diğ., 2007). Bu birim oldukça iyi korunmuş dasyclad alg topluluğuna sahiptir (Özgen Erdem & Radoicic, 2009; Radoicic &

Özgen Erdem, 2011; Özgen Erdem & Radoicic, 2014 ve Radoicic & Özgen Erdem, 2014). Tosya kuzeyinde (Kastamonu) alveolinid ve soritid gibi porselen kalker formların baskın olduğu İlerdiyen çökellerinin bu formları Özgen Erdem ve diğ., (2005) ve Özgen Erdem (2008, 2010) tarafından tanımlanmıştır.

Araç kuzeydoğusunda yüzlek veren Alt Eosen çökelleri fauna içeriği ile Tosya kuzeyi ve Seyitgazi güneyindeki istiflerle büyük benzerlik sunar. Ancak çalışma alanının Alt Eosen

seviyelerindeki kısmen iri bentik foraminiferler, çoğunlukla ise dascylad algler iyi korunmamıştır. Araç ölçülü kesiti boyunca 3 bentik foraminifer topluluğu belirlenmiştir. Kesitin en üst seviyesini oluşturan *Assilina* ve *Nummulites*'lerin baskın olduğu topluluk dışında tüm kesit boyunca bu bentik foraminifer topluluklarına dascylad algler eşlik eder.

### **Alveolina-Orbitolites Topluluğu**

Kesitin (1-16 m) alt seviyelerinde gözlenen bu topluluk alveolinid ve soritid formların baskınlığı ile karakterize olur. Kesitin, ilk 10 metrelik kesiminde *G. lepidula*, *A. cemali*, *A. rotundata kazancii*, *A. erki*, *O. complanatus* baskın türler olarak gözlenmektedir. Toplulukla birlikte bulunan *C. tokerae*, *L. conditi*, *İ. sinjarica*, *Cribrobulimina* sp., *Triloculina* sp., *Kathina* sp., *Neorotalia* sp., *Nummulites* sp. sayısal olarak nispeten daha azdır. Kesitin 12. metresinden itibaren *A. ankarensis* ve *L. tipperi* gözlenmeye başlar.

Kesitin tüm seviyelerinde gözlenen *G. lepidula* türü Tosya kuzeyinde ve Seyitgazi güneyindeki istiflerde erken- orta İlerdiyen'de görünmektedir (Özgen Erdem, 2008, 2010). Bu tür, Bünyan (Kayseri) bölgesinde erken İlerdiyen'de gözlenmiştir. *G. lepidula*'nın beraber bulunduğu *A. cemali*, Bünyan ve Polatlı'da erken-orta İlerdiyen'de (SBZ 6-7) tanımlanmıştır (Sirel & Acar, 2008). Bu toplulukta tanımlanan *A. erki* ise Polatlı (Ankara) orta-geç İlerdiyen'inde (SBZ 7-9) *A. montanarii*, *A. subpyrenaica*, *A. laxa*, *A. minervensis* topluluğu ile birlikte bildirilmiştir (Sirel & Acar, 2008). Topluluk boyunca bol olarak gözlenebilen *A. rotundata kazanci* ve *A. ankarensis* Polatlı yöresinde orta İlerdiyen (SBZ 7-8) yaşlı düzeylerde tanımlanmıştır (Sirel, 1976; Sirel & Acar, 2008). *A. ankarensis* Sakarya kesitinde (Polatlı); *A. blumenthali*, *A. avellana*, *A. ellipsoidalis* ve *A. pisiformis* ile birlikte SB 7-8 zonlarında (orta İlerdiyen) gözlenmiştir (Sirel,

2015). Kesitin ilk seviyelerinde ortaya çıkan ve tüm Araç kesiti boyunca da gözlenen *L. conditi* geç Hottinger (2014) tarafından Tanesiyen – orta İlerdiyen (SBZ 4-8) aralığında gösterilmiştir. *L. tipperi* ise orta İlerdiyen- alt geç İlerdiyen (SBZ 7-9) aralığını temsil eder (Hottinger, 2014). Pakistan kuzeyinde *L. conditi* ve *L. tipperi*, erken Eosen yaşlı düzeylerde bildirilmiştir (Ghazi ve diğ., 2010). Kesit tabanından itibaren gözlenen *Cycloperorbitolites tokerae* tip lokalitesi olan Seyitgazi güneyinde orta İlerdiyen-erken Küviziyen ve Tosya kuzeyinde ise orta İlerdiyen düzeylerinde tanımlanmıştır.

### **Alveolina-Orbitolites-Assilina Topluluğu**

Araç kesitinin bu seviyelerinde (16-37 m) gözlenen topluluk, bileşenleri bakımından *Alveolina-Orbitolites* topluluğuna benzerlik sunar. Ancak bu seviyelerde *Ass. spinosa* ortaya çıkar ve kesitin üst seviyelerine doğru sayısal olarak artış gösterir. *A. rotundata* ve *A. ankarensis* bu düzeylerin baskın alveolinleridir. Kesitin 35-37. metrelerinde sferik bir alveolina olan *A. ankarensis* oldukça azalmaya, buna karşın uzamış ve floskulinleşmiş alveolinlerden *A. pieroi* artmaya başlamıştır. Soritidler ise *O. complanatus* ve *C. tokerae* ile temsil olur. Ancak tüm kesit boyunca *O. complanatus* baskındır. Bu toplulukta, *L. conditi* ve *L. tipperi* belirgin bir artış sunarlar.

Araç kesitinin üst seviyelerine doğru ortaya çıkan *A. pieroi* Sirel & Acar, ilk tanımlandığı Sakarya kesitinde (Polatlı) orta İlerdiyen'in (SBZ8) üst kesimlerinde ve üst İlerdiyen'de (SBZ 9) bildirilmiştir (Sirel & Acar, 2008).

### **Assilina-Nummulites Topluluğu**

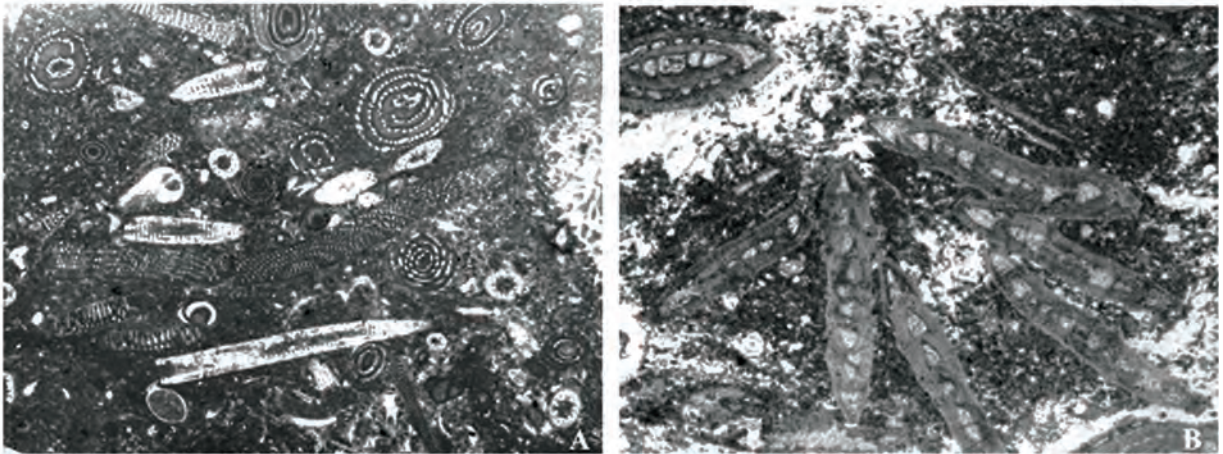
Kesitin en üst düzeylerinde gözlenen bu toplulukta özellikle *Ass. spinosa* ve *Nummulites* sp. baskındır. Bu topluluğa *Lockhartia conditi* ve *Neorotalia*

sp. eşlik eder. Alveolinidler ve soritidler oldukça azalmıştır. *Ass. spinosa*, kuzey Pakistan'da Erken Eosen yaşlı düzeylerde tanımlanmıştır (Ghazi ve diğ., 2010). *L. conditi* ise Ankara-Haymana (Sirel, 1976) ve Namrun-İçel'de (Avşar, 1992) Erken Eosen yaşlı düzeylerde saptanmıştır.

### ORTAMSAL YORUM

İri bentik foraminiferlerin bazı gruplarında (alveolinid ve nummulitid gibi) kavkının yapısı, şekli ve çap/kalınlık oranları paleokolojik koşulların yorumlanmasında önemli veriler sunarlar (Hottinger, 1960, 1977, 1997; Lutherbacher, 1970; Hottinger ve Dreher, 1974; Larsen, 1976; Hallock ve Glenn, 1986). Güncel foraminiferlerin incelendiği ekolojik çalışmalarda; suyun enerjisi, ışık durumu ve derinlik faktörlerinin özellikle kavkı şekliyle ilişkili olduğu gözlenmiştir. Enerjinin ve ışığın yüksek olduğu ortamlarda daha merceksi, şişkin formların yaşadığı; enerjinin ve

ışığın azaldığı ancak derinliğin arttığı koşullarda ise daha basık ve uzamış bireylerin baskın olduğu belirtilmiştir (Hallock ve Glenn, 1986). Porselen kalker kavkılı formlar ise düşük enerjili ortamlarının tipik formları olarak gösterilmektedir (Grenier, 1969; Murray, 1973; Reiss ve Hottinger, 1984). *Alveolina*'ların sferik olanlarının genellikle lagün ortamını işaret ettiği (Lutherbacher, 1970) buna karşın oval ve uzamış formlarının ise normal tuzlulukta, sınırlı ve oldukça sığ denizel ortamı yansıttıkları belirtilmiştir (Lutherbacher, 1970; Hottinger, 1960). Bu çalışmalarda, soritid foraminiferlerden *Orbitolites* ve *Opertorbitolites* cinslerinin de aynı ortam koşullarını paylaştıkları bildirilmiştir. Araç ölçülü kesitinde, Erken İpresiyen'in alt kesimleri (alt orta İlerdiyen), alveolinid ve orbitolitid formların baskınlığı ile tipiktir (Şekil 3A). Bu seviyelerdeki *Alveolina* topluluğunda çoğunlukla küçük ancak uzamış formlar olan *A. rotundata kazancii* bireyleri baskındır.



**Şekil 3.** *Alveolina* ve *Orbitolites*'li seviyelerden (A) ve *Assilina*'lı seviyelerden (B) görünüm  
**Figure 3.** The view of levels with *Alveolina* and *Orbitolites* (A) and with *Assilina* (B).

Erken İpresiyen'in üst kesimlerinde baskın formlar çoğunlukla *Assilina* ve kısmen de *Nummulites* bireyleridir (Şekil 3B). Merceksi *Nummulites* ve granüllü *Assilina* bireylerinin, alt fotik zona yakın, düşük su enerjili sığ denizel ortamı yansıttıkları ifade edilmiştir (Accordi ve diğ., 1998; Scheibner ve diğ., 2007). Tanımlanan bu topluluk, Araç kuzeydoğusunda Erken Eosen (erken İpresiyen) istifinin korunaklı ve oldukça sığ denizel ortam koşullarında çökelmeye başladığını, sonrasında ise nispeten daha derin, düşük enerjili sığ ortamda çökelmeye devam ettiğini işaret eder.

## SONUÇLAR

Araç kuzeydoğusunda yapılan bu çalışmada, Alt Eosen yaşlı Soğanlı Formasyonu'nun alt kesiminden alınan ölçülü kesit üzerinde detaylı paleontolojik incelemeler yapılmıştır.

Ölçülü kesit boyunca çoğunlukla killi kireçtaşı litolojisinin devamlılık sunduğu istifte özellikle porselen kalker kavkılı bentik foraminiferlerin ve dascylad alglerin bolluğu karakteristiktir. İstifin alt ve orta kesimlerinde iki bentik foraminifer topluluğu tanımlanmıştır. *Alveolina* - *Orbitolites* topluluğu ve *Alveolina* - *Orbitolites* - *Assilina* topluluğu olarak adlandırılan bu toplulukların tanımlandığı seviyelerde; *İ. sinjarica*, *G. lepidula*, *A. cemali*, *A. erki*, *A. rotundata kazancii*, *A. ankarensis*, *A. pieroi*, *Lockhartia conditi*, *L. tipperi*, *Orbitolites complanatus*, *Cyclopertorbitolites tokerae*, *Ass. spinosa*, *Cribrobulimina* sp., *Kathina* sp., *Nummulites* sp. tanımlanmıştır. Kesitin en üst kesimlerini oluşturan *Assilina*-*Nummulites* topluluğunda, baskın olarak *Ass. spinosa* ve *Nummulites*'ler saptanmıştır. Tanımlanan bu bentik foraminifer toplulukları istifin Erken İpresiyen (Orta İlerdiyen) yaşlı olduğunu ve başlangıçta oldukça sığ ve korunaklı denizel

ortamda, sonrasında ise düşük enerjili ve nispeten daha derin bir ortamda çökeldiğini gösterir.

## EXTENDED SUMMARY

*Lower Eocene units, which are represented with porcellaneous larger benthic foraminifera, offer limited spread in Anatolia. Lower parts of Soğanlı formation, which outcrops at and in the near vicinity of Araç district (Kastamonu) and is formed of fossiliferous limestones and debris, contains levels dominated by porcellaneous forms. The present study is focused to describe the present species of benthic foraminifera and the depositional setting of the Early Eocene Soğanlı Formation. A stratigraphic section was studied. The Araç section is located near the village of Gemi, about 8 km northeast of the Araç town. The unit is represented by gray, yellowish, clayey limestone, rich in larger benthic foraminifers. These larger benthic foraminiferal species principally belong to the following genera in the lower part of the section: Glomalveolina, Alveolina, Orbitolites, Cyclopertorbitolites, Lockhartia and dascylad algae. Upwards, succession is characterized by hyaline perforated foraminifers such as Assilina and Nummulites. The most diagnostic species include Idalina sinjarica Grimsdale, Glomalveolina lepidula Schwager, A. cemali Sirel & Acar, A. rotundata kazancii Sirel & Acar, A. erki Acar, A. ankarensis Sirel, A. pieroi Sirel & Acar, Lockhartia conditi (Nuttall), L. tipperi (Davies), Orbitolites complanatus Lamarck, Cyclopertorbitolites tokerae Özgen-Erdem, Assilina spinosa Davies & Pinfold. These fossil assemblages suggest Early Eocene age for these levels of the Soğanlı Formation. Mainly three larger foraminiferal associations were distinguished within the sections, one (AO) dominated by Alveolina and Orbitolites, two (AOA) dominated by Alveolina, Orbitolites and Assilina,*



*the other (AN) by Assilina and Nummulites. A detailed examination of these assemblages reveals that deposition of the unit started in a restricted shallower environment and continued in a shallow low energy environment.*

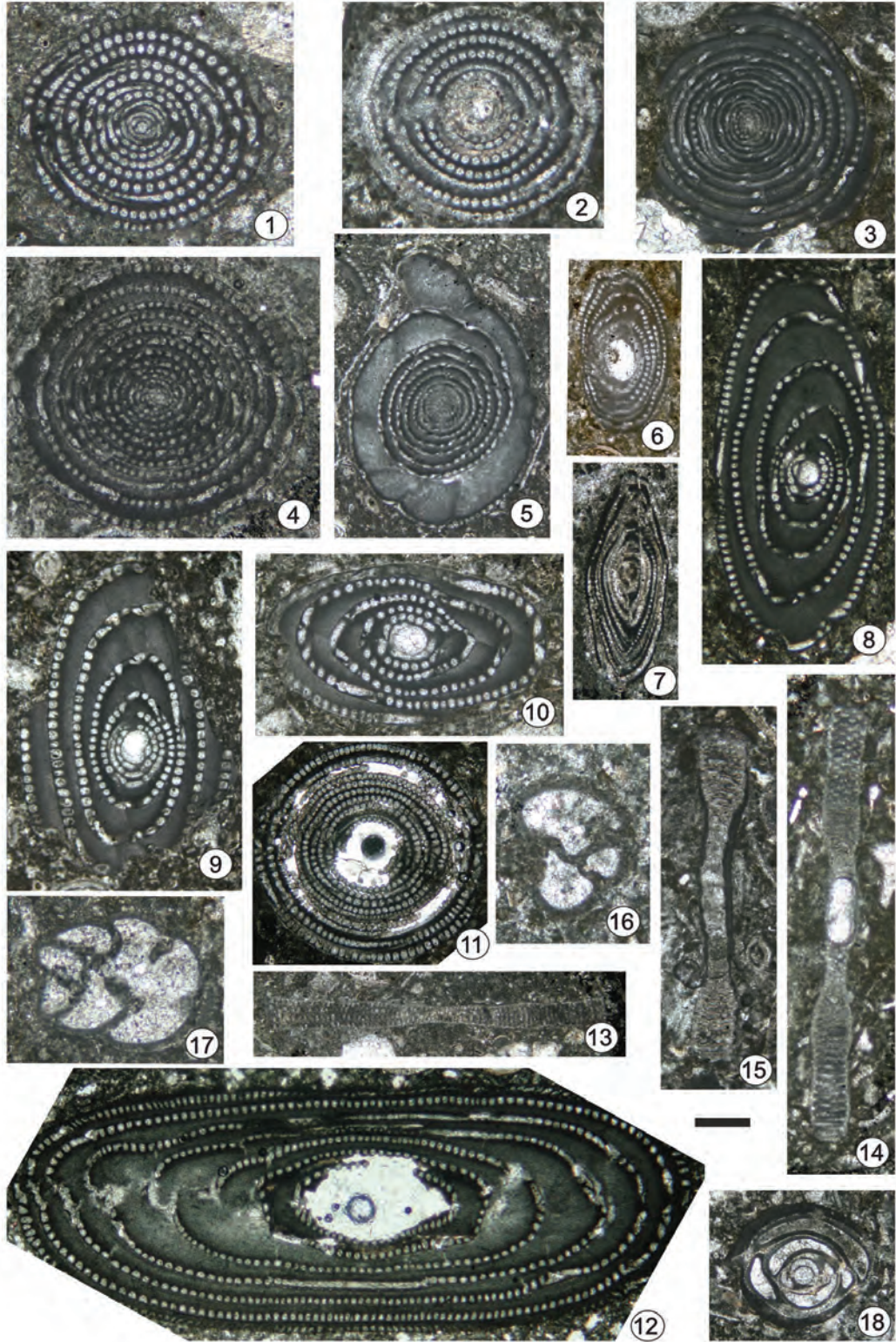
## DEĞİNİLEN BELGELER

- Ayşar, N., 1992. Namrun (İçel) yöresi Paleojen bentik foraminifer faunası. MTA Dergisi, 114, 127-144.
- Aydal, D., 2000. Araç masifinin jeodinamik süreçleri, Batı Pontidler, Kastamonu, Türkiye. MTA Dergisi, 122, 73-94.
- Aydın, M., Şahintürk, Ö., Serdar, H.S., Özçelik, Y., Akarsu, İ., Üngör, A., Çokuğraş, R., and Kasar, S., 1986. The geology of the area between Ballıdağ and Çangaldağ (Kastamonu). Bulletin of the Geological Society of Turkey, 29 (2), 1-16.
- Barkurt, M.Y., Bilginer, E., Pehlivan, Ş., Örçen, S., Can B., Dağar, Z., Bilgi, C., Karabıyıkoglu, ve M., Süer, T., 1990. Kastamonu-Araç ve güneyinin jeolojisi. MTA Rapor no: 9079.
- Boztuğ, D., 1992. Daday-Devrekani masifi güneybatı kesiminin litostratigrafi birimleri ve Tektoniği. MTA Dergisi 114, 1-20.
- Dizer, A., 1953. Kastamonu nummulitiğinin paleontolojik etüdü. İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Mecmuası, B, 18/3-4, 207-299.
- Eren, R. H., 1979. Kastamonu Taşköprü bölgesi metamorfiteilerinin jeolojik, petrografik etüdü. İTÜ. Mim. Müh. Fak. Fen Bil. Ens., Doktora tezi, 143 s.
- Ghazi, S., Ali, A., Hanif, T., Sharif, S. and Arif, S.J., 2010. Larger Benthic Foraminiferal Assemblage from The Early Eocene Chor Gali Formation, Salt Range, Pakistan. Geol. Bull. Punjab Univ. 45, 83-91.
- Göncüoğlu, M.C., Marroni, M., Sayit, K., Tekin, U.K., Ottria, G., Pandolfi, L. and Ellero, A., 2012. The Ayli Dağ ophiolite sequence (central-northern Turkey): A fragment of Middle Jurassic oceanic lithosphere within the Intra-Pontide suture zone. Ofioliti, 37 (2), 77-92.
- Göncüoğlu, M.C., Marroni, M., Pandolfi, L., Ellero, A., Ottria, G., Catanzariti, R., Tekin, U.K. and Sayit, K., 2014. The Arkot Dağ Mélange in Araç area, Central Turkey: Evidence of its origin within the geodynamic evolution of the Intra-Pontide suture zone. Journal of Asian Earth Sciences, 85, 117-139.
- Grenier, G.O.G., 1969. Recent benthic foraminifera, environmental factors controlling their deposition. Nature, 223, 168-170.
- Güven, A., 1977. Stratigraphy and sedimentology of Eocene formations, Karabük area, Turkey. Ph. D. Thesis, University of Wales, Swansea, 307p.
- Hallock, P. and Glenn, E.C., 1986. Larger Foraminifera: A Tool for paleoenvironmental analysis of Cenozoic carbonate depositional facies. Palaios, 1, 55-64.
- Hottinger, L. 1960. Recherches sur les alveolines du Paléogène et de l'Eocène. Mémoires Suisses de Paléontologie, 75-76, 1-236.
- Hottinger, L., 1977. Foraminifères Operculiniformes. Mémoires du Muséum d'Histoire Naturelle, 40, 1-159.
- Hottinger, L., 1997. Shallow benthic foraminiferal assemblages as signals for depth of their deposition and their limitations. Bulletin de la Société Géologique France, 168/4, 491-505.
- Hottinger, L. and Dreher, D., 1974. Differentiation of protoplasm in Nummulitidae (Foraminifera) from Elat, Red Sea. Marine Biology, 25, 41-61.
- Hottinger, L., 2014. Rotaliid Foraminifera from the Western and Central Neotethys. Ed: Davide Bassi, p.196, Springer.
- Kennedy, W. J., Tunoğlu, C., Walaszczyk, I and Ertekin, İ.K., 2007. Ammonite and inoceramid bivalve faunas from the Davutlar Formation of the Devrekani-Kastamonu area, northern Turkey, and their biostratigraphical significance. Cretaceous Research, 28 (6), 861-894.
- Larsen, A.R., 1976. Studies of Recent Amphistegina: taxonomy and some ecological aspects. Israel Journal Earth Science, 25, 1-26.
- Lutherbacher, H.P. 1970. Environmental distribution of early Tertiary microfossils, Tremp Basin, Northeastern Spain. ESSO Production Research-European Laboratories, 46p.
- Murray, J.M., 1973. Distribution and ecology of living benthic foraminiferids. New York, Crane, Russak and Co., 274 p.

- Okay, A.I., Tüysüz, O., 1999. Tethyan Sutures of northern Turkey. In: Durand, B., Jolivet, L., Hovarth, F., Séranne, M. (Eds.), The Mediterranean Basins: Tertiary extension within the Alpine Orogen. Geological Society of London Special Publication 156, 475-515.
- Özgen-Erdem, N., 2008. Akçataş-Cebeci yöresinin (KB Tosya-GD Kastamonu) Tanesiyen-İlerdiyen bentik foraminifer biyostratigrafisi. MTA Dergisi, 137, 67-77.
- Özgen-Erdem, N., 2010. *Cyclopertorbitolites*, a new Soritid (Foraminifera) from the Ilerdian-Cuisian sediments of the Eskişehir and Kastamonu regions (Turkey). Paleontological Journal, 44 (3), 243-252.
- Özgen-Erdem, N., İnan, N., Akyazı, M. and Tunoğlu C., 2005. Benthonic foraminiferal assemblages and microfacies analysis of Paleocene-Eocene carbonate rocks in the Kastamonu region, Northern Turkey. Journal of Asian Earth Sciences, 25 (3), 403-417.
- Özgen-Erdem, N., Akyazı, M. and Karabaşoğlu, A. 2007. Biostratigraphic interpretation and systematics of *Alveolina* assemblages from the Ilerdian-Cuisian limestones of southern Eskişehir, Central Turkey. Journal of Asian Earth Sciences, 29 (5-6), 911-927.
- Özgen-Erdem, N. and Radoicic, R., 2009. *Anatoliacodium* gen. nov. (Halimedaceae, green algae) from the Ilerdian-Cuisian in the Eskişehir region (Western Central Turkey). Geologica Carpathica, 60(4), 307-318.
- Özgen-Erdem, N. and Radoicic, R., 2014. *Clypeina? tekini* sp. nov. (Dasycladalean Dasycladacean green algae) from the Early Eocene in the Eskişehir Region (Western Central Turkey), Archives des Sciences, 67, 119-124.
- Radoicic, R and Özgen-Erdem, N., 2011. New Data on the Dasycladales from the Lower Eocene of Seyitgazi Region, Eskişehir, Central Turkey. Turkish Journal of Earth Science, 20, 213-242.
- Radoicic, R. and Özgen-Erdem, N., 2014. A new Dasycladalean algae from the Lower Eocene of the Seyitgazi Region, Central Turkey: *Belzungia barattoloi* sp. nov. Acta Palaeontologica Romaniae, 10 (1-2), 5-14.
- Reis, Z. and Hottinger, L., 1984. The Gulf of Aqaba, Ecological Micropaleontology. Springer-Verlag, 354 p.
- Sağular, E.K., Tunoğlu, C. ve Batman, B. 1991. Çağlayan Formasyonu'nda (Alt Kretase?, Orta Pontidler) nannoplanktonlara bağlı biyostratigrafik bulgular. A. Suat Erk Simpozyumu 2-5 Eylül 1991, Bildirileri, 115-128.
- Saner, S., Taner, I., Aksoy, Z., Siyako, M. ve Bürkan, K., 1979. Karabük-Safranbolu Bölgesinin Jeolojisi. TPAO Rap. No. 1322.
- Sirel, E., 1976a. Description of six new species of the *Alveolina* found in the south of Polatlı (SW Ankara) region. Bulletin of the Geological Society of Turkey, 19 (1), 19-22.
- Sirel, E., 1976b. Polatlı (GB Ankara) güneyinde bulunan *Alveolina*, *Nummulites*, *Ranikothalia* ve *Assilina* cinslerinin bazı türlerinin sistematik incelemeleri. Türkiye Jeoloji Bülteni, 19 (2), 89-102.
- Sirel, E., 2015. Reference sections and key localities of the Paleogene stages and discussion C-T, P-E, and E-O boundaries by the very shallow-shallow water foraminifer in Turkey. Ankara University, Faculty of Engineering, Department of Geological Engineering, 171 p.
- Sirel, E. and Acar, Ş., 2008. Description and biostratigraphy of the Thanetian-Bartonian Glomalveolinids and Alveolinids of Turkey. TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası yayınları 103, 265 s.
- Şengün, M., Keskin, H., Akçaören, F., Altun, İ., Sevin, M., Akat, U., Armağan, F. ve Acar, Ş., 1990. Kastamonu yöresinin jeolojisi ve Paleotetisin evrimine ilişkin sınırlamalar. Türkiye Jeoloji Bülteni, 33, 1-16.
- Tunoğlu, C., Ertekin, İ.K., 2005. Kretase - Paleosen yaşlı Davutlar formasyonunun (Devrekani/Kastamonu) ostrakoda biyostratigrafisi ve kronostratigrafisi. TÜBİTAK-YDABAG Projesi:101Y013 (yayımlanmamış).

- Tunoğlu, C., Bardet, N., 2006. *Mosasaurus hoffmanni* Mantell, 1829: Türkiye’de, Geç Kretase dönemine ait ilk deniz sürüngeninin keşfi. Türkiye Jeoloji Bülteni, 49(1), 11-24.
- Tuzcu S. ve Babayiğit, S. 1998. Üst Jura yaşlı *Donacosmilia corallina* de Foramente Pin Türkiye’de (Araç-Daday, Kastamonu) bulunuşu. Türkiye Jeoloji Bülteni, 41(1), 99-107.
- Tüysüz, O., Aksay, A., Yiğitbaş, E., 2004, Batı Karadeniz Bölgesi Litostratigrafi Birimleri. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Stratigrafi Komitesi Litostratigrafi Birimleri Serisi-1, Ankara, 92s.
- Yergök, A. F., Akman, Ü., İplikçi, E., Karabalık, N. N., Keskin, I., Mengi, H., Umut, M., Armağan, F., Erdoğan, K., Kaymakçı, H. ve Çetinkaya, A., 1987. Batı Karadeniz Bölgesi’nin jeolojisi (I), MTA Rap. No. 8273.
- Yıldız, A., Yeşilyurt, N., Tunoğlu, C. 2007. Eosen yaşlı Seydiler formasyonunun (Kastamonu, KB Türkiye) planktonik foraminifer, kalkerli nannoplankton biyostratigrafisi, ostrakod topluluğu ve eski ortam yorumu. Yerbilimleri, 28(1), 33-53.
- Yılmaz, O., 1983. Çangal metaofiyolitinin mineralojik-petrografik incelemesi ve metamorfizma koşulları. Yerbilimleri, 10, 45-58.
- Yılmaz, Y. ve Tüysüz, O., 1984. Kastamonu-Boyabat-Vezirköprü-Tosya arasındaki bölgenin jeolojisi (İlgaz-Kargı masiflerinin etüdü). M.T.A. Raporu, 275 s.
- 
- Makale Geliş Tarihi : 12 Mart 2016  
Kabul Tarihi : 4 Mayıs 2016
- Received* : 12 March 2016  
*Accepted* : 4 May 2016

LEVHA I



## LEVHA 1

- 1-2. *Glomalveolina lepidula* Schwager, eksenel kesitler, (A.11/3, A.7/3)
- 3-4. *Alveolina ankarensis* Sirel, 3- ekvatoryal kesit, (A.8/1), 4- eksenel kesit (A.7/1)
5. *A. aff. ankarensis* Sirel, ekvatoryal kesit (A.14/2)
6. *A. erki* Acar, eksenel kesit, (A.6/4)
7. *A. aff. erki* Acar, eksenel kesit, (A.8)
- 8-10. *A. rotundata kazancii* Sirel & Acar, eksenel kesitler, (A.10/3, A.13/4, A.7/4)
11. *A. cemali* Sirel & Acar, eksenel kesit, (A.1/4)
12. *A. pieroi* Sirel & Acar, eksenel kesit, (A.22)
- 13-14. *Orbitolites complanatus* Lamarck, 13- hafif eğik eksenel kesit (A.14/2), 14- eksenel kesit (A.7/7)
- 15- *Cyclopertorbitolites tokerae* Özgen-Erdem, eksenel kesit (A.7/7)
- 16-17. *Cribobulimina* sp., 16- taban kesiti (A.7/6), eğik dikey kesit (A.19)
18. *İdalina sinjarica* Grimsdale, eksenel kesit, (A.13/4)

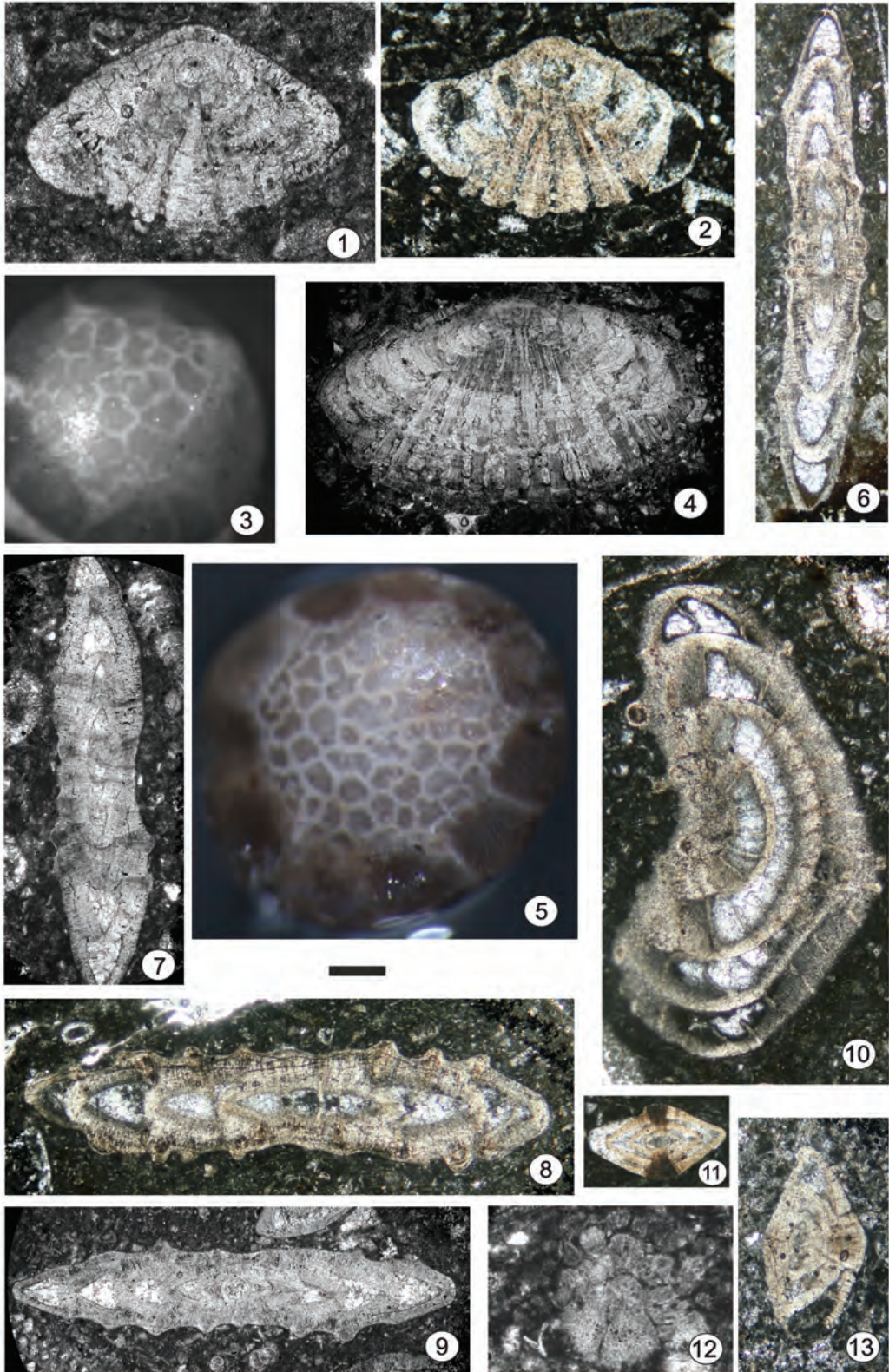
(Ölçek: 1-2: 0,25 mm; 3-12; 13-15, 18: 0.5 mm; 16-17: 0,33 mm)

## PLATE 1

- 1-2. *Glomalveolina lepidula* Schwager, axial sections, (A.11/3, A.7/3)
- 3-4. *Alveolina ankarensis* Sirel, 3- equatorial section, (A.8/1), 4- axial section (A.7/1)
5. *A. aff. ankarensis* Sirel, equatorial section (A.14/2)
6. *A. erki* Acar, axial section, (A. 6/4)
7. *A. aff. erki* Acar, axial section, (A.8)
- 8-10. *A. rotundata kazancii* Sirel & Acar, axial sections, (A.10/3, A.13/4, A.7/4)
11. *A. cemali* Sirel & Acar, axial section, (A.1/4)
12. *A. pieroi* Sirel & Acar, axial section, (A.22)
- 13-14. *Orbitolites complanatus* Lamarck, 13- slightly oblique axial section, (A.14/2), 14- axial section (A.7/7)
- 15- *Cyclopertorbitolites tokerae* Özgen-Erdem, axial section (A.7/7)
- 16-17. *Cribobulimina* sp., 16- horizontal section (A.7/6), oblique vertical section, (A.19)
18. *İdalina sinjarica* Grimsdale, axial section, (A.13/4)

(Scale bar: 1-2: 0,25 mm; 3-12; 13-15, 18: 0.5 mm; 16-17: 0,33 mm)

LEVHA 2



## LEVHA 2

- 1-3,12. *Lockhartia conditi* (Nuttall), 1-2. aksel kesitler, (A.23/1, A.7/1), 3-tane örneğin ombilikal bölgesinden görünüm (A.16/3), 12. Ombilikal pilyeleri gösteren eğik kesit (A.9)
- 4-5. *Lockhartia tipperi* (Davies) 4- aksel kesit, (A.7/1), 5- ombilikal pilyeleri gösteren tane örnek (A.16/7)
- 6-10. *Assilina spinosa* (Davies & Pinfold), 6-9. Aksel kesitler, (A.29/1, A.9/2, A.29/4, A.27/2), 10- tam olmayan yarı ekvatoryal kesit, (A.29/2)
11. *Nummulites* sp., aksel kesit, (A.23/7)
13. *Kathina* sp., aksel kesit, (A.7/7)
- (Ölçek: 1-5, 12, 13: 0,33 mm; 6-11: 0,5 mm)

## PLATE 2

- 1-3,12. *Lockhartia conditi* (Nuttall), 1-2. axial sections, (A.23/1, A.7/1), 3- ventral side of isolated specimen, (A.16/3), 12- oblique section showing ventral piles (A.9)
- 4-5. *Lockhartia tipperi* (Davies) 4- axial section, (A.7/1), 5- ventral side of isolated specimen, (A.16/7)
- 6-10. *Assilina spinosa* (Davies & Pinfold), 6-9. Axial sections, (A.29/1, A.9/2, A.29/4, A.27/2), 10- incomplete subequatorial section, (A.29/2)
11. *Nummulites* sp., axial section, (A.23/7)
13. *Kathina* sp., axial section, (A.7/7)
- (Scale bar: 1-5, 12, 13: 0,33 mm; 6-11: 0,5 mm)







## Menteş Havzası Yeraltısularının Hidrojeokimyasal Özellikleri (Yahyalı- Kayseri)

*Hydrogeochemical Characteristics of Groundwater in Mentesh Watershed  
(Yahyalı- Kayseri-Turkey)*

**Muhterem DEMİROĞLU<sup>1</sup> ve Yüksel ÖRGÜN<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*İstanbul Teknik Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Ayazaga Kampüsü, 34469 İstanbul  
(e-posta: demiroglum@itu.edu.tr)*

<sup>2</sup>*İstanbul Teknik Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Ayazaga Kampüsü, 34469 İstanbul*

### ÖZ

Çalışmada Mentesh havzası içinde yer alan demir yataklarının yeraltısularına etkisi araştırılmıştır. Seyhan nehri ana havzasında yer alan Mentesh havzasında yıllık ortalama yağış 460 mm, havza alanı ise yaklaşık 43 km<sup>2</sup> dir. Çalışma alanında tanımlanmış başlıca birimler Prekambriyen yaşlı metakirintililer, Alt Kambriyen yaşlı kuvarsitler, Orta Kambriyen yaşlı rekristalize kireçtaşları, Ordovisyen yaşlı metakirintililer, Miyosen konglomeralar ve güncel alüvyonlardan oluşmaktadır. Rekristalize kireçtaşı ve dolomitler çalışma alanındaki ana akiferler olarak belirlenmiştir. Seçilen 15 adet su noktasında yağışlı ve kurak dönemde su örnekleri alınarak anyon, katyon ve iz elementler açısından içerikleri belirlenmiştir. Suların sıcaklık (T), pH, EC değerleri yerinde ölçülmüştür. Her iki dönem için suların sıcaklık değerlerinin 7 - 19°C arasında, pH değerlerinin 7,26 – 8,7 arasında ve EC değerlerinin 47,3 µS/cm – 642 µS/cm arasında değiştiği ortaya konmuştur. Piper diyagramında karbonat sertliği %50’den fazla olan Ca oranı yüksek Ca-Mg-Na+K-HCO<sub>3</sub> tipi sular sınıfında yer aldığı ortaya çıkan sular, rCa > rMg > rNa > rK ve rHCO<sub>3</sub> > rSO<sub>4</sub> > rCl şeklinde bir katyon-anyon trendi sergilemiş olup, bu dağılım, kireçtaşı-dolomit gibi karbonatlı akiferlerden gelen suları temsil etmektedir. Oksijen-18 (δ<sup>18</sup>O) (‰-10,93 – ‰-8,27) ve Döteryum (δ<sup>2</sup>H) (‰-64,18 -‰-54,58) değerleri suların meteorik kökenli olduğunu göstermektedir. Örneklerin ana anyon, ana katyon ve yerinde ölçülen T, pH, EC değerleri içme suyu standartlarında (TS266 ve WHO) verilen limit değerlerin altında kalmıştır. İz element analizleri kapsamında 66 parametre ICP-MS yöntemiyle incelenmiş olup, Hg, Cd, Th ve Ag gibi toksik etkisi yüksek elementlerin de içinde olduğu 30 dan fazla element dedeksiyon limitleri altında kalmıştır. As, B, Co, Cr, Cu, Mo, Ni, Pb, Sb, Ti, U, V, W, Zn, Se ve diğer elementlerin değerleri ise içme suyu standartlarına (TS266 ve WHO) göre ihmal edilebilecek kadar düşüktür. Elde edilen tüm sonuçlar göstermiştir ki, Mentesh havzasında yer alan demir maden sahaları ve yakın çevresindeki yeraltısuları, incelenen inorganik parametreler açısından TS266 içme suyu standartlarına uygundur.

**Anahtar Kelimeler:** Demir yatağı, Mentesh havzası, Yahyalı, Yeraltısuyu, Su kalitesi

**ABSTRACT**

*In this study, the effect of the iron deposits, located in Menteş watershed on the ground waters was investigated. The study area is located in the Seyhan river main basin. The Menteş watershed covers an area of 43 km<sup>2</sup> with an annual average precipitation of 460 mm/year. The study area comprises Precambrian metaclastics, Lower Cambrian quartzite, Middle Cambrian recrystallized limestone, Ordovician metaclastics, Miocene conglomerate and recent alluvium. Recrystallized limestones are main aquifers within the studied area. To determine aquifer parameters totally 15 groundwater samples were taken from springs and wells in dry and wet seasons, T, pH and EC values were measured in-situ and the major anion - cation and trace element analysis were done. Temperature of the waters ranged from 7 °C and 19 °C; pH values ranged from 7,26 and 8,7; EC values ranged from 47,3 µS/cm and 642 µS/cm. The cation and anion sequencing of the water samples are mostly in rCa > rMg > rNa > rK and rHCO<sub>3</sub> > rSO<sub>4</sub> > rCl form, respectively and this sequencing indicate that the groundwater are predominantly located within the limestone and dolomite. δ<sup>18</sup>O (‰-10,93 - ‰-8,27) and δ<sup>2</sup>H (‰-64,18 - ‰-54,58) values show that waters are meteoric origin. The major anion and cation values of the water samples are below the drinking water limit values (TS 266 and WHO). Trace element analysis covering 66 parameters were analyzed by ICP-MS method and more than 30 elements including Hg, Cd, Th and Ag stayed in below detection limits. As, B, Co, Cr, Cu, Mo, Ni, Pb, Sb, Ti, U, V, W, Zn, Se and other elements' values are low enough to be ignored. The examined inorganic parameters showed that ground waters located in Menteş watershed iron mine fields and its close vicinity have drinking water quality.*

**Key words:** *Groundwater, Hydrogeochemistry, Iron bed, Menteş basin, Water quality, Yahyalı*

**GİRİŞ**

Menteş deresi tarafından drene edilen Menteş havzasının büyük bir kısmı Yahyalı ilçesinde (Kayseri), güneyde dar bir alan ise Feke ilçesinde (Adana) yer almaktadır (Şekil 1). Menteş havzasının da içinde yer aldığı bu bölgenin özelliği ülkemizin önemli demir yataklarının burada bulunmasıdır. Bölge bu özelliği nedeniyle uzun yıllardır araştırmacıların ilgi odağı olmuştur. Bölgeye ait tespit edilen ilk çalışma Lucias'a (1927) aittir ve çalışmada Zamantı Suyu ile Göksu arasında yeralan Faraşa demir madeni zuhurunun jeolojik özellikleri ele alınmıştır. Bölgede daha sonra yapılan çalışmalarda da ağırlıklı olarak bölgenin değişik yerlerinde tanımlanmış olan demir cevherleşmeleri ile ilgili prospeksiyon

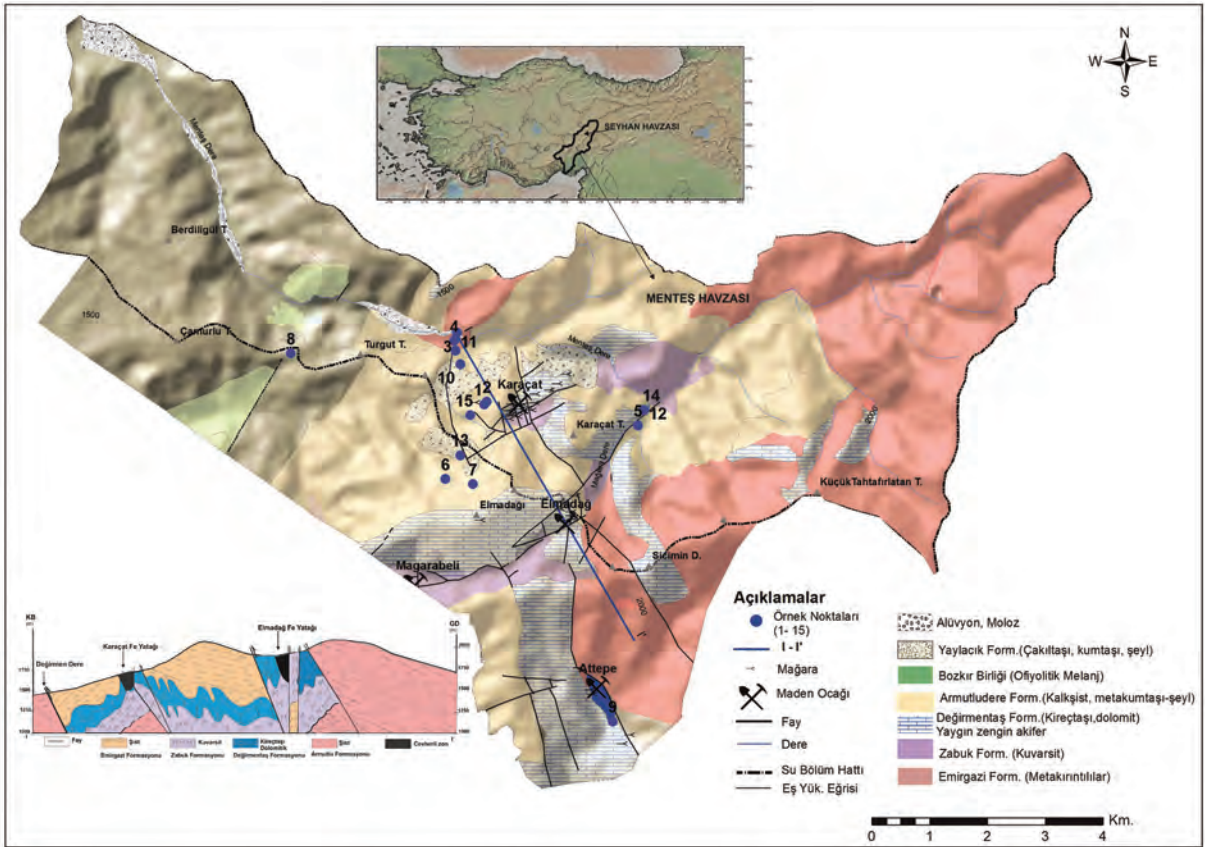
çalışmaları, demir yatakların bulunduğu bölgelerin jeolojisi, stratigrafisi, mineralojisi ve cevherleşmenin kökeni gibi konular araştırılmıştır (Arda vd., 2008; Arıkan, 1968; Bedii ve Usta, 2006; Blumenthall,1941; Dağlıoğlu vd.,1998; Dağlıoğlu ve Arda, 2000; Dayan ve diğ., 2008; Demirtaşlı, 1967; Gürkan,1966; Henden, 1974; Henden ve Önder,1980; Küpeli, 1991 ve 1998; Özgül ve Kozlu, 2002; Şahin ve Bakırdağ, 1985; Tekeli, 1980; Tiringa, 2009; Tiringa vd., 2009 ve 2011; Ünlü, 2003). Bölgede yapılan çalışmaların kapsamlı referans listesi Tringa (2009) ve Eken (2012)'de verilmiştir.

Yaklaşık 60 yıldır demir cevheri üretimi yapılan havzada, havzanın hidrolojik, hidrojeolojik ve hidrojeokimyasal özelliklerini

tanımlamaya yönelik kapsamlı bir çalışma yapılmamıştır. Özyurt ve Bayarı (1999) tarafından gerçekleştirilen “Aladağ (Yahyalı-Kayseri) akiferinde fiziksel, kimyasal ve izotopik parametreler ile kloroflorokarbon yaşları arasındaki ilişkiler” başlıklı çalışma, Yıldız (2007)’e ait Kayseri- Sultansazlığı sulak alanında yeraltı ve yerüstü suları ilişkisinin belirlenmesi başlıklı doktora çalışması, Pelen vd., 2008 tarafından gerçekleştirilen Zamantı regülatörü ve derivasyon (gıcık) tüneli yeraltısuyu durumu ve izotop hidrolojisi, bölgede yeraltularına ait tespit edilen çalışmalardır. Günümüzde hem yüzey hem

de yeraltı madenciliği ile demir cevheri üretimi yapılan bölgede, yeraltısuyu içmesuyu olarak kullanılmaktadır.

Alp orojenik kuşağı içinde yer alması nedeniyle tektonik hareketlerden ileri derecede etkilenen bölge son derece engebeli bir morfolojiye sahiptir. Akarsu yönünden zengin olan bölgede aynı zamanda yüksek debili birçok kaynak da mevcuttur. Stratigrafisi Prekambriyen meta-kırıntılılarla başlayıp, Miyosen konglomeralar ve güncel alüvyonlarla devam eden Mentş havzasında rekristalize kireçtaşı ve dolomitler ana akiferleri oluşturmaktadır.



Şekil 1. Çalışma alanı'nın jeolojisi ve su örneklerinin lokasyonları.

Figure 1. Geology of the study area and locations of the water samples

Madencilikle ilgili önemli çevre problemlerinden biri değişen miktarlarda sülfid minerali (özellikle pirit, pirotin ve markazit) içeren maden atıklarının çevreye dağılması sonucu meydana gelen yüzey ve yeraltısuyu kirliliğidir. Bu mineraller içinde doğada en fazla ve en yaygın bulunması nedeniyle pirit mineralinin varlığı özellikle önemlidir. Atmosfere açık hale gelen ortamlarda, pirit mineralinin oksijen ve su ile oksidasyonu genellikle son derece düşük pH-yüksek  $SO_4^{=}$  'lı sularla sonlanır ve Fe, Al and Mn gibi metaller ve As, Cd, Cr, F, Hg, Pb, Ni, ve Se gibi potansiyel toksik iz elementler yüksek konsantrasyonlarda serbest bırakılır (Equeenuddin et al., 2010; Kim and Chon, 2001; Shim et al., 2015). Bu olay Asit Maden Drenajı (AMD) olarak adlandırılır ve bölgedeki yüzey ve yeraltısuyu kaynaklarının miktarını, kalitesini, potansiyel kullanımını ve ilişkili ekosistemi etkiler (US Environmental Protection Agency 2002).

Menteş havzasının içinde kaldığı bölge, Akdeniz iklimi ile karasal iklimin arasında "Geçiş İklimi" özelliği gösteren bir iklim tipine sahiptir. Yarı karasal iklim şartları görülen sahada yazları sıcak ve kurak, kışları soğuk ve kar yağışlıdır. Yağış kışları çoğunlukla kar şeklindedir. Akdeniz iklimi etkisiyle kış soğukları nispeten hafiflemiştir. Özellikle yüksek kotlarda yağışların kar şeklinde olması karstik akiferlerin beslenmesi açısından önemlidir.

Bu çalışmada Mentş havzasındaki demir yataklarının ve madencilik faaliyetlerinin yeraltısularına etkisinin ortaya konması amaçlanmıştır. Çalışma kapsamında, karmaşık jeolojik yapısına bağlı olarak beslenme, depolanma ve akım rejiminde heterojen ve karmaşık sınır koşullarına sahip Mentş havzasının hidrojeokimyasal özellikleri belirlenmiştir. Elde edilen su kalitesi parametreleri standartlarla

karşılaştırılmış ve bölge sularının içilebilirlik ve kullanılabilirlik açısından değerlendirilmesi yapılmıştır.

## JEOLJİ

Çalışma alanında hâkim litoloji şelf türü karbonat ve kırıntılı kayalardan oluşan Geyikdağı birliğinin Prekambriyen-Ordovisiyen dönemini temsil eden Emirgazi, Zabuk, Değirmentaş ve Armutludere formasyonlarıdır (Tringa, 2009) (Şekil 1). Bunlar içinde en yaşlısı sahada temeli oluşturan Emirgazi formasyonudur. Yer yer kloritleşmiş, serisitleşmiş meta kırıntılılardan oluşan Prekambriyen yaşlı Formasyon, volkanik, rekristalize kireçtaşı ve dolomit ara katkı, bant ve mercekleri içerir. Emirgazi formasyonu Alt Kambriyen yaşlı Zabuk formasyonuna ait kuvarsitler tarafından açılı bir uyumsuzlukla üstlenir. Kuvarsitlerin üzerine uyumlu olarak gelen Orta Kambriyen yaşlı Değirmentaş formasyonu killi seviye ile başlar, üste doğru dolomit-dolomitik kireçtaşlarıyla devam eder; rekristalize kireçtaşlarıyla sona erer. Mentş havzası ve yakın çevresinde ana akiferleri oluşturan Değirmentaş formasyonunun ortalama kalınlığı 150 metre olarak belirlenmiştir (Özgül ve Kozlu, 2002), ancak inceleme alanında yapılan Kçt 162 no'lu sondajla 349 m rekristalize kireçtaşı ve dolomitik kireçtaşı kesilmiş ve taban görülmeden sondaj, dolomitik kireçtaşlarının içinde sonlandırılmıştır.

Üst Kambriyen-Alt Ordovisiyen yaşlı Armutludere formasyonu tabanı uyumlu olarak Değirmentaş formasyonuna ait yumrulu kireçtaşı ara katkılı kalkışist mercekleriyle (40-50m) başlayıp, metaşeyl, killi şistler, metasilttaşı, bitümlü şist seviyelerinin ardalanmasıyla devam eder (Tringa, 2009). Kıvrımlı yapıların yoğun olarak gözlendiği Formasyonun kalınlığı 1500 m.

olarak belirtilmiş (Özgül ve Kozlu, 2002) ancak inceleme alanındaki kuyularda kesilen maksimum kalınlık 498 metredir. Elmadağ'ın kuzey batısında açılan 498 metre derinliğindeki temel sondajın tamamında Ordovisiyen şistleri kesilmiştir.

Çalışma alanının güney batısında yüzeyleyen melanaj niteliğindeki Bozkır birliği asidik tuf ve bazik ultrabazik kayaçlardan oluşur. Kendi içinde tektonik dilimlere ayrılmış birim, Miyosen yaşta karasal çökellerle örtülüdür (Özgül, 1976). Çakıltaşı, kumtaşı, şeyl, tuf blok ve çakılları içeren konglomera ve marn ardalanmasından oluşan Miyosen yaşlı seri tüm birimlerin üzerinde açılmal uyumsuzlukla yer alır. Çalışma sahasında en genç birim akarsu çevrelerinde gelişen alüvyonlar ve maden atıklarından oluşan molozlardır.

Bölgede karbonatlı birimler tektonik hareketlerin etkisiyle bol miktarda kırık ve çatlaklı bir yapı sunar. Kalkışistler gerek ornatılmaya uygun kimyasal bileşimleri, gerekse cevherli çözeltilerin hareketlerini kolaylaştıran bu süresizlik düzlemleri nedeniyle, bölgedeki demir cevher yerleşimi açısından birinci derecede etkili olmuştur. İnceleme alanında Değirmentaş ve Armutludere formasyonları içindeki cevherli zonlarda kalkışistlerde çok yaygın ankeritleşmeler mevcuttur; kırık ve çatlaklar ise yaygın olarak kalsit, kuvars, hematit ve siderit mineralleriyle dolmuştur. Dolomitlerin maruz kaldığı ve günümüzde de devam eden karstik süreçler nedeniyle birçok mağara ve dolin içerdiği, bu karstik mağaralarda karst içi sedimanların yanı sıra kalsit ve aragonit minerallerinin geliştiği, bazılarının da yer yer başta götit olmak üzere cevher mineralleriyle doldurulduğu belirlenmiştir.

### **Demir Yataklarının Genel Özellikleri**

“Mansurlu Demir Madenleri” olarak adlandırılan

Attepe, Elmadağbeli, Mağarabeli, Karakızoluğu, Ayıdeliği, Mağradere, Kızıl, Karaçat, Mentеш deresi, Kartalkaya, ve Uyuzpınarı demir yatakları ile çok sayıdaki demir zuhur, Kayseri-Adana il sınırında yer almaktadır (Eken, 2012). Bu yataklardan, Kızıl, Karaçat, Mentеш deresi, Kartalkaya ve Uyuzpınarı demir yatakları Yahyalı (Kayseri) ilçesinde, diğerleri Feke (Adana) ilçesinde bulunmaktadır. Çalışma alanındaki yataklar Şekil 1’de gösterilmiştir. Türkiye’nin Divriği-Hekimhan Havzası’ndan sonra ikinci büyük demir havzası olan Mansurlu bölgesi demir yataklarının kökenine dair farklı görüşler ileri sürülmüştür; konuyla ilgili çalışmaların geniş özeti Tringa, (2009) ve Eken, (2012)’de verilmiştir. Mentеш havzasında cevher zonları, Zabuk formasyonu, Değirmentaş formasyonu ve Armutludere formasyonu ile tektonik ilişkilidir ve cevherleşmeler Değirmentaş formasyonu başta olmak üzere Değirmentaş ve Armutludere formasyonlar içinde tamamen tektonizmanın kontrolünde gelişmiş damar, mercek ve düzensiz sınırlı kütleler şeklinde konumlanmıştır. Cevherleşme sonrası gelişen fayların yatakları yüzeye taşıdığı ve özellikle bu zonlarda Tersiyer başlarından itibaren etkili olmaya başlayan karstlaşma süreçleri ve paralel gelişen yüzeysel etkileşimlerle siderit, ankerit ve hematitlerden oluşan birincil cevherlerin limonit ve götit’ e dönüştüğü konusunda sahada çalışan araştırmacılar görüş birliği içerisindedir. Yataklarda tanımlanmış başlıca demir cevher mineralleri siderit, ankerit, hematit, götit, limonit ve az miktarda lepidokrosit ve pirittir (Tringa, 2009). Bölgede halen işletilmekte olan Attepe, Elmadağbeli, Mağarabeli, Karakızoluğu, Ayıdeliği, Mağradere, Kızıl ve Karaçat yataklarında üretilen başlıca cevher mineralleri ise götit, limonit, hematit ve az miktarda siderittir.

## YÖNTEM

Bölge jeolojisi ve Menteş havzının jeolojisini açıklayan önceki çalışmalar, uydu görüntüleri ve arazi çalışmalarıyla revize edilmiştir. Hidrojeokimyasal parametreleri ortaya koymak amacıyla, jeoloji üzerine hidrojeoloji ve su kimyası verileri işlenmiştir. Yapılan arazi gözlem ve incelemeleri sonucunda havzada 15 su noktası belirlenmiş; bu noktalarda yağışlı dönemi temsilen Nisan 2014, kurak dönemi temsilen Temmuz-Ekim 2014 'de arazide yerinde suların T, pH, Eh ve EC parametreleri ölçülmüş ve kimyasal ve izotop analizleri için örnekler alınmıştır. Suların pH ve Eh değerleri "Crison PH 25 model" EC değerleri ise "Crison CM 35 model" cihazlarla ölçülmüştür. Örnek noktaları koordinatları ve ölçüm tarihleri Çizelge 1'de, örnek alınan yerler Şekil 1'de gösterilmiştir. Ekim 2014 döneminde 1, 2, 3, 4, 10 ve 11 no'lu su kaynakları kuruduğu için ölçüm yapılamamıştır; 13 ve 15 no'lu su noktaları ise yalnızca Ekim 2015 döneminde örneklenmiştir. Tümü renksiz, kokusuz ve berrak olan suların anyon, katyon, iz element,  $\delta^{18}\text{O}$ ,  $\delta^2\text{H}$  ve trityum ( $\delta^3\text{H}$ ) analizleri için örnek alımı sırasında her bir örnek kabı 3 kez çalkalanmış ve sular steril şırınga ve tek kullanımlık filtre ile (0.45  $\mu\text{m}$  millipore), filtrelenmiştir. Katyon ve iz element analizleri için alınan örnekler pH<2.0 olacak şekilde % 2  $\text{HNO}_3$  (v/v) eklenmiştir. Örneklerin tümü laboratuvara gönderilinceye kadar 4°C'de saklanmıştır. Anyon

analizleri ( $\text{CO}_3$ ,  $\text{HCO}_3$ , Cl,  $\text{SO}_4$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{NO}_3$ ,  $\text{PO}_4$  ve F) Hacettepe Üniversitesi Su Kimyası Laboratuvarında DIONEX LC25, ICS-1000 Ion Chromatography sistem, YSI MPS 556 Multi-probe sistem ve Automatic acid titration burette cihazları kullanılarak yapılmıştır (Metotlar (1989, 17th ed; Kimyasal Referans: Battle-02, Lethbridge-03 Canada). Majör katyon ve iz element analizleri ACME laboratuvarında (Kanada) "STD TMDA-70 standards" göre ICP-MS (PerkinElmer SCIEX-ELAN 9000) cihazıyla yapılmıştır.  $\delta^{18}\text{O}$  /  $\delta^2\text{H}$  analizleri Hacettepe Üniversitesi Karst Su Araştırma ve Uygulama Merkezinde, Trityum analizleri ise Hacettepe Üniversitesi Çevresel Trityum Laboratuvarında ve EUROFINs Turkey laboratuvarlarında yapılmıştır.

## HİDROLOJİ ve HİDROJEOLOJİ

Yarı karasal iklim şartları görülen sahada, yağış kışları çoğunlukla kar şeklindedir. özellikle yüksek kotlarda yağışların kar şeklinde olması karstik akiferlerin beslenmesi açısından önemlidir. Yeraltısuyu beslenme koşullarını belirlenmesi için inceleme alanına yakın Devlet Meteoroloji İşleri (DMİ) ve Devlet Su İşleri (DSİ) yağış istasyonlarının (Çizelge 2) verileri kullanılarak yağış yükseklik ilişkisi belirlenmiş ve alana düşen ortalama yağış, yüksekliğe bağlı olarak hesaplanmıştır.

**Çizelge 1.** Çalışma alanındaki örneklerin koordinatları, ve yerinde ölçümleri

**Table 1.** Coordinates of the study area water samples and in-situ measurements

Örnek No	Örnek yeri	Ölçüm tarihi	X	Y	Z	T (°C)	pH	Eh (mV)	EC* (µS/cm)
1	Yertaş galerisi	Nisan	730000	4208609	1497	9,3	8,16	-66	274
		Temmuz				12,5	8,09	-63	275
2	Şantiye kaynağı 1	Nisan	730034	4208646	1627	10,2	8,06	-62	226
		Temmuz				13	8,26	-69	238
3	Menteş dere	Nisan	729600	4209573	1400	12	8,7	-96	206
		Temmuz				14	7,84	-58	218
4	Değirmen kaynağı	Nisan	729560	4209464	1741	12	8,36	-77	420
		Temmuz				19	7,84	-59	432
5	Uyuz Pınarı	Nisan	732107	4208380	1683	10,8	8,0	-57	189
		Temmuz				14	7,76	-42	194
		Ekim				9,2	7,5	-39	182
6	Şantiye kaynağı 2	Nisan	729493	4207587	1845	9	7,27	-43	47,3
		Temmuz				13	7,81	-55	51
		Ekim				12,5	7,27	-30	67
7	Şantiye kaynağı 3	Nisan	729874	4207527	1741	10	8,37	-75	108
		Temmuz				16	7,34	-34	241
		Ekim				12	7,9	-61	221
8	Şehitler çeşme	Nisan	727336	4209230	1497	12	8,04	-59	415
		Temmuz				17	7,65	-32	442
		Ekim				15	7,86	-59	434
9	Attepe kaynak	Nisan	731002	4201425	1517	7,5	7,9	-52	597
		Temmuz				9,7	7,56	-40	613
		Ekim				11	7,45	-39	642
10	Tünel 1	Nisan	729657	4209149	1416	-	7,98	-56	480
		Temmuz				18	7,84	-57	490
11	Tünel 2	Nisan	729586	4209329	1418	-	8,48	-86	530
		Temmuz				18	7,77	-50	550
12	Karaköy kaynak	Temmuz	732185	4208594	1676	16	7,31	-30	204
		Ekim				10,5	7,63	-31	223
13	Avlağın kaynağı	Ekim	729693	4207915	1730	13	7,42	-25	144
14	Galeri içi yatay sondaj	Temmuz				15,5	7,26	-26	273
		Ekim				11	7,48	-36	245
15	Kuyu	Ekim	729812	4208456	1660	11	7,54	-43	253
TS266 *						12,5-25	6,5-8,5		650
TS266 **						12,5-25	6,5-9,5		2000

\*: TS266 1. Kaynak (membra) suları,\*\*: TS266 2-1. İşlem görmüş kaynak suları (İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik; 17.02.2005)

**Çizelge 2.** Yağış İstasyonları ve akım istasyonu**Table 2.** *Meteorological stations and flow measurement station.*

İstasyon	Ölçüm Aralığı	İst. Kotu	X	Y	Ort. Yağış (mm)	1974-1992 Ort. Yağış (mm)
İncesu	1974-1992	1075	689362	4277441	341.56	349.23
Musahacılı	1974-1992	1076	700843	4232914	270.38	315.86
Develi	1970-2001	1204	718362	4250314	344.15	393.6
Yahyalı	1972-2014	1260	707059	4224263	460.8	429.37
Zamantı İrm. Çamlıca HES	2003-2013	1185	721328	4211926		

Menteş deresi drenaj alanında yüksekliğe bağlı yağış, 1500 metrelerde 513 mm, 1500-2000 metrelerde 587 mm, 2000 metrede ise 697 mm olarak hesaplanmıştır. İnceleme alanının potansiyel ve gerçek buharlaşması Yahyalı meteorolojik istasyonu verileri kullanılarak, PENMAN (Penman, 1948) yöntemine göre belirlenmiştir. Ayrıca Zamantı ırmağı Çamlıca istasyonu (DSİ akım verileri, 2004-2013) ölçümlerinden faydalanılarak baz akım grafikleri çizilmiş ve buharlaşma (% 71), yüzeysel akış (3,06 milyon m<sup>3</sup>/ yıl; % 12) ve yeraltısuyu yüzdeleri (% 17) hesaplanarak Mentеш havzası meteorolojik su bütçesi hazırlanmış ve Çizelge 3’de verilmiştir.

**Çizelge 3.** Mentеш havzası meteorolojik su bütçesi**Table 3.** *Meteorological water budget of Mentеш watershed*

Toplam yağış	25,5*10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> /yıl
Akış (yüzey + yüzeyaltı +yeraltısuyu)	7,395*10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> /yıl
Yeraltısuyu	4,335*10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> /yıl
Yüzeysel Akış	3,06*10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> /yıl
Buharlaşma (ET)	18,105*10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> /yıl
Sıcaklık (°C)	10,7
ET (%)	71

Yapılan hidrolojik hesaplamalara göre sahada yıllık ortalama yağış miktarı, 25,5 milyon m<sup>3</sup>dür ve 4,3 milyon m<sup>3</sup>/yıl’ı yeraltına sızmaktadır. Mentеш Deresi drenaj sınırı, su noktaları ve jeoloji haritası Şekil.1’de verilmiştir.

Çalışma alanını oluşturan formasyonlar hidrojeolojik özelliklerine göre karstik, taneli akiferler ve zayıf su taşımazlar olarak gruplandırılmıştır. Değirmentaş Formasyonunun karbonatlı birimleri (dolomit-dolomitik kireçtaşları ve rekristalize kireçtaşları) tektonizmanın etkisiyle oluşan ikincil süreksizleri (kırık-çatlak sistemi, faylar ) ve Tersiyer başlarından itibaren etkili olmaya başlayan karstlaşma süreçleri ile verimi iyi akifer özelliğini kazanmıştır (Tringa, 2009). Geçirimsiz ortam olarak sınıflandırılan Emirgazi ve Armutludere şistleri ile sınırlanan dolomit-dolomitik kireçtaşları ve rekristalize kireçtaşları yeraltısuyu ana rezervuar kayaç niteliğindedir. Emirgazi ve Armutludere formasyonlarındaki şistlerin akifer ortam özelliği, bünyelerindeki kırık ve çatlaklar boyunca hareket eden su ile sınırlıdır. Yüksek kotlarda yer alan Armutludere şistlerinin aşınmasıyla yüzeylenen Elmadag ve civarında yayılım sunan karbonatlar havzanın besleniminde de önemli rol oynar. Birçok mağara ve dolini bünyesinde barındırmakta olan dolomitlerde arazi çalışmaları sırasında 50 metre derinliğe ulaşan karstik boşluklar tesbit edilmiştir (Şekil 2).





**Şekil 2.** Karaçat üretim galerisinde belirlenen düşey yönde gelişmiş düden  
**Figure 2.** Sinkhole developed vertically in the production gallery

Arazide yapılan temel sondajlarla geçilen karstik boşluklar haritaya işlendiği zaman Karaçat ocağı civarında kuzeydoğu-güneybatı yönünde sıralanan boşlukların, Attepe ocağının batısında; kuzeybatı-güneydoğu yönünde sıralandığı görülmüştür (Şekil 1). Karaçat ocağı civarında gözlenen karstik boşluklar genelde hidrolik döngü dışında kalmış askıda fosil mağaralardır. Söz konusu birim içinde yeraltısuyu akışı, vadoz zonda kırık çatlak ve karstik yapılar boyunca tektonik engellere bağlı olarak değişmektedir.

Şekil 1’de drenaj alanı sınırları verilen Mentеш Deresi, Zamantı nehrine boşalmaktadır. Mentеш Deresi kuzey doğuda 2100 m ve 2150 m kotlarından boşalan kaynaklarla başlamaktadır. Çalışma alanı içindeki kaynaklardan 1675 m ve 1685 m. kotlarından boşalan Uyuzpınarı (5 no’lu örnek) ve Karaköyün içmesuyu (12 no’lu örnek) kaynakları, kuzeybatıya doğru Mentеш deresine boşalırken, 1730 m- 1740 m kotlarından boşalan Avlağa kaynağı (13 no’lu örnek) ve Şantiye kaynağı (6 no’lu örnek), Mentеш deresi drenaj alanı dışına Turgut Dere ve Magara Dereye boşalmaktadır. Saha içinde Ekim 2014 tarihinde

açılan su kuyusunda (örnek no: 15) yeraltısuyu seviyesi 1438 m. olarak belirlenmiştir.

## HİDROJEOKİMYASAL DEĞERLENDİRMELER

Yeraltısularının normal koşullarda yağmur sularıyla beslendiğine ve bu suların da çok az miktarda çözünmüş gaz içeren yaklaşık saf su olduğu kabul edildiğine göre, suların kimyasal bileşimleri, süzülükleri ortamla yaptıkları iyon alış verişiyle belirlenir. Bu alış verişte belirleyici olan da ortamdaki kayaçların mineralojik ve jeokimyasal bileşimidir (Freeze ve Cherry, 1979, Şahinci, 1991 ). Dolayısıyla, suların EC, pH, ana anyon ( $Cl^-$ ,  $SO_4^{2-}$ ,  $HCO_3^-$ ,  $CO_3^{2-}$ ) ve katyonlarının ( $Ca^{+2}$ ,  $Mg^{+2}$ ,  $Na^+$ ,  $K^+$ ) yanı sıra Fe, F, Si, Sr, B, Al ve diğer metal ve iz element içerikleri (Pb, Cu, Cr, Mn, Ni, As, Ba, Br, U, Cd, Se, Ra, Th, Ce, Cs, Bi, Hg, Sn gibi) esas olarak temas halinde oldukları kayaçların mineralojik ve kimyasal özelliklerini yansıtır (Apeleton ve diğ., 1996; Banks ve diğ.; 1998; Freeze and Cherry, 1979; Örgün, 2007).

Menteş havzasında yeraltısularının hidrojeokimyasal özelliklerini ortaya koymak

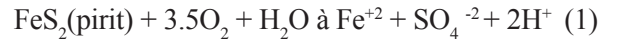
amacıyla Çizelge 1’de verilen su noktalarından alınan örneklerin T, pH, Eh ve EC değerleri okunmuş, alınan örneklerin ana anyon-katyon, metal, iz element ve 2 örnekte de izotop analizleri, yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar havzanın jeolojik ve hidrojeolojik özellikleriyle birlikte değerlendirilmiş ve aşağıda ayrı başlıklar halinde verilmiştir.

### Suların Fiziksel Parametreleri

Havzada seçilen 15 su noktasında in situ ( arazide yerinde) ölçülen T, pH, Eh ve EC değerleri Çizelge 1’de Türki içme suyu limit değerleriyle (TS266) birlikte verilmiştir. Ölçülen sıcaklık değerleri 7,5 °C (örnek no:9) ile 19°C (örnek no:4) arasında değişmektedir. Çizelgede görüleceği üzere üç farklı dönemde yapılan ölçümlerde pH değerleri 7,26 (örnek no:14) - 8,7 (örnek no:3) aralığında değişmiştir. Bu değerler havzanın litolojik bileşimiyle uyumlu olarak suların karbonatlı kayaçlar ile temas halinde olduğunu göstermektedir. Menteş havzası sularının Eh değerleri ise - 96 mV (örnek no: 3) ile -25 mV (örnek no: 13) arasında değişmekte olup, değerlerin yaklaşık % 67’si -30 ila -60 arasında dağılmıştır. Bu da suların oksitleme potansiyelinin son derece düşük olduğunu göstermektedir. İncelenen örneklerin tümü yeraltısuyunu temsil etmektedir. 3 no’lu örnek havzadaki yüzey suyunu temsil amacıyla Menteş deresinden alınmıştır. Bununla birlikte 3 nolu örneğin Eh değerlerinin de yeraltı suyu değerlerine benzer çıkması (Çağatay ve Erler, 1993), yüzey ve yeraltı sularının karstik sistemden dolayı, doğrudan ilişkili olduğunu gösterebilir. Menteş havzasında su noktalarının trityum değerleri de yeraltı sularının akiferden geçiş süresinin 5 ila 10 yıl arasında değiştiğini ortaya koymuştur (Çizelge 7) ve bu durum suların Eh değerlerinin değişim aralığını desteklemektedir.

Yüzey ve yeraltı sularında düşük pH’ın en önemli nedeni demir sülfür minerallerinin

(pirit, pirotin ve markazit vb.) oksidasyonudur. Atmosfere açık nemli ortamda bakterilerin katalizörlüğünde sonradan sürece katılan diğer metallerin (Fe, Zn vb.) de etkisiyle oksidasyon olayı ilerler ve ortamda, koşullarına bağlı olarak asit kaya drenajı (AKD) ve/veya asit maden drenajı (AMD) meydana gelir (Jacobs et all.,2014; Karadeniz,2008; Lee and Chon, 2006; Mitchell, 2000). Bu süreçte aşağıda (1) nolu eşitlikte gösterildiği şekilde gelişen tepkimeler sonucu sulu ortama proton (H<sup>+</sup> iyonu) vermesi ile çözümlerin veya suların asitlik derecesi artar. Madencilik faaliyetleri esnasında veya sonrasında açık-kapalı maden ocaklarında, cevher stoklarında, pasalarda meydana gelen bu tip olaylar, yüksek miktarda çözülmüş SO<sub>4</sub><sup>-2</sup>, Fe ve ağır metal içerikli düşük pH’lı sular meydana getirir. Düşük pH’lı sular daha sonra yerel çevre kayalar çözebilir ve suya başka metallerin de katılmasına sebep olabilir (Tabaksbat, 2002).



Bununla birlikte Menteş havzasındaki demir yataklarında eser miktarda pirit mineralinin cevher minerallerine eşlik etmesine (Tringa,2009) karşın, su kimyası verileri, havzada asit maden drenajı oluşmadığını göstermektedir.

Menteş havzasındaki suların EC değerleri de maden sahalarından beklenen değerlerin son derece altında çıkmıştır. Çizelge 1’de görüleceği gibi değerler 47,3 µS/cm ile 642 µS/cm arasında değişmektedir. En düşük EC değerlerinin okunduğu örnek (örnek no:6) maden şantiyesinde içme suyu olarak kullanılan, kireçtaşları ile kuvarsitlerin dokanağında, kuvarsitlerden boşalan düşük debili bir kaynağa aittir. En yüksek EC değerleri ise yaklaşık 60 yıldır demir cevheri üretilen Attepe maden ocağında biriken suyu drene eden galeriden çıkan suyu temsil etmektedir (örnek no: 9, Ekim 2014 dönemi). Ölçülen EC değerlerinin yaklaşık % 55’i 108 µS/cm - 275 µS/cm arasında dağılmıştır. Suların düşük EC

değerleri, Mentеш havzasında yeraltularının uzun süredir dolaşımında olmadığını, akiferleriyle temas süreleri kısa, genç sular olduğunu göstermektedir.

### Suların Ana Anyon ve Ana Katyonları

Menteş havzası sularının ana anyon ve katyon analizlerini tayin etmek için seçilen 15 su noktasından alınan örneklerin analiz sonuçları Çizelge 4’de TS 266 limit değerleriyle birlikte verilmiştir. Örnek noktaları 1, 2, 3 ve 4 kurduğu için Ekim 2014 döneminde örnek alınamamıştır. Temmuz ayında örneklenen 5 ve 12 nolu örnekler ise laboratuvara gönderilme sırasında

zayı olmuştur. 13, 14 ve 15 nolu su noktaları yalnızca Ekim ayında örneklenmiştir. Çizelge 4’den görüldüğü gibi TS266 limit değerleriyle karşılaştırıldığında suların majör iyon değerlerinin EC değerleriyle uyumlu olarak limit değerlerden oldukça düşük olduğu görülmektedir. Sularsa ana anyonun  $\text{HCO}_3^-$ , ana katyonun da  $\text{Ca}^{+2}$  olması, Mentеш havzasında ana akiferin dolomit-dolomitik kireçtaşları, rekristalize kireçtaşı ve dolomit bileşimli olması ile uyumludur, ancak iyon değerlerinin düşük olması hem suların pH değerlerinin yüksek/alkali olması hem de suların sığ dolaşımli genç sular olmasıyla açıklanabilir.

**Çizelge 4.** Sularının majör anyon ve katyon değerleri ve TS266\* limit değerleri (mg/l)

**Table 4.** Major anions and cations analysis results of water samples and TS266 \* limit values (mg / l)

Örnek no	Ca	Mg	Na	K	CO <sub>3</sub>	HCO <sub>3</sub>	Cl	SO <sub>4</sub>	NO <sub>2</sub>	NO <sub>3</sub>	PO <sub>4</sub>	F
Yağışlı												
1	44,65	6,78	6,77	3,31	0,00	177,67	1,46	4,63	0,13	5,16	≤0,01	0,08
2	37,30	5,37	5,19	2,26	0,00	136,21	1,16	10,26	≤0,01	1,39	≤0,01	0,14
3	37,30	5,87	1,53	0,54	11,65	136,21	1,37	4,79	≤0,01	6,21	≤0,01	0,05
4	61,64	21,14	5,72	1,78	11,65	148,06	9,90	14,21	≤0,01	42,32	≤0,01	0,11
5	-	-	-	-	0,00	130,29	1,01	2,76	≤0,01	4,34	≤0,01	0,03
6	5,63	0,80	1,40	1,46	0,00	29,61	0,63	2,44	≤0,01	2,18	≤0,01	0,03
7	21,98	2,90	1,97	0,78	0,00	47,38	0,97	3,52	≤0,01	2,77	≤0,01	0,05
8	62,49	16,47	2,89	0,15	0,00	266,50	1,97	4,87	≤0,01	12,25	≤0,01	0,17
9	74,38	28,40	2,90	1,78	0,00	165,47	1,67	190,93	≤0,01	11,46	≤0,01	0,06
10	55,77	29,94	4,54	1,08	29,13	189,51	2,64	48,12	≤0,01	0,02	≤0,01	0,06
11	68,27	24,97	16,68	2,44	0,00	266,50	2,17	65,93	≤0,01	≤0,01	≤0,01	0,29
12	-	-	-	-	0,00	82,91	1,26	2,54	≤0,01	15,71	≤0,01	0,07
Kurak												
5	37,74	7,16	1,10	0,42	0,00	133,62	1,25	2,11	≤0,01	4,48	≤0,01	0,04
6	14,28	2,37	1,66	0,91	0,00	52,29	0,83	2,94	≤0,01	2,65	≤0,01	0,03
7	41,44	6,92	5,28	2,18	0,00	145,24	1,25	10,04	0,02	1,76	≤0,01	0,01
8	66,89	18,36	3,08	0,24	0,00	261,43	2,08	4,25	0,02	13,97	≤0,01	0,11
9	88,32	33,56	3,36	1,14	0,00	174,29	1,91	186,08	0,02	12,30	≤0,01	0,23
12	40,26	6,80	1,79	1,00	0,00	145,24	1,90	1,80	0,02	4,15	≤0,01	0,06
13	25,96	1,88	2,28	0,29	0,00	81,33	1,08	1,52	≤0,01	6,12	≤0,01	0,05
14	41,85	8,58	1,91	0,51	0,00	156,86	1,34	2,13	≤0,01	5,28	≤0,01	0,02
15	41,50	5,82	7,97	0,57	0,00	145,24	1,36	7,17	0,03	7,43	≤0,01	0,02
TS266T	100	30	20	10	-	-	25	25	-	25	0,4	1,0
TS266M	200	50	200	12	-	-	600	250	0,5	50	5,0	1,5

\*: TS266 T tavsiye edilen, TS266M maksimum izin verilen sınır değerler (İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik; 17.02.2005)

### Suların İz Element İçerikleri

İz elementler suların bileşiminde % 0.01 den daha az miktarda bulunur ancak, suların içme ve kullanma potansiyeli üzerinde son derece etkilidir (Edmunds and Smedley, 1996). İz elementlerden Ag, As, Cd, Cr, Hg, Ni, Pb ve Se içme suyu standartlarında zehirli, Al, Fe, Mn, Cu ve Zn ise içilebilme özelliğine etki yapan maddeler başlıkları altında değerlendirilmektedir. Bu çalışmada yağışlı ve kurak dönemlerine ait örnekler 66 iz element açısından analiz edilmiştir. Bu elementlerden Ag, Au, Bi, Cd, Ce, Dy, Er, Eu, Ga, Hf, Hg, Ho, In, Lu, Nb, Pd, Pr, Ru, Sm, Ta, Tb, Th, Tl, Tm, Yb, ve Zr dedeksiyon limitleri altında kalmıştır; Be, Ce, Gd, Ge, La, Pt, Re, Rh, Sc, Se, Te, ve Y bir veya iki örnekte dedeksiyon limitinde okunmuştur. Arsenik (As), Co, Mo, Ni, Sn, Pb ve W değerleri örneklerin bazılarında dedeksiyon limitinin altında kalırken geri kalan örneklerde ise ihmal edilecek derecede düşük çıkmıştır. Çizelge 5 ve 6'da, örneklerin en az yarısında, dedeksiyon limitleri üstünde kalan elementlerin sonuçları verilmiştir. Yağışlı dönemi temsil eden örneklerin sonuçları incelendiğinde (Çizelge 5), 6 no'lu örnekte Fe ve Al ve 10 no'lu örnekte Mn hariç metal element değerleri ihmal edilecek kadar düşük olduğu görülecektir. Benzer şekilde ve 1, 3, 4 ve 11 no'lu örneklerde Ba değerleri dikkat çekecek kadar yüksektir. İncelenen sularda bir diğer dikkat çekici sonuç da U içerikleridir. Görüldüğü gibi incelenen örneklerin tümünde U değeri okunmuş olup, incelenen 9 nolu örnekte her iki dönemde de diğer örneklere göre yüksek U değeri okunmuştur; değerler kurak dönemde 8,28 µg/L, yağışlı dönemde ise 9,85 µg/L dir. 9 nolu örnekte okunan yüksek U değerleri Attepe maden ocağındaki hidrotermal süreçlerin etkisinin bir sonucu olarak yorumlanabilir, ancak diğer örneklerde okunan U değerleri karbonatlı akiferleri çevreleyen kumtaşlarının etkisini yansıtıyor olabilir. Öte yandan yağışlı dönemde alınan sularında Si analizi de yapılmış ve Çizelge

5'de görüldüğü gibi sonuçlar oldukça yüksektir. Suların silis değerlerinin yüksek olması suların pH değerleriyle son derece uyumludur. Bilindiği gibi silikatlar alkali ortamda çözünmekte olup, soğuk iklimlerde tatlı su göllerinde silis miktarı 2000-10000 µg/L ye kadar çıkabilir. (Şahinci, 1991). Örneklerde tayin edilen silis değerleri (2900 µg/L – 12442 µg/L arasında değişen), Menteş havzasındaki pH değerleri yüksek suların (>pH=7) kayaçlarda bulunan silikatları çözerek, suları silis açısından zenginleştirme potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir. Gerek TS266 gerekse de Dünya Sağlık Örgütü içme sularında Si için sınır değer belirlememiştir. Benzer şekilde metal element değerleri ile karşılaştırıldığında B, Br, Ga, Rb, Sr gibi bazı elementlerin değerlerinin de oldukça yüksek olduğu görülmektedir. Bu sonucu cevherleşmeden çok, bölgede tektonizma ile aşırı derecede örselenip porozitesi artmış kumtaşları ve kuvarsitlerin varlığı ve suların alkali karakteriyle açıklanabilir. Kurak dönemde 14 no'lu örnekte Al ve Fe değerleri; 5, 12, 14 ve 15 no'lu örneklerde Ba değerleri ve 15 no'lu örnekte Mn değeri hariç (Çizelge 6), tayin edilmiş olan değerler yağışlı dönemde olduğu gibi ihmal edilecek kadar düşüktür.

### Suların Demir ve Mangan İçeriklerinin Değerlendirilmesi

Yukarıda açıklandığı gibi çalışma alanında götit, limonit, hematit ve az miktarda siderit'in üretildiği birden çok sayıda demir yatağı vardır. Buna karşın Çizelge 5 ve 6'da görüleceği gibi suların Fe değeri 6 ve 14 ve 15 nolu örnekler hariç son derece düşüktür; 6 nolu örneğin Fe içeriği de kurak dönemde dedeksiyon limiti altında kalmıştır. 14 ve 15 nolu örnekler ise maalesef tek dönemi temsil etmektedir, ancak 1, 10, 11 ve 14 no'lu örnekler birbirine yakın galeri ve tünellerden boşalan suları temsil etmekte olup (Şekil 1), Çizelge 5'den görüleceği gibi 1, 10 ve 11 no'lu örneklerin Fe

değerleri dedeksiyon değerinin altındadır. 15 no'lu örnek ise şantiyede açılan kuyudan alınmıştır. 14 ve 15 no'lu örneklerdeki yüksek Fe değerleri (Çizelge 6) tamamen örnek lokasyonundaki özel mineralojik koşullardan (örneğin, limonit ve hematit zonundan süzülme gibi) kaynaklanıyor olmalıdır.

Analizlerde ortaya çıkan bir diğer ilginç sonuç mangan (Mn) değerleridir. Çizelge 5 ve 6'da görüleceği gibi Fe değerleri düşük olmasına karşın 10,14 ve 15 no'lu örneklerin Mn değerlerinin diğer örneklerle göre çok yüksek olmasıdır. 10 no'lu örnekte ölçülen 316,72 µg/L değeri TS266 Sınıf 2-2 içme ve kullanma suları için verilen sınır

değerin (50 µg/L) çok üstündedir. Tringa (2009), hem cevherlerin yan kayaçlarında hem de cevherli zonlarda mangan grubu minerallerden pirolozite ve psilomelan tanımlamıştır. Örnek muhtemelen mangan minerallerinin zenginleşmiş olduğu sınırlı /noktasal zonları temsil ediyor olabilir. Yukarıda açıklandığı gibi, ortamda pirit minerali olmasına karşın, suların pH değerlerinin yüksek olmasının, sülfat değerlerinin düşük olmasının ve birkaç örnek hariç Fe, Mn ve diğer metal ve iz element değerlerinin düşük olmasının nedeni, akiferin ana kayaç yapıcı mineralleri olan kalsit ve dolomit mineralinin ortamı nötralize etmesiyle açıklanabilir.

**Çizelge 5.** Yağışlı dönem su örneklerinin metal ve iz element analiz sonuçları (µg/L)

**Tablo 5.** The metal and trace element analysis results of wet season samples (µg/L)

Örnek	1	2	3	4	6	7	8	9	10	11	TS266*
Al	46	29	2	10	139	5	4	1	2	1	50-200
As	1,2	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	0,6	1,3	10
B	29	25	21	24	16	12	18	15	28	19	1000
Ba	202,5	22,1	205,1	193,9	21,9	56,6	47,9	41,4	64,9	229,6	100-300
Br	10	19	10	44	12	15	35	16	22	27	-
Co	<0.02	<0.02	<0.02	0,11	0,04	0,03	0,03	<0.02	<0.02	0,02	-
Cr	3,1	3,6	0,7	0,5	<0.5	0,6	3,6	<0.5	<0.5	<0.5	50
Cu	0,5	0,6	0,3	1,5	0,7	1,1	0,6	2,3	1	1,2	100
Fe	<10	<10	<10	<10	14	<10	<10	<10	<10	<10	50-300
Li	2,4	6,1	0,4	1,9	0,2	1,2	1,1	1,9	16,5	15,9	-
Mn	3,46	0,3	0,27	2,79	3,56	0,79	0,71	1,23	<b>317</b>	6,95	20-50
Ni	0,8	0,9	<0.2	<0.2	<0.2	1	1,4	0,3	<0.2	<0.2	20
Pb	1,1	1	<0.1	0,2	<0.1	0,5	<0.1	<0.1	<0.1	0,2	10
Rb	9,28	3,02	0,34	0,52	0,18	0,31	0,11	1,01	1,21	3,66	-
Sb	0,1	0,4	<0.05	0,21	0,06	<0.05	<0.05	1,97	0,48	0,2	10
Si	5836	10379	4281	5671	3578	3760	14653	2900	8509	12442	-
Sr	98,53	68,25	72,97	165	23,58	58,32	162,6	128,6	80,07	238,87	-
Ti	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	-
U	0,53	0,42	0,39	1,34	0,04	0,31	0,62	8,28	0,11	0,2	30**
V	1,3	1,3	<0.2	0,3	0,2	0,2	4,3	<0.2	<0.2	<0.2	-
Zn	2,2	4,1	0,8	1,6	0,7	3,7	1,1	1,2	1,4	1,1	100

\*: TS266 tavsiye edilen ve maksimum izin verilen değer aralıkları (İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik; 17.02.2005) ; \*\*: Dünya Sağlık Örgütü (2011) içme suları için Uranyum (U) sınır değeri.

**Çizelge 6.** Kurak dönem su örneklerinin metal ve iz element analiz sonuçları ( µg/L)**Table 6.** The metal and trace element analysis results of dry season samples (µg/L)

Örnek	5	6	7	8	9	12	13	14	15	TS266*
Al	45,4	57,1	53,8	43,1	38,6	41,3	40	280,3	193,9	50-200
As	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0,356	<0.001	10
Ba	153,4	29,9	27,69	43,07	38,05	191,6	97,81	179,7	168,8	100-300
Be	0,064	0,185	0,125	0,163	0,091	0,103	0,067	0,148	0,206	-
Cd	0,06	0,04	0,02	0,07	0,02	0,02	0,06	0,035	0,076	5
Co	0,01	0,02	0,02	0,07	0,08	0,03	0,01	0,134	0,023	-
Cr	<0.001	<0.001	1,94	2,12	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	50
Cs	0,004	0,011	0,005	<0.001	0,036	<0.001	<0.001	0,07	0,026	-
Fe	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	250,2	108,5	50-300
Ga	3,073	0,583	0,587	0,84	0,72	3,724	1,89	3,592	3,242	-
Ge	0,066	0,028	0,071	0,1	0,072	0,084	0,016	0,11	0,12	-
Mn	<0.001	<0.001	0,6	<0.001	0,39	<0.001	<0.001	18,98	22	20-50
Pb	2,16	2,22	2,22	2,12	2,11	2,14	2,39	2,571	2,411	10
Rb	0,569	0,968	3,262	0,356	1,322	0,501	0,365	1,21	1,663	-
Rh	0,037	0,04	0,032	0,036	0,022	0,026	0,021	0,032	0,025	-
Sb	<0.001	0,12	0,26	<0.001	1,52	<0.001	0,03	0,01	0,018	10
Sr	32,95	29,76	54,98	135,7	114,2	40,88	41,33	66,5	96,99	-
Ta	1,973	1,37	1,352	2,21	1,645	0,946	1,889	6,314	6,29	-
Ti	<0.001	<0.001	0,36	0,19	<0.001	<0.001	<0.001	4,606	2,051	-
U	0,52	1,09	0,48	0,7	9,85	0,45	0,33	0,402	0,374	30**
V	0,89	0,68	1,69	3,89	<0.001	<0.001	<0.001	0,222	0,088	-
Y	0,009	0,03	0,005	0,055	0,009	0,008	0,013	0,23	0,116	-
Zn	<0.001	0,22	<0.001	<0.001	<0.001	0,71	<0.001	<0.001	<0.001	100
Zr	0,013	0,031	0,043	0,017	0,042	0,009	0,01	0,005	0,538	-

\*: TS266 tavsiye edilen ve maksimum izin verilen değer aralıkları (İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik; 17.02.2005) ; \*\*: Dünya Sağlık Örgütü (2011) içme suları için Uranyum (U) sınır değeri.

## SULARIN İÇME VE KULLANILABİLME POTANSİYELİ

Türk İçme Suyu Standartı (TS 266, İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik, 17/02/2005), insani tüketim amaçlı suları aşağıdaki gibi sınıflamıştır:

- Sınıf 1: Kaynak (memba) suları

- Sınıf 2: Kaynak suları dışındaki insani tüketim amaçlı sular;

-Sınıf 2-Tip 1 (İşlem görmüş kaynak (memba) sular) ve

-Sınıf 2-Tip 2 (içme ve kullanma suları) olarak iki sınıfa ayırmıştır.

TS 266'da su sınıfları için belirlenen limit değerler Çizelge 1, 4, 5 ve 6 'da verilmiştir. Örneklerde ölçülen değerler limit değerlerle karşılaştırıldığında, suların fiziksel parametreler ve ana anyon-katyon değerleri açısından sınıf 1, kaynak suyu özelliğinde olduğu görülmektedir. Özellikle suların sağlık açısından içilebilirliğini belirleyen en önemli parametre olan nitrit (NO<sub>2</sub>) ve F değerlerinin çok düşük olması son derece önemlidir. Metal ve iz element içerikleri bakımından ise 10 no'lu örnekte Mn (317 µg/L) ve 14 nolu örnekte Al (280 µg/L) değerleri hariç, analiz edilen tüm elementler için ölçülen değerler TS 266 da içme suları için verilen limit değerler uyumlu çıkmıştır. Hatta birkaç örnekte ölçülen Al, Ba, Fe ve Mn değerleri hariç diğer değerlerin tümü ihmal edilecek kadar düşük çıkmıştır.

Ayrıca suların içilebilir olup/olmadığını değerlendirmek için yaygın olarak kullanılan H. Schoeller diyagramında sular değerlendirilmiş ve sonuçlar Şekil 3' de verilmiştir. Görüldüğü gibi her iki dönem örnekleri ilgili parametreler açısından baskın olarak "çok iyi kaliteli sular" sınıfına girmiştir.

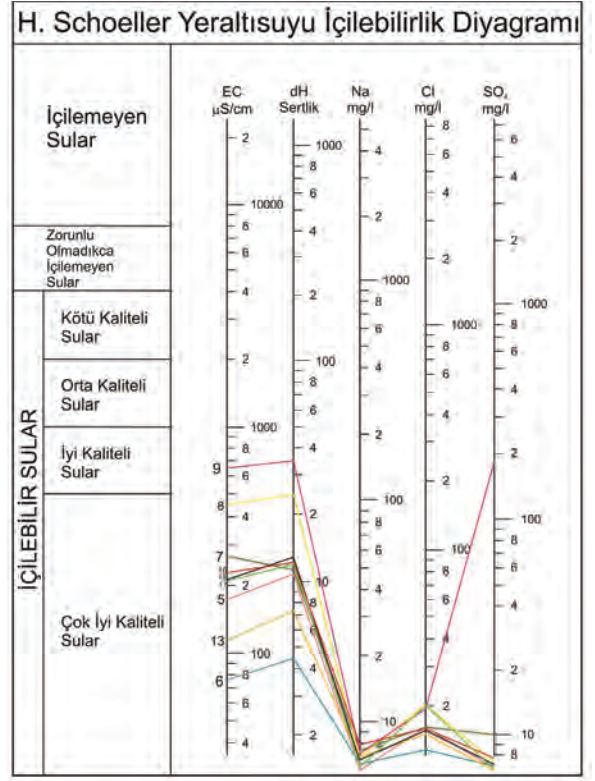
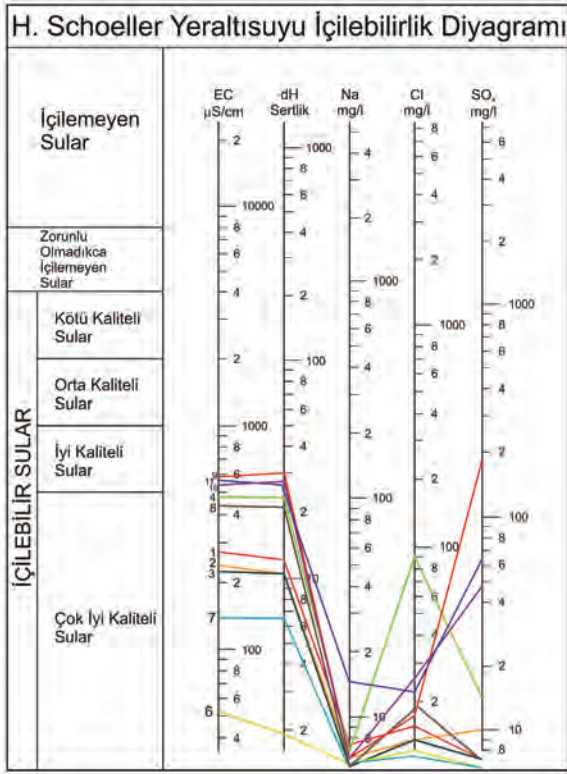
Sular kullanma ve sulama suyu açısından da araştırılmış ve bu amaçla sıkça kullanılan, SAR ve Wilcox diyagramlarında değerlendirilmiştir. Beklenildiği gibi yukarıda verilen sonuçlara uygun olarak örneklerin tümü çok iyi-iyi kullanılabilir sular alanında yer almıştır (Şekil 4a ve 4b).

### **Suların Piper Diyagramı ve litoloji ile ilişkisi**

Suların ana katyon ve ana anyon değerleri kullanılarak hazırlan Piper diyagramda (Piper,

1944), örneklerin tümü Karbonat sertliği %50'den fazla olan Ca oranı yüksek Ca-Mg-Na+K-HCO<sub>3</sub> tipi sular sınıfında yer aldığı ortaya çıkan sular, sınıfında yer almıştır (Şekil 5). Bu dağılım, kireçtaşı-dolomit gibi karbonatlı akiferlerden gelen suları temsil etmektedir ve sahadaki akiferlerin litolojik özellikleri ile bire bir örtüşmektedir. Bu sonuç Şekil 6'de verilen yarı- logaritmik Schoeller diyagramında örneklerin dağılımı ile de bire bir uyumludur. Piper diyagramında olduğu gibi her iki dönemde alınan suların baskın katyonunun Ca, baskın anyonun da HCO<sub>3</sub> olduğu görülmektedir. Katyonların kendi içinde (rCa>rMg>rNa+rK), anyonların da kendi içindeki iyon dizilimi (rHCO<sub>3</sub>+>r SO<sub>4</sub>r>Cl), Piper diyagramında olduğu gibi, suların Ca içeriği çok yüksek Mg ve Na+K lu sular olduğunu ortaya koymuştur.

Benzer trend gösterdiği için sadece yağışlı dönem örneklerinin verildiği Şekil 6'da ortaya çıkan dağılım incelendiğinde; Mentş havzası ve çevresinde Emirgazi ve Armutludere şistleri ile sınırlanan kireçtaşı ve dolomitlerin, yeraltı suyunun ana rezervuar kayacı olduğunu doğrulamaktadır. Ancak Na+K değerleri, kireçtaşı ve dolomitlerin yanı sıra sahada yaygın olarak bulunan volkanik arakatlı şistlerin (Emirgazi ve Armutludere formasyonları) ve Miyosen yaşlı birimlerin suların kimyasal bileşimi üzerinde zayıf da olsa etkili olduğunu ortaya koymaktadır. Bu durumda Emirgazi ve Armutludere formasyonlarındaki şistlerin, bünyelerindeki kırık ve çatlaklar boyunca suları taşıyıp-biriktirip-ileterek zayıf da olsa akifer özelliği taşıyabileceğini göstermektedir.

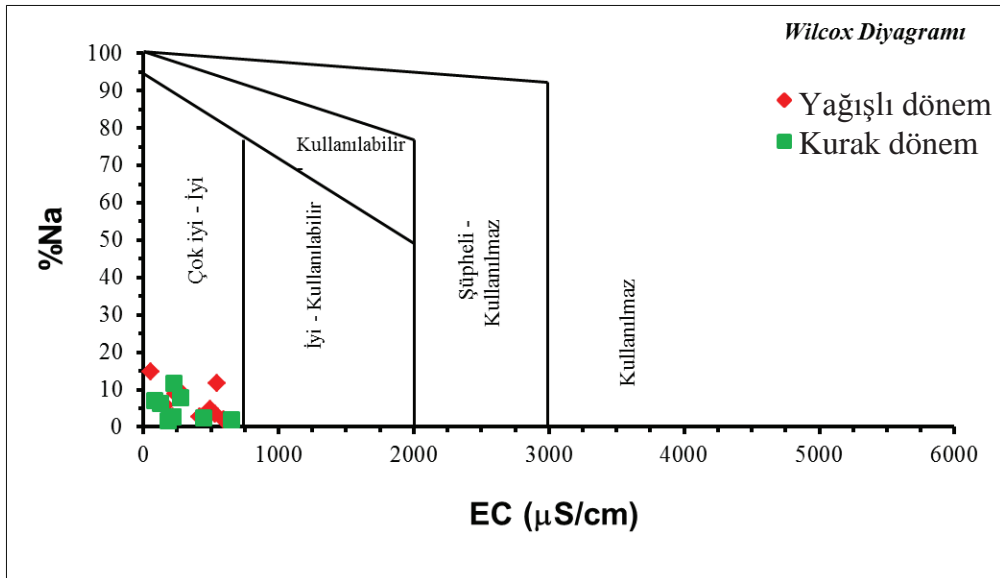


(a)

(b)

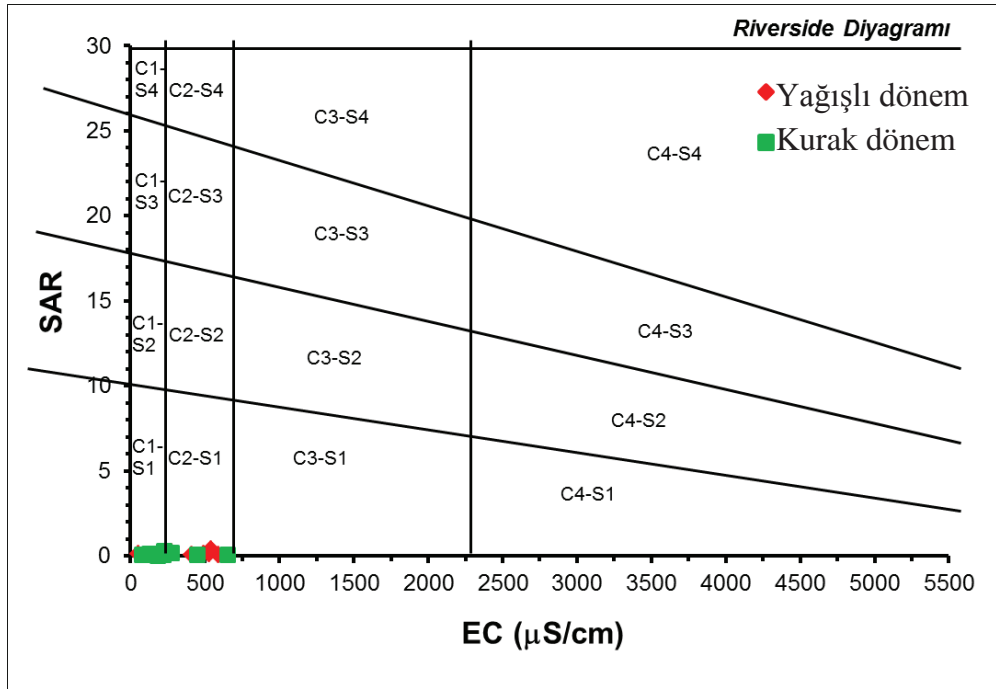
Şekil 3. Kurak dönem (a) ve Yağışlı dönem (b) örneklerin Schoeller diyagramındaki dağılımı

Figure 3. Schoeller plots of dry season (a) and wet season (b) water samples



a

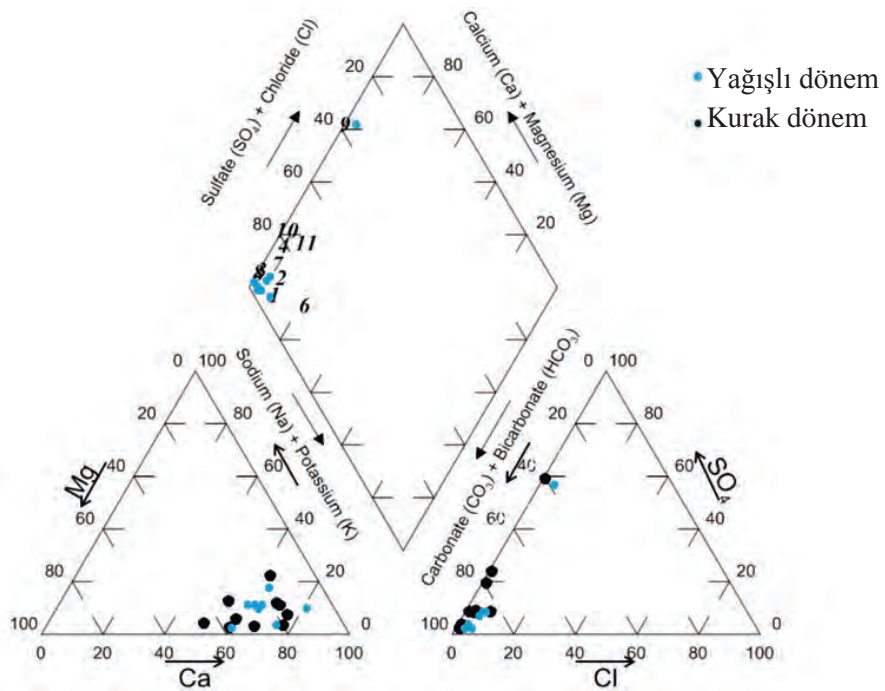




b

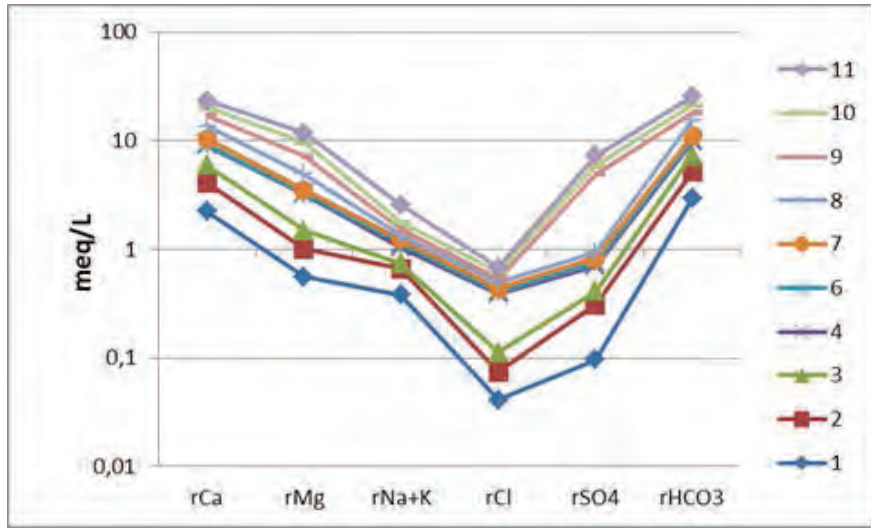
Şekil 4. Suların (a) Wilcox ve (b) SAR diyagramlarında konumu

Figure 4. Water samples distribution on (a) Wilcox and (b) the SAR diagram



Şekil 5. Su örneklerinin Piper Diyagramı'nda gösterimi. (a) yağışlı ve (b) kurak dönem ölçümleri

Figure 5. Plot of water samples in Piper Diagram (a) wet and (b) dry season measurements



**Şekil 6.** Yağışlı dönemi örneklerin yarı-Logaritmik Schoeller diyagramı

**Figure 6.** Plot of water samples in semi-logarithmic Schoeller diagram for wet season measurements

### Suların İzotop Analizleri

Suyun moleküllerini oluşturan oksijen ve hidrojenin izotopları, su ile birlikte hareket ettikleri için ideal birer izleyicidir (Mazor, 1991). İzotop analizleri ile Menteş havzasında yeraltı suyu dolaşım süresi ve yaklaşık 60 yıl üretim yapıldıktan sonra terk edilen Attepe maden sahasında oluşan baraj gölü sularıyla, Karaçat demir sahasında yeraltı işletmesi yapmak amacıyla açılan Yertaş galerisinde biriken yeraltısularının ilişkisi araştırılmıştır. Yertaş galerisinde üretim sırasında boşalan ve kontrol edilemeyen bu suyun, Attepe baraj gölünde biriken su ile bağlantılı olup olmadığını araştırmak amacıyla Attepe ocağından boşalan su (örnek no:9) ve Yertaş galerisinde boşalan yeraltı suyundan örnekler (örnek no:1) alınmıştır. Örneklerde Oksijen-18, Döteryum ve Tritiyum analizleri yapılmış ve sonuçlar Çizelge 7’de verilmiştir.

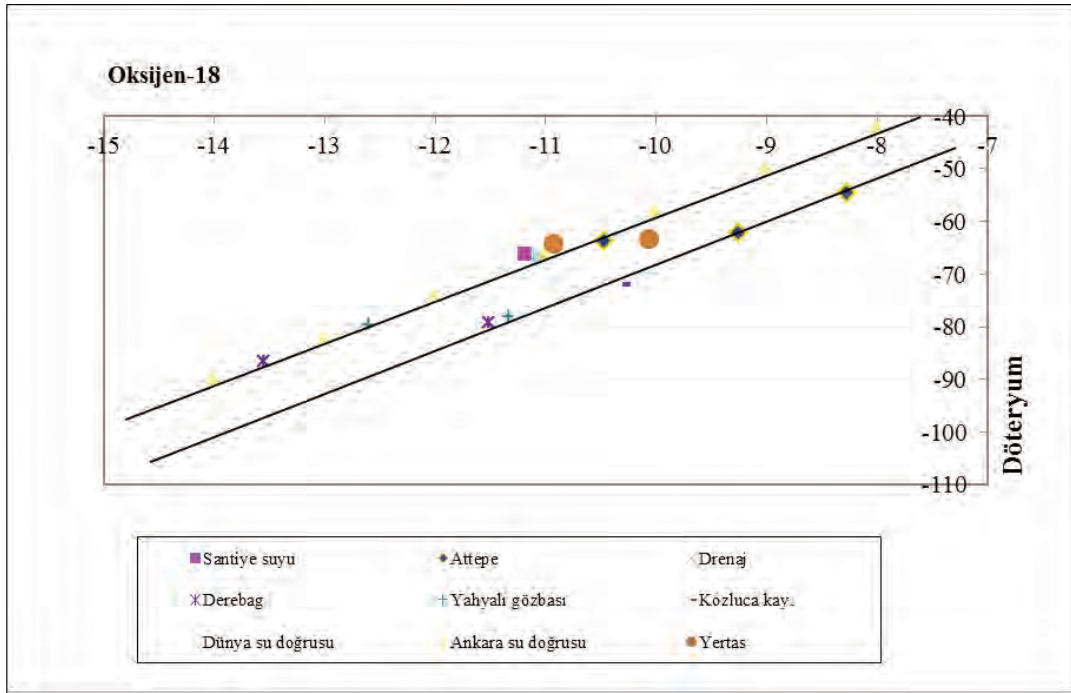
Çizelge 7’de görüldüğü gibi 1 ve 9 no’lu örneklerin Ekim dönemindeki Oksijen-18 ve Döteryum değerlerinde Nisan dönemine göre artış meydana gelmiştir. Yertaş galerisinde (1 no’lu

örnek) bu fark, ” yeraltısuyunun yağışlı dönemde beslenimi ile açıklanabilir. Bu sonuçlardan, buharlaşmanın etkisiyle Oksijen-18 ve Döteryum miktarları yüksek olan Attepe ocağında biriken suyun, Yertaş galerisinde yükselen yeraltısuyu ile bağlantısı olmadığı, döteryum fazlası verileri ve jeolojik profillere bağlı olarak söylenebilir. Attepe ocağında oluşan barajın sağ sahilinde yer alan kireçtaşlarının kuzeyde inceleme alanı içindeki kireçtaşları ile bağlantısının faylanmalarla, şistler tarafında kesildiği belirlenmiştir (Şekil 1). Örnek noktaları ile yakın civarında daha önce yapılan çalışmalardan alınan  $\delta^{18}\text{O}$  (‰-10,93 - ‰-8,27), ve  $\delta^2\text{H}$  değerleri (‰-64,18 -‰-54,58) kullanılarak  $\delta^{18}\text{O}$  -  $\delta^2\text{H}$  grafiği çizilmiştir (Şekil 7). Derebağ şelalesi, Yahyalı -Gözbaşı Yıldız (2007) ve Kozluca kaynağı verileri Pelen vd. (2008)’den alınmıştır. Sular meteorik su doğruları üzerinde ve bunların arasında dağılmaktadır. Bu sonuçlar çalışma alanı ve yakın civarındaki yeraltısularının meteorik kökenli olduğunu göstermektedir. Su noktalarının trityum değerleri ile yeraltısuyunun akiferden geçiş süresinin kısa, 5-10 yıllık sular olduğundan söz edilebilir.

**Çizelge 7.** Su noktalarının kurak ve yağışlı dönem Oksijen-18 (‰), Döteryum (‰), Tritiyum ve Döteryum fazlası d(-‰) verileri

**Table 7.** Oxygen-18, deuterium (‰), tritium (T) and deuterium excess contents of water samples in dry and wet season.

Ornek No	Tarih	O <sub>18</sub> (‰)	D(‰)	T(TU)	d(-‰)
1	01.04.2014	-10,93±0,1	-64,18±0,25	5,68±0,49	23,26
	09.10.2014	-10,07±0,11	-63,23±0,85	< 5	17,33
9	01.04.2014	-9,25±0,15	-62,1±0,37	6,75±0,50	11,9
	09.10.2014	-8,27±0,003	-54,58±0,99	> 6	11,58



**Şekil 7.** Suların Oksijen-18, Döteryum diyagramındaki dağılımı

**Figure 7.** Plot of water samples in Deuterium and Oxygen-18 diagram

## SONUÇLAR

Menteş havzası ve çevresinde Emirgazi ve Armutludere şistleri ile sınırlanan kireçtaşı ve dolomitler, yeraltısularının ana rezervuar kayacıdır. 43 km<sup>2</sup> lik bir alana sahip havzanın bütçe hesaplarının önemli bileşenlerinden yağış girdisi; Yahyalı, Develi, Musahacılı,

İncesu yağış istasyonunun yağış verilerinden yararlanılarak hesaplanmıştır. Bu çevre istasyonlarının kotları ile ortalama yıllık yağış miktarları arasındaki ilişki belirlendikten sonra, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS-GIS) tabanlı ArcMap 9 (ESRI 2012) programı kullanılarak havzaya düşen yağış miktarı, 25,5 milyon m<sup>3</sup>/

yıl olarak hesaplanmıştır. Toplam yağışın yaklaşık 18.1 milyon m<sup>3</sup>/yıl' ının buharlaştığı, 3,1 milyon m<sup>3</sup>/yıl suyun yüzeysel akışa geçtiği ve 4,34 milyon m<sup>3</sup>/yıl' suyun da yeraltına sızdığı hesaplanmıştır. Yeraltısuyu beslenimi ağırlıklı olarak güney, güney doğu yönünden Elmadağ civarında yüzeyleyen rekristalize kireçtaşları ve dolomitlerden olmaktadır. Karaçat açık ocağında hiç su birikmemesi de suların noktasal beslenimle doğrudan akifere taşındığını göstermektedir.

Çalışma kapsamında elde edilen  $\delta^{18}\text{O}$  (-10,93 ‰ - -8, 27 ‰) ve  $\delta^2\text{H}$  -64,18 ‰ - -54,58 ‰) değerleri, Ankara meteorik doğrusu ( $\delta^2\text{H} = 8.\delta^{18}\text{O} + 14,5$ ) ve Dünya meteorik su doğrusu ( $\delta^2\text{H} = 8.\delta^{18}\text{O} + 10$ ) ile karşılaştırılmış ve tüm sular Ankara meteorik doğrusu ile Dünya meteorik su doğrusu arasında kalmıştır. Sonuç olarak inceleme alanındaki suların meteorik kökenli olduğu söylenebilir.

Sular, karbonat sertliği %50' den fazla olan Ca oranı yüksek Ca-Mg-Na+K-HCO<sub>3</sub> tipi sular sınıfında yer aldığı ortaya çıkan sular,  $r_{\text{Ca}} > r_{\text{Mg}} > r_{\text{Na}} > r_{\text{K}}$  ve  $r_{\text{HCO}_3} > r_{\text{SO}_4} > r_{\text{Cl}}$  şeklinde bir katyon-anyon trendi sergilemiş olup, bu dağılım, kireçtaşı-dolomit gibi karbonatlı akiferlerden gelen suları temsil etmektedir ve sahadaki akiferlerin litolojik özellikleri ile örtüşmüştür.

pH aralığı 7,26 - 8,7 arasında değişen suların EC değerleri 47,3  $\mu\text{S}/\text{cm}$  - 642  $\mu\text{S}/\text{cm}$  olarak belirlenmiştir. EC değerleriyle uyumlu olarak toplam iyon miktarları düşük olan suların iz ve metal element değerleri birkaç örnekte Fe, Mn, Ba değerleri hariç ihmal edilebilir düzeyde tespit edilmiş olup, TS 266 da verilen içme suyu limit değerleriyle uyumludur; dolayısıyla suların tümü sulama suyu için de uygundur.

Metal element değerleri ile karşılaştırıldığında Si, B, Br, Ga, Rb, Sr gibi bazı elementlerin değerlerinin oldukça yüksek olması

cevherleşmeden çok, bölgede tektonizma ile aşırı derecede örselenip porozitesi artmış kumtaşları ve kuvarsitlerin varlığı ve suların alkali karakteriyle açıklanabilir. Menteş havzasındaki demir yataklarında eser miktarda pirit mineralinin cevher minerallerine eşlik etmesine karşın, su kimyası verileri, havzada asit maden drenajı oluşmadığını göstermektedir.

## KATKI BELİRTME

Bu makale de idari ve mali desteklerinden dolayı İ.T.Ü. Maden Fakültesi Vakfı İktisadi İşletmeleri Maden Fakültesi yönetimine, arazi çalışmaları sırasında vermiş olduğu destekten dolayı Özkoyuncu Madencilik Şirketi yönetimine, genel müdür yardımcısı Şefik Akkoyunlu, Jeolojik araştırmalar müdürü, jeoloji Yük.Müh. Hakan Tayyar'a ve diğer çalışanlara teşekkürlerimizi sunarız.

## EXTENDED SUMMARY

*In this study hydrogeological and hydrogeochemical properties of the Menteş watershed, located in the Seyhan main basin area at the Kayseri-Yahyalı, were studied and groundwater quality and environmental impacts were determined.*

*The study area covers an area of 43 km<sup>2</sup> with an annual average precipitation of 460 mm/year. Precipitation data, which are the main component of a water budget, were obtained from the local stations of the region, such as Yahyalı, Musahacılı, Develi, İncesu meteorological stations. The amount of precipitation for basin, 25,5\*10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>/year, was calculated by using GIS and Arc-Map applications based on the relationship between precipitation and altitude. In the study area and its vicinity, there are Zamantı stream gauging stations administered by DSI (State Hydraulic Works). Using flow data of DSI for the*

Zamanti River, regional evapotranspiration (ET), surface runoff and base flow were calculated. Potential and real ET were calculated by the Penman methods and it is shown that 71 % of the total annual precipitation turns back to the atmosphere through ET and the rest 29 % flows either as surface water runoff or percolates to form groundwater.

Hydrochemical and isotopic analysis supports the hydrological and hydrogeological data. In order to represent aquifer characteristics of samples obtained from 15 locations, springs and a well within the research area have been examined. The groundwater has pH values ranging from 7,26 to 8,3, EC values ranging from 47,3  $\mu\text{S}/\text{cm}$  and 642  $\mu\text{S}/\text{cm}$  and temperature changes between 7 – 19 °C. Piper and Schoeller semilogarithmic diagrams were both used in order to specify the dominant lithology in the formation of chemical composition, and to classify water samples with respect to their chemical composition. Results indicate that they generally show  $r\text{Ca} > r\text{Mg} > r\text{Na} > r\text{K}$  and  $r\text{HCO}_3 > r\text{SO}_4 > r\text{Cl}$  character. Therefore carbonate rocks are dominant in the formation of chemical composition. The chemical composition of water samples is consistent with the lithological properties of the researched area.

The study area comprises Precambrian metaclastics, Lower Cambrian quartzite, Middle Cambrian recrystallized limestone, Ordovician metaclastics, Miocene conglomerate and recent alluvium. Recrystallized limestones are main aquifer within the studied area. Groundwater mainly recharge from the recrystallized limestone and dolomites in the south east of watershed around Elmadağ. Lack of water storage in the open pit mine field suggest that recharge directly infiltrate into the aquifer via sinkholes after heavy rains in Karaçat open mine field.

The  $\delta^{18}\text{O}$  (-10,93 ‰ - -8, 27 ‰) and  $\delta^2\text{H}$  (-64,18 ‰ - -54,58 ‰) values show that all water samples are located in between or on the Ankara meteoric line ( $\delta^2\text{H} = 8.\delta^{18}\text{O} + 14,5$ ) and Global meteoric line ( $\delta^2\text{H} = 8.\delta^{18}\text{O} + 10$ ) indicating that all water are of meteoric origin.

The major anion and cation values of the water samples are below the drinking water limit values (TS 266 and WHO). Trace elements including 66 parameters were analyzed by ICP-MS and more than 30 elements including Hg, Cd, Th and Ag stayed in below detection limits. As, B, Co, Cr, Cu, Mo, Ni, Pb, Sb, Ti, U, V, W, Zn, Se and the other elements' values are low and can be ignored. In Mentesh watershed, although ore zones include slightly pyrite mineral, sulfate and pH values and Fe and Mn other metals and trace element values are low except for a few examples. This is due to the fact that calcite and dolomite mineral neutralizes the environment. The obtained results show that groundwaters located in Yahyalı iron mine fields and its close vicinity have drinking water quality.

## DEĞİNİLEN BELGELER

- Apeleton, J.D., Fuga R., McCall, G.J.H., 1996. Geochemistry, Groundwater and Pollution. A.A. Balkema Publishers, Holland.
- Arda, N., Tiringa, D., Ateşçi, B., Akça, A. ve Tufan, E. 2008. Yahyalı (Kayseri)-Mansurlu (Feke-Adana) yöresi demir sahaları maden jeolojisi ara raporu. MTARap. No: 11093, 75 s., Ankara (yayınlanmamış).
- Arıkan, Y. 1968. Mansurlu (Feke-Yahyalı) demir zuhurları. MTA Derleme No:3992.
- Banks, D., Reimann, C., Skarphagen, H.1998. The comparative hydrochemistry of two granitic island aquifers: The Isles of Scilly, UK and the Hvaler Islands, Norway, Sci.Total Environ. 209, 169-183.
- Bedii, Y. ve Usta, D. 2006. Tufanbeyli-Feke-Kozan dolayının Paleozoyik stratigrafisi (Doğu

- Toroslar), Stratigrafi Komitesi 6. Çalıştayı, Bildiri Özleri, 22-23.
- Blodau C., 2006. A review of acidity generation and consumption in acidic coal mine lakes and their watershed. *Science of the Total Environment*, 369, 307-332.
- Blumenthall, M. M. 1941. Niğde ve Adana vilayetleri dahilindeki Torosların jeolojisine umumi bir bakış. MTA Derleme No: 6.
- Çağatay, N ve Erler, A, 1993. Jeokimya Temel Kavramlar ve İlkeler, TMMOB JMO yayınları No:32, ikinci basım
- Dağhoğlu, C., Bahçeci, A. ve Akça, İ. 1998. Attepe, Koruyeri (Mağarabeli), Hanyeri batısı (TDÇİ) jeoloji raporu. MTA Maden Etüt Arşiv No: 2823.
- Dağhoğlu, C. ve Arda, N. 2000. Koruyeri (Mağarabeli) ile Kovalı ve Mustafabeyli(TDÇİ Gen. Müd. lüğüne ait) demir sahalarının jeoloji raporu. MTA Maden Etüt Arşiv No: 2891.
- Dayan, S., Ünlü, T. ve Sayılı, İ.S. 2008. Adana-Mansurlu Attepe demir yatağının maden jeolojisi. *Jeoloji Mühendisliği Dergisi* 32, 2008.
- Demirtaşlı, E. 1967. Pınarbaşı-Sarız-Mağara civarının jeoloji raporu. MTA Enst.Raporu, Rap. No: 1935, 129 s., Ankara (yayınlanmamış).
- Doulati AF, Jodeiri SB, Bagheri M, Soleimani E., 2010. Investigation of pyrite oxidation and acid mine drainage characterization associated with Razi active coal mine and coal washingwaste dumps in the Azad shahr-Ramian region, northeast Iran. *Environ Earth Sci* 61,1547-1560.
- Downing B.W. ve Mills C., 2000. Natural Acid Rock Drainage. <http://technology.infomine.com/enviromine/ard/introduction/natural.htm>
- Edmunds, P. L. and Smedley, P.L., 1996. Groundwater geochemistry and health: an overview. In: *Environmental Geochemistry and Health, with special reference to developing countries.* Appleton, J.D., Fuge, R., McCall, G.J.H.(Eds), Geological Society special Publication No:113, pp, 91-105.
- Eken, E., 2012. Mağarabeli (Mansurlu – Feke havzası, adana) demir yatağının maden jeolojisi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, 139 s. Ankara(yayınlanmamış).
- Queenuddin SM, Tripathy S, Sahoo PK, Panigrahi Mki., 2010. Hydrogeochemical characteristics of acid mine drainage and water pollution at Makum coalfield, India. *J. Geochem. Explor* 105, 75–82.
- Ficklin WH and Mosier EL (1999) Field methods for sampling and analysis of environmental samples for unstable and selected stable constituents, in Plumlee, G.S., and Logsdon, M.J., eds., *The environmental geochemistry of mineral deposits, Part A: Processes, techniques, and health issues, Reviews in Economic Geology*, Littleton, Colorado, Society of Economic Geologists, Inc., 6A, 249–264.
- Freeze, R.A., Cherry, J.A., 1979. *Groundwater*, Prentice-Hall Inc., New Jersey.
- Gürkan, A. 1966. Mansurlu-Feke demir zuhurları ön raporu. MTA Maden Etüt Arşiv No:861.
- Henden, İ. 1974. Karaköy-Mansurlu demir zuhurları genel prospeksiyonu. MTA Derleme No:6394.
- Henden, İ. ve Önder, E. 1980. Attepe demir madeninin jeolojisi. *TJK Bülteni*, 23(1), 153-163.
- Jacobs JA, Lehr JH, Testa SMi., 2014. Acid mine drainage, rock drainage, and acid sulfate soils: causes, assessment, prediction, prevention, and remediation. Wiley, New York
- Karadeniz M., 2008. Asit Maden Drenajı ve Çözümü. TMMOB Maden Mühendisleri Odası Yayını, Oda Yayın No:146, 231 s.
- Karadeniz M., 2011. Balıkesir-Balya-Kurşun-Çinko Madeni Flotasyon Artıklarının Asit Maden Drenajı Oluşum Potansiyelinin Derinlikle Değişiminin Araştırılması. Doktora Tezi. Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Kim J-Y, Chon H-T., 2001. Pollution of a water course impacted by acid mine drainage in the Imgok creek of the Gangreung coal field, Korea. *Appl. Geochem* 16:1387–1396.
- Küpeli, Ş., 1991. Attepe (Mansurlu-Feke) Yöresi Demir Yataklarının Jeolojik, Petrografik ve Genetik İncelemesi. Selçuk Üniv. Fen Bil. Enst., Doktora Tezi, 227 s., Konya (yayınlanmamış).
- Küpeli, Ş., 1998. Attepe (Mansurlu-Feke-Adana) yöresi demir yataklarının jeolojisi ve kökeni. *C. Ü. Müh. Fak. Derg.*, Seri A-Yer Bilimleri, 15 (1), 101-118.
- Lee J.Y. ve Chon J.Y., 2006. Hydrogeochemical Characteristics of Acid Mine Drainage in the

- Vicinity of an Abandoned Mine, Daduk Creek, Korea. *Journal of Geochemical Exploration*. 88, 37-40.
- Lucius, M., 1927. Antitoros silsilesinde, Zamantı Suyu ile Göksu arasında Faraşa demir madeni zuhurunda yapılan jeolojik taharriyat hakkında rapor. MTA Derleme No: 421, 84s.
- Mazor, E., 1991. Applied chemical and isotopic groundwater hydrology, OpenUniversity Pres, Celtic Court 22, Ballmoor Buckingham.
- Mitchell P., 2000. Prediction, Prevention, Control and Treatment of Acid Rock Drainage.In: Warhurst, A.ve Noronha, L. Eds. Environmental policy in mining – Corporate strategy and planning for closure. Lewis Publishers, Boca Raton, Florida. 513 p.
- Örgün, Y., 2007. İstanbul yeraltısularının hidrojeokimyası. İstanbul'un Jeolojisi Sempozyumu Bildiriler Kitabı, 07-09 Aralık 2007, İstanbul. TMMOB JMO İstanbul Şb. Yayını, ISBN:978-9944-89-887-4
- Özgül, N. ve Kozlu, H. 2002. Kozan-Feke (Doğu Toroslar) yöresinin stratigrafisi ve yapısal konumu ile ilgili bulgular. TPJD Bülteni, 14(1), 1-36.
- Özyurt, N. ve Bayarı, S., 1999. Aladağ (Yahyalı-Kayseri) akiferinde fiziksel, kimyasal ve izotopik parametreler ile kloroflorokarbon yaşları arasındaki ilişkiler, Türkiye Jeoloji Bülteni, Türkiye 42(1), 97-103,
- Pelen N., Akdeniz U., Süral, A. U.,Başaran N., Türkileri S., 2008, Zamantı Regülatörü ve Derivasyon (Gıcık) Tüneli Yeraltısuyu Durumu ve İzotop Hidrolojisi, 3.Ulusal Hidrolojide İzotop Teknikleri Sempozyumu, İstanbul
- Piper, A. M., 1944, A graphic procedure in the geochemical interpretation of water analyses. *Trans. Amer. Geophys. Union*, 25., 914-923.
- Shim MJ, Choi BY, Lee G, Hwang YH, Yang J-S, O'Loughlin EJ, Kwon MJ (2015) Water quality hanges in acid mine drainage streams in Gangneung, Korea, 10 years after treatment with limestone. *Journal of Geochemical Exploration* 159: 234-242.
- Şahin, M. ve Bakırdağ, L. 1985. Kayseri-Adana-Yahyalı, Delialıuşağı, Karakızoluğu gediği, Mağarabeli (güney bölüm) Hanyeri demir madeni jeoloji ve rezerv raporu. MTA Derleme No: 7635.
- Şahinci, A., 1991, Doğal Suların Jeokimyası, Reform Matbaası, 151-246, İzmir.
- Tabaksblat, L.S., 2002. Specific features in the formation of the mine water microelement composition during ore mining. *Water Resource* 29, 333–345.
- Tekeli, O. 1980. Toroslarda Aladağların yapısal evrimi. TJK Bülteni, Cilt: 23; s. 11-14.
- Tiringa, D. 2009. Kayseri-Yahyalı-Karaköy, Karaçat demir yatağının maden jeolojisi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, 139 s., Ankara(yayınlanmamış).
- Tiringa, D., Ünlü, T. ve Sayılı, İ. S. 2009. Kayseri-Yahyalı-Karaköy, Karaçat demir yatağının maden jeolojisi. *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, 33 (1), 1-43.
- Tiringa, D., Çelik, Y., Ateşçi, B., Akça, İ. ve Keskin, S., 2011. Kayseri-Adana havzası demir aramaları ve Menteşdere (Yahyalı-Kayseri) ruhsat sahasının maden jeolojisi raporu. MTA Derleme No: 11435, 153 s.
- Şahinci, A., 1991, Doğal Suların Jeokimyası, Reform Matbaası, 151-246, İzmir.
- Ünlü, T. 2003. Attepe Demir Yatağı'nda Jeotermometrik Ölçüm Çalışmaları Makalesi Üzerine Eleştiri. *MTA Dergisi*, 126, 87-88.
- Yıldız, F. E. 2007, Kayseri – Sullansazlığı sulak alanı'nda yeraltı ve yerüstü suları ilişkisinin belirlenmesi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora tezi, Ankara
- US Environmental Protection Agency 2002. National recommended water quality criteria-2002. EPA/822-R-02- 047. Washington, DC: U.S. Environment Protection Agency..

---

Makale Geliş Tarihi : 27 Mayıs 2016

Kabul Tarihi : 2 Ağustos 2016

*Received* : 27 May 2016

*Accepted* : 2 August 2016







## **Ildır Körfezi güneyindeki bölgenin Neojen stratigrafisi** **Çeşme Yarımadası, Batı Anadolu**

*Neogene stratigraphy of the region in the south of Ildır Bay, Çeşme Peninsula,  
Western Anatolia*

**Fikret GÖKTAŞ**

*119/8 Sok., 6/5, K.3, D.9, Evka-3, Bornova, İZMİR*  
*(e-posta: fikretgoktas50@gmail.com)*

### **ÖZ**

Çeşme Yarımadası'nın kuzeydoğu kıyı kesimindeki karasal Neojen tortullaşmasının başlangıcı, alt dokanağı yüzeylemeyen Şifne formasyonu ile temsil edilir. Stratigrafik konumuyla Erken Miyosen yaşlı olduğu düşünülen istifin gözlenebilen en üst bölümü, tatlı su algli gölsel kireçtaşlarından oluşur. Armağandağı volkanizmasının erken ürünleri olan felsik ignimbiritlerin kireçtaşı platformu üzerine yerleşimiyle Şifne formasyonu tortullaşması sona erer.

Çeşme Yarımadası'nda geç Erken Miyosen-erken Orta Miyosen kalkalkalen volkanizmayı yansıtan Armağandağı grubu volkanitlerinin çalışma alanındaki uzantıları ağırlıklı olarak volkanoklastik fasiyeslerdedir. Volkanoklastik topluluk, altta felsik ignimbiritlerin simgelediği Alaçatı tufü ve üstte ignimbirit, bloklu kül akması ve lahar fasiyeslerindeki andezitik volkanizma türevlerinden oluşan Reisdere volkanoklastiklerinden oluşur. Alaçatı tufü, Şifne formasyonu ile Reisdere volkanoklastikleri arasında konumlanmıştır. Zeytineli formasyonu, Armağandağı grubu volkanitlerinin lav fasiyesini temsil eder.

Neojen öncesi temel kayalarını açılı uyumsuzlukla üstleyen Ildır formasyonu ile üst kesimi onunla girik olan Armağandağı volkanitleri, erken Orta Miyosen tortullaşması ve kalkalkali volkanizmasını yansıtır. Altta çamurtaşı-kumtaşı ardalanması, üstte ise killi kireçtaşından oluşan gölsel Ildır formasyonu, alt kesiminde fan delta ortamında çökelmiş Belentepe üyesini içerir. Belentepe üyesi içine sinsedimanter olarak yerleşen andezitik lav akıntısından  $14.6 \pm 0.6$  My K/Ar yaşı alınmıştır. Zeytineli formasyonunun uzantısı olan bu lav düzeyinin yaşı, Armağandağı volkanizmasının erken Orta Miyosen'de devam ettiğini belgeler.

**Anahtar kelimeler:** Çeşme Yarımadası, K/Ar jeokronolojisi, Neojen stratigrafisi, Neojen volkanizması

**ABSTRACT**

*The beginning of Neogene terrestrial sedimentation in the northeastern coastal part of the Çeşme Peninsula is represented by the Şifne formation, which its lowermost part is not exposed. The age of succession evaluated as Early Miocene stratigraphically and its uppermost observable part consists of lacustrine limestone bearing fresh water algae. The ignimbrite flows, early products of Armağandağı volcanism, stopped and ended the sedimentation of Şifne formation.*

*The Armağandağı volcanics represents the late Early Miocene-early Middle Miocene calcalkaline volcanism in the Çeşme Peninsula. The tongues of the volcanism in the study area are mainly composed of volcanoclastics. The volcanoclastic assemblage comprises felsic ignimbrites at the lower part namely Alaçatı tuff, and andesitic ignimbrite, blocky ash flow deposits and lahars of Reisdere volcanoclastics at the upper part. Alaçatı tuff is located between Şifne formation and Reisdere volcanoclastics. The Zeytineli formation represents the lavas of the Armağandere group.*

*The Ildır formation overlies the pre-Neogene basement rocks with an angular unconformity and laterally grades into the upper part of the Armağandağı volcanics. They represent the early Middle Miocene sedimentation and calcalkaline volcanism. The lacustrine Ildır formation is composed of mudstone-sandstone alternation in the lower part and clayey limestone at the upper part, and comprises the Belentepe member deposited in a fan-delta environment in the lower part. A synsedimentary lava level in the Belentepe member dated as  $14.6 \pm 0.6$  Ma by K/Ar method. This lava level is a tongue of the Zeytineli formation, and its age shows that the activity of Armağandağı volcanism continued in the early Middle Miocene.*

**Key Words:** Çeşme Peninsula, K/Ar geochronology, Neogene stratigraphy, Neogene volcanism

**GİRİŞ**

Çeşme Yarımadası kuzeyinde, Çeşme ilçesinin Şifne Mahallesi ile Ildır köyü arasındaki alanda yayılım gösteren karasal Neojen kaya birimlerini tanımlayarak stratigrafi düzenini kurmak ve bölgeyi 1:25.000 ölçekte haritalamak amacıyla gerçekleştirilen bu çalışma, Göktaş (2010)'ta daha geniş değerlendirilen jeolojik etütlerin bir bölümünü kapsar (Şekil 1). Araştırmanın başlıca gerekçesi, daha önce çalışılmamış olan bu bölgedeki Miyosen çökelimini tanıtmak ve yaşıt volkanizmayla ilişkisini ortaya koymaktır.

Karaburun Yarımadası genelinde Kalafatçıoğlu (1961) ile başlayan jeolojik etütlerin başlıcaları, ağırlıklı olarak Neojen öncesi kaya birimlerine yöneliktir (Ayrıntılı liste, Çakmakoğlu ve Bilgin, 2006'da verilmiştir).

Çeşme Yarımadası'nı kapsayan az sayıdaki Neojen çalışmaları magmatizma (Innocenti ve Mazzuoli, 1972; Borsi vd.,

1972; Türkecan vd., 1998; Kaçmaz ve Köktürk, 2004; Helvacı vd., 2009), hidrojeoloji-jeotermal enerji (Gemici ve Filiz, 2001) üzerinedir. Innocenti ve Mazzuoli (1972), Karaburun Yarımadası'ndaki Neojen volkanitlerinin petrokimyasal özelliklerini inceledikleri öncü çalışmalarında, 'Alaçatı masifi'nin kalkalkalen latit-andezitlerden oluştuğunu belirtir. Borsi vd. (1972), Alaçatı GD'sundaki andezitten 18,2 My ve Ildır köyü yakınlarında yüzeyleyen dasitten 17,0 My K/Ar yaşları almışlardır. Kaçmaz ve Köktürk (2004), Alaçatı çevresindeki 'silisik vitrik tüflerin' (bu çalışmada tanımlanan Alaçatı tüfü) jeokimyasal ve mineralojik özelliklerini

incelemişler, kısmi alterasyona uğramış kesimlerde otijenik zeolitleşmenin geliştiğini belirtmişlerdir. Türkecan vd. (1998) ile Helvacı vd. (2009)'nin Karaburun Yarımadası için önerdikleri bireşimsel stratigrafiler radyometrik yaşlara göre kurgulanmış ve Neojen tortullaşması ile volkanizmasının alttan üste yanal ilişkili gelişim gösterdiği kabul edilmiştir. Çeşme Yarımadası'nın Neojen jeolojisini bütünsel olarak ele alan tek çalışma Göktaş (2010)'a aittir. Bu çalışmaya göre karasal Neojen tortullaşması, Alt-Orta Miyosen yaşlı 'Çeşme grubu' ve açılı uyumsuzlukla üstte yer alan Üst Miyosen yaşlı 'Kaştepe grubu' ile simgelenir. Egemen gölsel Çeşme grubu, alttan üste 'Şifne', 'Ovacık' ve 'Çiftlik' formasyonlarından oluşur. Neojen tortullaşmasının ilk istifini oluşturan Şifne formasyonunun stratigrafik tabanı, Çeşme Yarımadası genelinde yüzeylememiştir. Geç Erken Miyosen-erken Orta Miyosen döneminde etkinlik gösteren kalkalkali volkanizma ürünleri 'Armağandağı volkanitleri' kapsamında incelenmiştir. 'Reisdere volkanoklastikleri', altta asidik piroklastikleri ve üstte yer alan genellikle ortaç volkanoklastikleri kapsar. Formasyonun alt bölümündeki asidik piroklastikler (Alaçatı tufü), Çeşme Yarımadası'ndaki geniş yayılım alanları içinde Şifne ve Ovacık gölsel istiflerini ayırır. Volkanoklastik istifin üst bölümü, baskın olarak andezitik volkanizma türevi piroklastik-epiklastik yoğunluk akıntısı düzeylerinden yapıldır. Andezit ve az oranda dasit bileşimli lav topluluğunu kapsayan Zeytineli formasyonu, Reisdere volkanoklastiklerine alttan üste yanal girik kabul edilmiştir. Göktaş (2014a,b)'a göre Karaburun Yarımadası'nın kuzey bölümündeki karasal Neojen istifi, altta 'Karaburun grubu' (Alt-Orta Miyosen) ve açılı uyumsuzlukla üstte yer alan 'Eşendere grubu' (Üst Miyosen-Alt Pliyosen) çökellerinden oluşur. Üç evreli 'Karaburun volkanitleri', Karaburun grubunun egemen gölsel istifine yanal giriktir. (Şekil 2).

## **GENEL JEOLJİ**

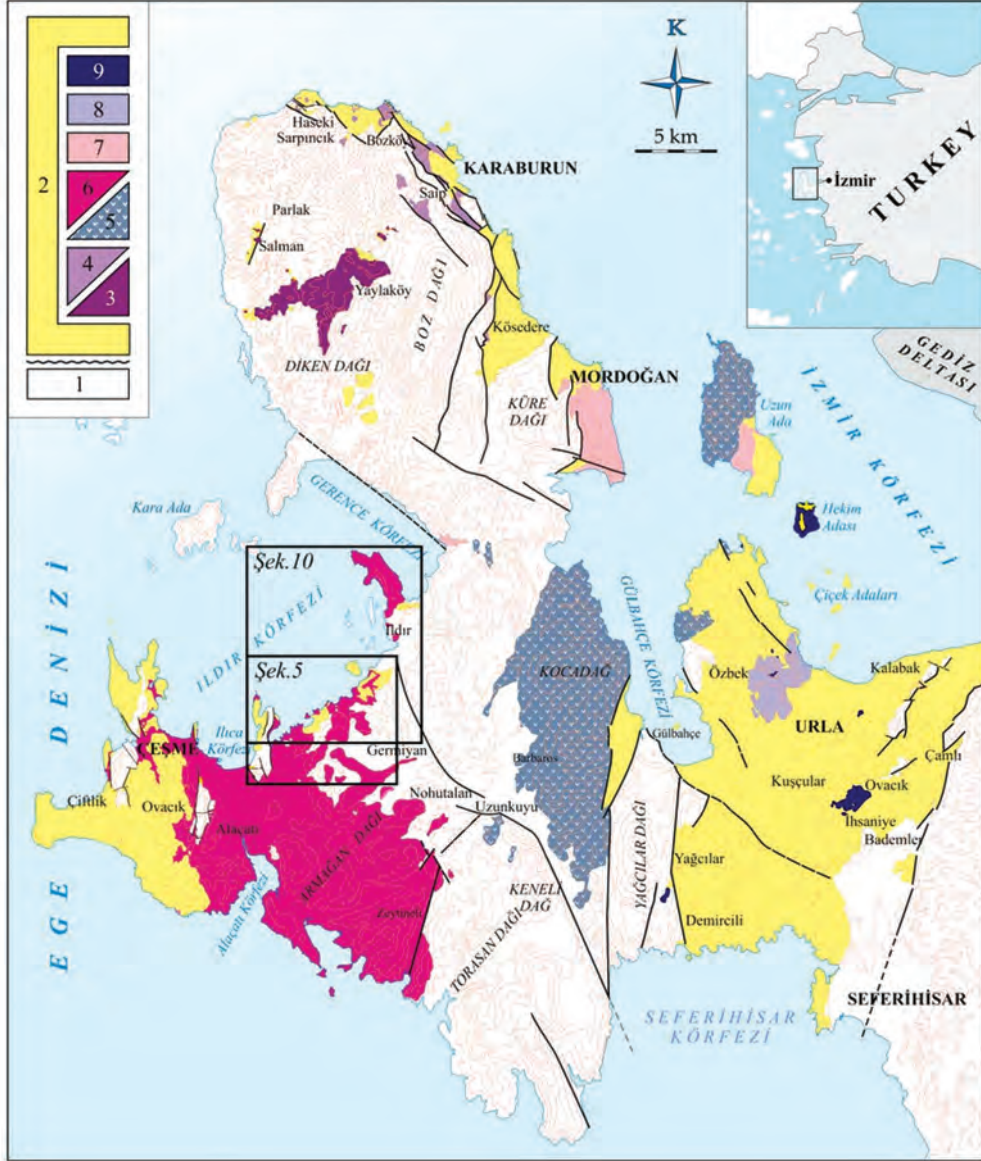
Karaburun Yarımadası'ndaki karasal Tersiyer tortullaşması ve volkanizması, Neojen kaya birimleri ile simgelenir. Bornova Fliş Zonu kayalarının tektonik yerleşimi ile Erken Miyosen havza oluşumu arasında geçen süre boyunca bölgenin deformasyona uğradığı ve aşındığı kabul edilir. Çeşme Yarımadası'ndaki Alt-Orta Miyosen kaya birimleri ile Çakmakçoğlu ve Bilgin (2006)'de tanımlanan Paleozoyik ve Mesozoyik yaşlı temel kayaları arasındaki dokanaklar açılı uyumsuz ya da tektoniktir.

Türbiditik özellikteki Dikendağı formasyonu (Siluriyen-Karbonifer) ile kırıntılı ve karbonat kayalardan oluşan Alandere formasyonu (Başkiriyen-Vizeyen), denizel Paleozoyik çökelişimini simgeler. Paleozoyik temeli açılı uyumsuzlukla üstleyen Mesozoyik sekansının tabanındaki Gerence formasyonu, Skitiyen yaşlı transgresif çökellerle başlar ve Anisiyen'de karbonat kaya egemen derin deniz çökelleriyle devam eder. Ladiniyen döneminin neritik karbonat çökelişimini yansıtan Camiboğazı formasyonu, geçişli olarak Gerence formasyonu üzerine gelir. Geç Triyas'ta sığ denizel çökellerle (Güvercinlik formasyonu) devam eden Mesozoyik çökelişimi, Jura'da neritik karbonatlarla (Nohutalan formasyonu) temsil edilir (Şekil 3).

Karaburun Yarımadası'nın kuzey bölümünde Alt Miyosen yaşlı yelpaze deltası ve göl çökelleri ile onların üzerinde yer alan Yaylaköy volkanitlerinin yayılımı bulunur (Innocenti ve Mazzuoli, 1972; Borsi vd., 1972; Türkecan vd., 1998; Aras vd., 1999; Helvacı vd., 2009; Çakmakçoğlu vd., 2013). Yarımada'nın kuzey kıyılarında egemen gölsel Alt-Orta Miyosen çökelleri, kuzeydoğusunda ise Orta-Üst Miyosen çökelleri yüzeyleyir. Yarımada'nın K-KD kesiminde Göktaş (2014a,b) tarafından tanımlanan Karaburun volkanitleri, Alt-Orta Miyosen yaşlı Karaburun grubu gölsel çökellerine yanal giriktir. Gülbahçe fayı (Emre vd.,

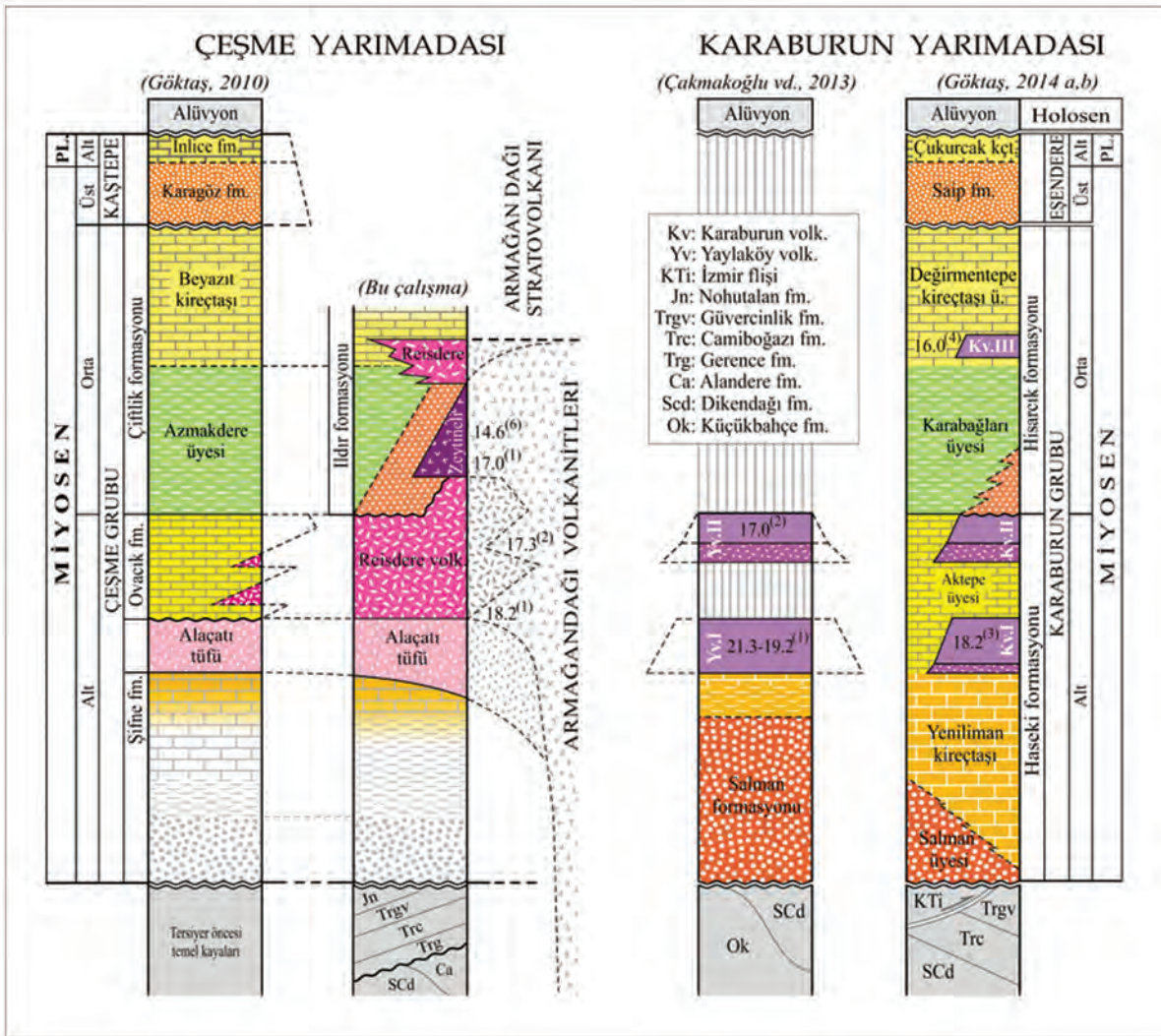
2005) ile Urla çöküntüsünden ayrılan Karaburun yükseltisinin güney bölümünde, kalkalkali riyodasit-dasit-andezit bileşim aralığındaki volkanitlerden yapıları 'Kocadağ' ve 'Armağandağ Dağı' volkanik kompleksleri yer alır (Innocenti

ve Mazzuoli, 1972; Borsi vd., 1972; Türkecan vd., 1998; Helvacı vd., 2009). Armağandağ volkanizması, Çeşme Yarımadası'ndaki egemen görsel geç Erken- erken Orta Miyosen çökeliyle yanal ilişkili gelişim göstermiştir (Göktaş, 2010).



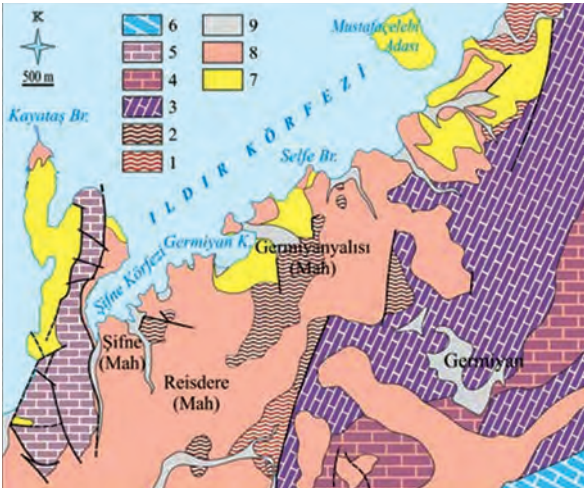
**Şekil 1.** Çalışma alanının Karaburun Yarımadası'ndaki konumu. 1. Neojen öncesi temel kayalar, 2. Neojen çökelleri, 3. Yaylaköy Volkanitleri, 4. Karaburun Volkanitleri, 5. Kocadağ Volkanitleri, 6. Armağandağ Volkanitleri, 7. Foça Tüfü, 8. Menteş Volkanitleri, 9. Ovacık Bazaltı.

**Figure 1.** Situation of study area in the Karaburun Peninsula. 1. Pre-Neogene basement rocks, 2. Neogene sediments, 3. Yaylaköy Volcanics, 4. Karaburun Volcanics, 5. Kocadağ Volcanics, 6. Armağandağ Volcanics, 7. Foça Tuff, 8. Menteş Volcanics, 9. Ovacık Basalt.



**Şekil 2.** Karaburun Yarımadası'ndaki Neojen kaya birimleri için önerilen genelleştirilmiş stratigraflerin karşılaştırılması. Radyometrik yaşlar: <sup>(1)</sup> Borsi vd. (1972), <sup>(2)</sup> Helvacı vd. (2009), <sup>(3)</sup> Göktaş (2014a), <sup>(4)</sup> Göktaş (2014b), <sup>(5)</sup> Bu çalışma.

**Figure 2.** Correlation of suggested generalized stratigraphies of the Neogene lithounits in the Karaburun Peninsula. Radiometric ages: <sup>(1)</sup> Borsi et al (1972), <sup>(2)</sup> Helvacı et al (2009), <sup>(3)</sup> Göktaş (2014a), <sup>(4)</sup> Göktaş (2014b), <sup>(5)</sup> This study.



**Şekil 3.** Çalışma alanında yüzeyleyen Paleozoyik ve Mesozoyik yaşlı temel kaya birimlerinin jeoloji haritası (Çakmakoğlu ve Bilgin, 2006'dan değişiklikle). 1. Dikendağı Fm. (Karbonifer- Siluriyen), 2. Alandere Fm. (Başkiriye-Viseyen), 3. Gerence Fm. (Anisiyen-Skitiye), 4. Camiboğazı Fm. (Ladiniyen), 5. Güvercinlik Fm. (Resiye-Karniye), 6. Nohutalanı Fm. (Malm-Liyas), 7. Alt- Orta Miyosen çökelleri, 8. Armağandağı Volkanitleri, 9. Alüvyon.

**Figure 3.** Geologic map of the Paleozoic and Mesozoic basement rocks exposed in the study area (Modified after Çakmakoğlu and Bilgin, 2006). 1. Dikendağı Fm. (Carboniferous-Silurian), 2. Alandere Fm. (Bashkirian-Visean), 3. Gerence Fm. (Anisian-Skytian), 4. Camiboğazı Fm. (Ladinian), 5. Güvercinlik Fm. (Resian-Carnian), 6. Nohutalanı Fm. (Malm-Lassic), 7. Lower-Middle Miocene deposits, 8. Armağandağı Volcanics, 9. Alluvium.

## STRATİGRAFİ

Neojen Tortullaşması Çalışma alanında yüzeyleyen karasal Neojen istif, gölsel *Şifne formasyonu* (Erken Miyosen) ve alüviyal-gölsel çökellerden oluşan *Ildır formasyonu* (Orta Miyosen) ile simgelenir (Şekil 4).

### Şifne Formasyonu

Algal kireçtaşlarıyla simgelenen Şifne formasyonu, Çeşme Yarımadası'nda yüzeyleyen

en yaşlı Neojen birimidir. İlk kez Göktaş (2010) tarafından 'Çeşme grubu' kapsamında tanımlanan birimin adı, Germiyanyalısı Mahallesi'nin 5 km batısında bulunan Şifne Mahallesi'nden alınmıştır. Çalışma alanında en çok 40 metrelik en üst bölümü gözlenebilen gölsel istif, Şifne Körfezi'nin batı kıyılarında yüzeyler (Şekil 5).

Tortul istif, genel olarak tatlı su algli kireçtaşı ve az oranda ince-orta katmanlı mikritik kireçtaşından oluşur. Tortul istifin en üst bölümündeki algli kireçtaşlarının altında, algli kireçtaşı-killi kireçtaşı-marn-kiltaşı ardışık istifi yer alır. Tatlı su alg kapsamı ondülasyonlu/düzlemsel paralel laminalı stratiform stromatolitler ile temsil edilir. Algal laminalara koşut gelişmiş fenestral boşluklar olağandır. Az oranda bulunan dallı (branched) algler, yeniden işlenerek parçalanmış ve kireçtaşı katmanları içinde desimetrik kalınlıklarda biyosparitik düzeyler oluşturmuştur. Birimi üstleyen Alaçatı tufunun hemen altındaki kireçtaşı katmanları bölümsel/tümsel silisleşmiştir ve siyah/kahve renkli elipsoidal çört nodülleri kapsar.

Çeşme Yarımadası genelinde gölsel çökellerle temsil edilen Şifne formasyonu, karasal Neojen tortullaşmasının başlangıcını simgeler (Göktaş, 2010). Alaçatı tufünü simgeleyen felsik ignimbiritler, konsolide olmamış algli kireçtaşı platformu üzerine yerleşmiş ve Şifne formasyonu çökeli sona ermiştir. İgnimbiritlerin, çökelmekte olan kireçtaşları üzerine yerleştiği, içlerinde yer alan yumuşak çökel deformasyonuna uğramış algli kireçtaşı parçalarından (rip-up clasts) anlaşılmaktadır.

Şifne formasyonunu yaşlandırabilecek biyokronolojik veri bulunmamaktadır. Çeşme Yarımadası'nın Neojen stratigrafisinde, Alaçatı tufü üzerindeki Zeytineli formasyonu andezitlerinden önceki çalışmalarda alınan  $18,2 \pm 3,5$  My (Borsi vd., 1972) ve  $17,3 \pm 0,1$  My (Helvacı vd., 2009) yaşlarına dayanılarak, Şifne

formasyonunun geniş anlamda Erken Miyosen'de çökeldiği kabul edilmiştir (Şekil 4).

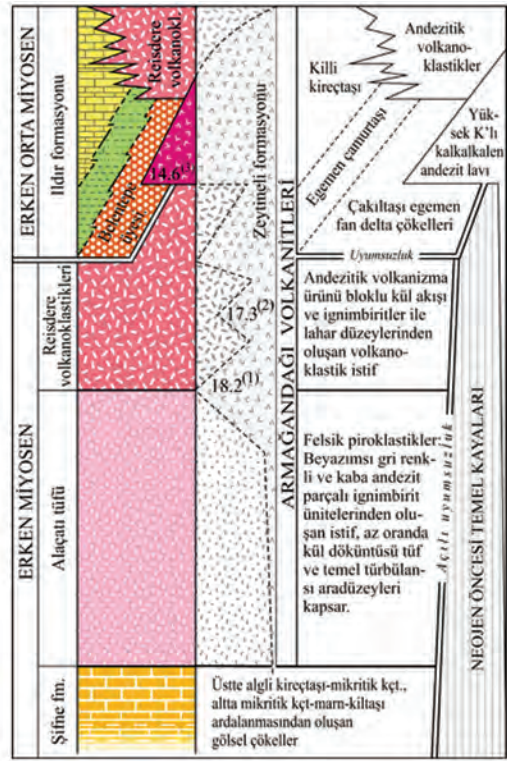
Çalışma alanında Alaçatı tüfü altından yüzeyleyen Şifne formasyonu, Göktaş (2010)'ta değerlendirilen jeotermal sondaj verilerine göre olası fan delta çökelleriyle başlar ve esas olarak gösel çökellerden oluşur. İstifin çalışma alanında yüzeyleyen bölümü, ince kırıntılı gösel çökellerden tatlı su algli kireçtaşlarına derecelenen düşük enerjili sıg gösel tortullaşmayı yansıtır.

Şifne formasyonu, Karaburun Yarımadası kuzeyinde Göktaş (2014a) tarafından tanımlanan 'Yeniliman kireçtaşı' ile deneştirilebilir. Urla havzası ve kuzeyinde yer alan adalar topluluğunda, Şifne formasyonunun kaya-stratigrafik karşılığı bulunmaz (Göktaş, 2011;2016). Birimin Foça Yarımadası'ndaki zaman-stratigrafik korelanları 'Zeytinadağ formasyonu' (Kaya, 1979) kapsamındadır.

#### Ildır Formasyonu

Orta Miyosen tortullaşmasını yansıtan Ildır formasyonu (Göktaş, 2010), çakıltaşı, kumtaşı, çamurtaşı, kireçtaşı topluluğundan oluşur ve Armağandağı volkanitlerinin yanal uzantılarını kapsar (Şekil 4). Tortul istifin alt bölümünü oluşturan çakıltaşı egemen *Belentepe üyesi*, havza kenarı çökeliğini simgeler.

Ildır formasyonunun stratigrafik pozisyonu ve kayatürü bileşimi, Çeşme Yarımadası'nın batısında tanımlanan 'Çiftlik formasyonu' (Göktaş, 2010) ile korelasyonu düşündürür. Ancak Çiftlik formasyonunun tabanında, Belentepe üyesi ile karşılaştırılabilecek alüvyial çökeller bildirilmemiştir. Karaburun Yarımadası kuzeyinde Göktaş (2014a,b) tarafından tanımlanan 'Hisarcık formasyonu', Ildır formasyonunu bütünüyle karşılar (Şekil 2). Urla havzası ile İzmir Körfezi adalarında tanımlanan Orta Miyosen yaşlı 'Urla grubu' (Göktaş, 2016), Ildır formasyonu ile deneştirilebilecek çökel toplulukları kapsar.



Şekil 4. Çalışma alanında yüzeyleyen Miyosen kaya birimlerinin genelleştirilmiş stratigrafisi. (1) Borsi vd. (1972), (2) Helvacı vd. (2009), (3) Bu çalışma.

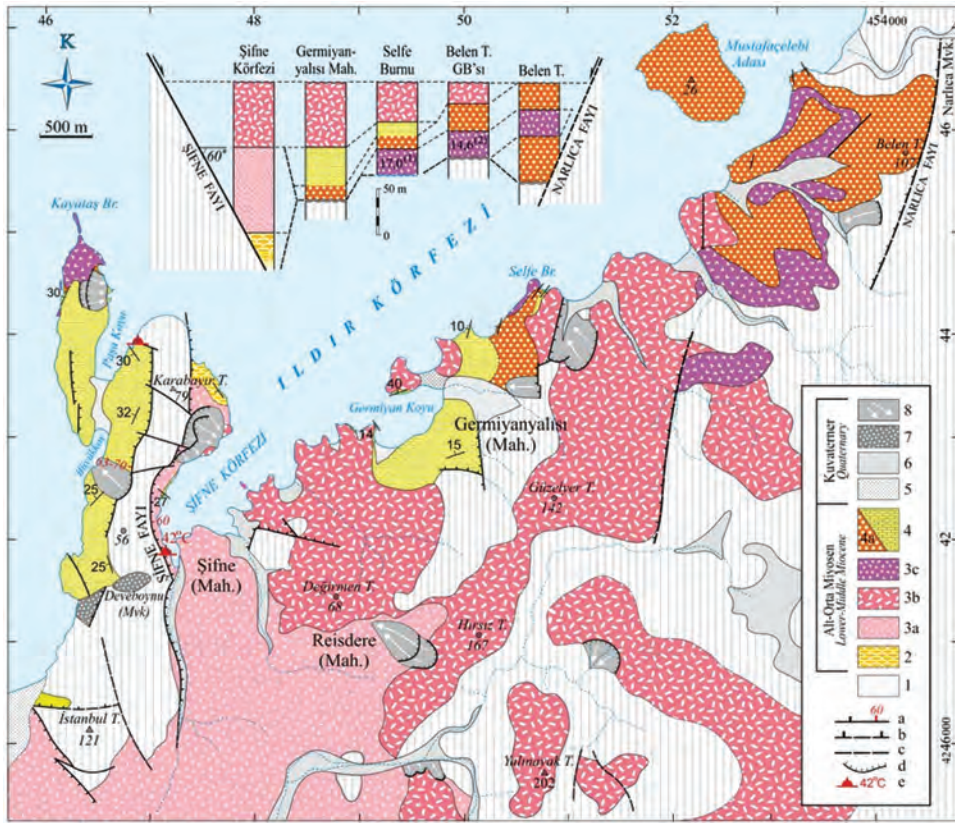
Figure 4. Generalized stratigraphy of the Miocene rock units in the study area, (1) Borsi vd. (1972), (2) Helvacı vd. (2009), (3) This study.

Reisdere volkanoklastiklerinin oluşturduğu yerel örtü, Ildır Körfezi'nin oluşumuyla havzanın büyük ölçüde denize gömülmesi ve günümüze kadar süren aşınma nedeniyle, istifin en çok 40 m kalınlığındaki bir bölümü gözlenir. Kireçtaşlarının altında yer alan gösel çamurtaşı egemen istifin ancak birkaç metrelik bölümü yüzeylemiştir.

Esas olarak kireçtaşından oluşan istifin gözlenebilen en alt bölümü, 3-30 cm arası düzlemsel paralel katmanlı ve yüksek karbonatlı çamurtaşı, ince-orta taneli kumtaşı düzeylerinden oluşur. Sarımsı-yeşilimsi gri ve soluk pembemsi-bej renkler yaygındır. Çamurtaşı

düzeyleri içinde yer alan ince-orta taneli kumtaşı arakatmanlarından bazılarında, yanal bağlantılı/bağıntısız mercekli katmanlı ripillar gözlenir. Olası kuruma çatlaklarına, doğru derecelenmiş kumtaşı katmanlarına ve Fe konkresyonlarına seyrek olarak rastlanır (Şekil 6A). Soluk kırmızı renkli, masif ve kötü boylanmış çamur akması ara düzeyleri, Belentepe üyesinin sualtı çökeline katılan yanal uzantıları olarak yorumlanmıştır. (Şekil 6B). Dar bir aralıkta ardalanarak ince kırıntılı çökeller üzerine gelen killi kireçtaşları, soluk sarı ya da beyazımsı açık gri ayrışma renkli, düzgün ince-orta katmanlı ve yersel olarak düzlemsel paralel laminalıdır.

Belentepe üyesinin çakıl ve blok konsantrasyonu değişken moloz akması düzeyleri, görsel istifin çamurtaşı egemen alt bölümüne yanal giriktir. (Şekil 6C). Reisdere volkanoklastiklerini oluşturan piroklastik ve epiklastik yoğunluk akıntılarında bazıları göle girmiş ve sualtında çökelmekte olan çamurlar üzerine yerleşerek yumuşak çökel deformasyonu oluşturmuşlardır. Bazı düzeylerin tabanlarında gözlenen sedimenter 'sokulumlar' (Şekil 6D), yük deformasyonları ve yumuşak çökel kopuntuları (Şekil 6E), yoğunluk akıntısı çökellerinin sualtı tortullaşmasıyla yaşıttır.



**Şekil 5.** Çalışma alanının jeoloji haritası. 1. Neojen öncesi temel, 2. Şifne Formasyonu, 3. Armağandağı Volkanitleri (a: Alaçatı Tüfü, b: Reisdere Volkanoklastikleri, c: Zeytineli Formasyonu), 4. Ildır Formasyonu (4a: Belentepe Üyesi), 5. Kumsal çökelleri, 6. Akarsu alüvyonu, 7. Yamaç molozu, 8. Heyelan kütlesi. a. Normal fay ve eğimi, b. Olası normal fay, c. Olası fay, d. Heyelan tacı, e. Sıcak su kaynağı. (1) Borsi vd. (1972), (2) Bu çalışma.

**Figure 5.** Geological map of the study area 1. Pre-Neogene basement, 2. Şifne Formation, 3. Armağandağı Volcanics (a: Alaçatı Tuff, b: Reisdere Volcaniclastics, c: Zeytineli Formation), 4. Ildır Formation (a: Belentepe Member), 5. Beach deposits, 6. Fluvial deposits, 7. Slope debris, 8. Landslide debris. a. Normal fault and dipping degree, b. Probable normal fault, c. Probable fault, d. Landslide scarp, e. Hot spring. (1) Borsi et al. (1972), (2) This study.





**Şekil 6.** Ildır formasyonu gölsel çökellerinin bazı sedimanter özelliklerini ve dokanak ilişkilerini yansıtan görüntüler: A) Alttaki kuruma çatlakları(?) üzerinde, doğru derecelenmiş kumtaşından itibaren gelişen olası dalga ripillı çökeller. Kalem boyu 15 cm'dir. B) Su altında çökelmiş çamurtaşları (a) ve üstleyen lahar düzeyi (b). C) Su altında çökelmiş çamurtaşları içinde bloklü iri çakıl aradüzeyleri bulunur; a) Çamurtaşı, b) Lahar, c) Blok-iri çakıl düzeyi; D) Su altına giren lahar akıntısı ile üzerine yerleştiği sulu çamur arasında yumuşak çökel deformasyonu oluşmuştur; a) Çamurtaşı, b) Lahar. E) Gölle giren piroklastik akma ünitesi içinde, göl tabanındaki sulu çamurdan aktarılmış iri parçalar yer alır; a) Sulu sediman kapanımları, b) Piroklastik akma düzeyi.

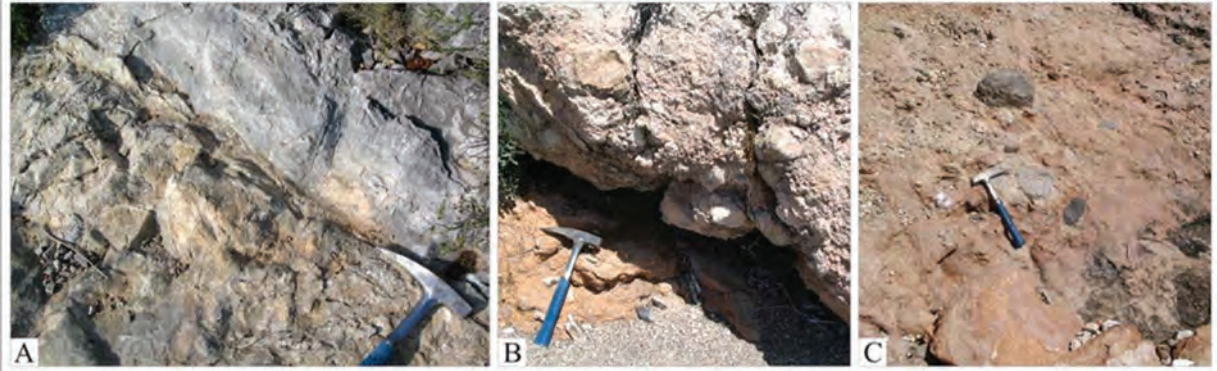
**Figure 6.** Photos showing some sedimentary features and contact relationships of the Ildır formation lacustrine deposits: A) Wave ripples on the graded sandstone covering the desiccation cracks(?). Pen is 15 cm long. B) Mudstone deposited in subaqueous conditions (a) and overlying lahar level (b). C) Block and cobble levels in subaqueous mudstone; a) Mudstone, b) Lahar, c) Block-cobble level; D) Soft sediment deformation between sludge and lahar flowed into the lake; a) Mudstone, b) Lahar. E) Large fragments plucked from sludge on the bottom of the lake in the pyroclastic flow deposits flowed into the lake; a) sludge enclaves, b) Pyroclastic flow deposit

Deveboynu Mevkii kuzeyinde, Güvercinlik Formasyonu'nun dolomitik kireçtaşlarına transgresif olarak yaslanan killi-kumlu kireçtaşları, diskordans yüzeyindeki karstik boşlukları ve çatlakları doldurur ve taban kesitinde, temelden türeme köşeli parçalar kapsar

(Şekil 7 A). Deveboynu Mevkii batısındaki sahilde yüzeyleyen kireçtaşları ise, birkaç metre kalınlığında, pembemsi soluk kahverenkli, boylanmamış kaba temel klastları içeren masif çamurtaşı düzeyi ile Güvercinlik formasyonu karbonatlarını örter (Şekil 7 B,C).

Ildır formasyonunu yaşlandırabilecek biyokronolojik veri bulunmamaktadır. Belentepe üyesi içindeki mafik lav düzeyinin 14,6 My yaşı ve birimin Çeşme Yarımadası batısındaki korelanı kabul edilen Çiftlik formasyonu'nda Besenecker (1973) tarafından bulunan MN5 biyozonuna

ait memeli fosilleri erken Orta Miyosen'i göstermektedir. Çalışma alanında üstten eksik gözlenen ve yüzelediği kadarıyla erken Orta Miyosen yaşlı kabul edilen Ildır formasyonunun, geniş anlamda Orta Miyosen çökeliğini temsil ettiği ileri sürülebilir.



**Şekil 7.** Ildır gölsel istifinin transgresif aşmalı bölümleri, uyumsuz dokanaklarla temel kayalarına yaslanır. A) Gölsel kireçtaşları ile Güvercinlik formasyonu arasındaki uyumsuzluk. Gölsel kireçtaşları üzerinde duran çekicinin ucu dokanağı gösterir (L16-b4; Deveboynu Mevkii kuzeyi). B,C) Gölsel kireçtaşlarının, kötü boylanmış çamurtaşları aracılığıyla Güvercinlik Formasyonu'na yaslanan transgresif bölümleri. (L16-b4; Deveboynu Mevkii batısı, sahil şeridi).

**Figure 7.** *Transgressive onlapping parts of the Ildır lacustrine sequence overlie the basement rocks unconformably. A) The unconformity between lacustrine limestones and Güvercinlik formation. The sharp point of hammer on the lacustrine limestones shows the contact (L16-b4; north of Deveboynu site). B) Transgressive parts of the lacustrine limestone sequence overlying the Güvercinlik formation with poorly sorted mudstones (L16-b4; west of Deveboynu site, shoreline).*

### Belentepe Üyesi

Ildır formasyonunun çökeldiği Orta Miyosen havzasının güney kenarındaki çökeliğini yansıtan kaba çakıltaşı egemen istif, Göktaş (2010) tarafından tanımlanmıştır. Astbirimin adı, Germiyanyalı Mahallesi'nin yaklaşık 4,5 km KKB'sındaki Belen Tepe'den alınmıştır (Şekil 5). Tortul istif içine sinsedimanter olarak yerleşen siyah renkli mafik lav düzeyi, Zeytineli formasyonu kapsamında incelenmiştir.

Başlıca yüzlekler, Germiyanyalı Mahallesi ile Narlıca Mevkii arasında kalan bölgede yayılım gösterir (Şekil 5). Yoğun yerleşim nedeniyle istife yönelik değerlendirmeler, daha çok kıyı falezlerindeki gözlemlerle sınırlıdır. Alüvyial

istif, lav düzeyinin araya girmesiyle bağlı olarak 'alt' ve 'üst' bölümlere ayrılır. Alt bölüm en çok 50 m, üst bölüm ise ~30 m kalınlıktadır.

*Alt bölüm:* Narlıca Mevkii'nin 1 km batısındaki yalıyarda, Dikendağı formasyonunun türbiditik çökelleri üzerinde açılı uyumsuzlukla yer aldığı gözlenen alt bölüm istifinde, üç ayrı kayatürü topluluğu tanımlanmıştır. **i)** İstifin yaklaşık 5 metre kalınlığındaki alt kesiminde, alttan üste az gelişmiş tane boyu incelmeye gösteren örgütlenmemiş tortul breş fasiyesi yer alır (Şekil 8A,B). Katmanlanma belirsizdir. Kayatürünü oluşturan tane destekli-ara gereç dolgulu ya da matriks destekli kaba gerecin hemen tümü köşeli-yarı köşelidir ve kaynaklanma alanındaki gri renkli Mesozoyik karbonat kayalarından türemiştir.



**Şekil 8.** Belentepe yelpaze deltası çökelleri. A) İstifin tabanında yer alan kolüviyal moloz akmalarından bir görünüm. B) Moloz akması fasiyesinde bloklu kaba çakıltaşı. C,D,E) İstifin suüstü bölümünde yer alan paleooksidasyona uğramış çamurtaşları içinde, bloklu moloz akması aradüzeyleri bulunur; a) Belentepe Üyesi, b) Zeytineli Formasyonu. F) Belentepe istifinin üst bölümüne egemen olan bloklu kaba çakıltaşları, Zeytineli Formasyonu'nun siyah lavlarından türeme kaba bileşenler (beyaz oklarla gösterilmiştir) kapsar.

**Figure 8.** Belentepe delta deposits. A) Coluvial debris flow deposits in the lowermost part of the succession. B) Debris flow blocky coarse conglomerate facies. C,D,E) Blocky debris flow deposits in the subaerial weathered mudstones; a) Belentepe Member, b) Zeytineli Formation. F) Blocky coarse conglomerates including black lava fragments, which are dominated in the upper part of the succession.

Tabanda, 1 metreyi aşkın büyüklüklerde köşeli-yarı köşeli bloklar bulunur. Gelişigüzel dağılmış kaba taneler arasındaki matriks, sarımsı açık gri ya da soluk pembe renkli, kötü boylanmış karbonatlı çamurtaşından oluşur. Çakıl konsantrasyonunun azaldığı ve boyutlarının küçüldüğü matriks destekli üst bölümlere çamurtaşları egemendir. **ii)** Tortul breş fasiyesi üzerine, yaklaşık 6 m kalınlığa ulaşan masif kıltaşı-çamurtaşı istifi gelir. İstife egemen olan kıltaşıları, yeşilimsi gri ya da kırmızı-kahverenkli, masif ve zayıf pekişmiştir. Silt ve ince kum içerikleri ile santimetrik kalınlıklardaki

beyaz kalış bantları olağandır. Kaba kum ve çakılçık içerikleri kapsayan çamurtaşları açık kahverenkli ve kötü boylanmıştır. **iii)** İnce kırıntılı çökel paketi üzerine, çok kalın masif düzeylerden oluşan örgütlenmemiş iri çakıltaşları gelir (Şekil 8C). Kalınlıkları 4 metreye kadar çıkan düzeylerin sınırları çoğunlukla belirsizdir. Alt ve üst sınırlar, düşey tane boyu farklılaşması ve çakıl/matriks oranındaki değişimle ya da kumlu çamurtaşı düzeylerinin araya girmesiyle az çok belirginleşir. Başlıca kayatürü bileşenleri, çok kökenli Mesozoyik karbonatlarından türemiştir.

Doku matriks desteklidir. Matriks, çakıl ve küçük çakıllar içeren kaba-çok kaba taneli kumdan oluşur. Çakıl-blok kapsamının matrikse oranı genellikle çok yüksektir. Çakıl ve bloklar çoğunlukla yarı yuvarlaktır. Boyutları ender olarak 3 metreyi aşan iri bloklar yaygındır. Köşeli-küt köşeli küçük çakıllardan oluşan ve kalınlıkları 15-35 cm arasında değişen çakıltaşı mercekleri seyreklerdir. Bu mercekleri oluşturan tane destekli ve ara gereç içermeyen çakıllar iyi boylanmışlardır. Belen Tepe batısında üste gelen lav dokanağına doğru, paleooksidasyonu yansıtan açık kahverenkli ve kötü boylanmış kumtaşı-kumlu çamurtaşı düzeyleri ortaya çıkar. Alt ve üst sınırları belirsiz olan metrik kalınlıklardaki masif düzeylerin içinde/arasında, tane destekli paketlenmiş yarı yuvarlak çakıllardan oluşan desimetrik kalınlıklarda çakıltaşı mercekleri bulunur (Şekil 8D,E).

*Üst Bölüm:* Lav düzeyinin üzerindeki fan delta istifi, alt bölümde olduğu gibi, iri çakıl ve bloklardan oluşan birkaç metre kalınlığındaki masif çakıltaşı düzeyleri ile simgelenir (Şekil 8F). Kaba gereç konsantrasyonunu genel olarak çok yüksektir. Ara gereç destekli ve tane destekli-ara gereç dolgulu kesimler, aynı düzey içinde birlikte bulunur. Kaba taneli kumdan oluşan ara gereç, genellikle gri-yeşil renkli ve kötü boylanmışlardır. Tane destekli ve ara gereç içermeyen köşeli küçük çakıllardan yapılmış çakıltaşı mercekleri seyreklerdir. Üst bölümde, alt bölümden farklı olarak; **i**) alttaki mafik lav düzeyinden aktarılan altere çakıl ve bloklar (en çok 120 cm) yaygındır, **ii**) çakıltaşı düzeylerinin arasında bulunan ve matriksi oluşturan çamurtaşları çoğunlukla yeşil renklidir, **iii**) blok boyutuna kadar kaba gereç içeren çamurtaşı aradüzeyleri bulunur, **iv**) litolojik köken ve boyutlara bağlı olmaksızın çakıl ve blokların yuvarlanma derecesi daha yüksek ve boyutları görece daha küçüktür.

Belentepe üyesinin stratigrafik-paleocoğrafik konumu ve egemen kayatürü

bileşimi, Ildır formasyonunun çökeldiği Orta Miyosen havzasının güney kenarında gelişen gölsel fan delta tortullaşmasını yansıtır. İstifin büyük bölümünü oluşturan örgütlenmemiş iri çakıltaşı fasiyesi, fan delta çökeliiminin moloz akımlarıyla belirlendiğini gösterir. Tortul istifin tabanında yer alan tortul breş fasiyesinin monolitik bileşimi ve kaba gerecin köşeli-küt köşeli şekilleri; havza açılımla birlikte yamaç önünde biriken döküntülerin, kolüviyal moloz akımlarıyla (Blikra ve Nemec, 1998; Nemec vd., 1998; Nemec ve Kazancı, 1999) taşınarak depolanmasını anlatır. İstifin tabanındaki tortul breş fasiyesinin tek kökenli bileşimine karşılık, üst bölümlere egemen moloz akması düzeyleri ile seyrek kanal dolgularının çok kökenli bileşimi, yelpaze deltasının geri büyüme (retrogradation) sürecinde beslenme kanallarının geri kazınmasıyla kazanılmıştır.

Alt bölümde gözlenen açık kahve paleooksidasyon renkleri su üstü (subaerial) çökeli mine, üst bölümlerdeki paleoreduksiyon renkleri ise su altı çökeliimine özgüdür. Alt ve üst bölümlerde, seyrek olarak gözlenen tane destekli ve ara gereçten yoksun köşeli çakıl cepleri elenme loplarıdır (sieve lobes). İstifin özellikle en üst bölümlerinde gözlenen gölsel çökellere yanal giriklikler, su altı çökeliimini destekler.

Belen Tepe çevresinde yüzeyleyen istifin alt bölümüne ait su üstü proksimal çökelleri, Dikendağı ve Gerence formasyonlarının simgelediği temel kayalarına açılı uyumsuzlukla yaslanır. Zeytineli formasyonunu temsil eden siyah renkli mafik lav, Belentepe üyesi içine sinsedimanter olarak yerleşmiş ve yayılım alanı içinde fan delta istifini ikiye bölmüştür. Üst bölüm çökelleri, yersel olarak Reisdere volkanoklastikleri tarafından örtülmüştür. İstifin yalnızca üst bölümü ile gölsel çamurtaşları arasında yanal giriklik gözlenmekle birlikte, Belentepe fan delta istifi ile gölsel istifin alttan üste yanal ilişkili olarak çökeldiği kabul edilmiştir.

Ildır formasyonunun alt bölümünü oluşturan Belentepe üyesi, Karaburun Yarımadası'nın bireşimsel Neojen stratigrafisinde Orta Miyosen tortullaşmasının başlangıcını yansıtır ve bu konumuyla Karaburun çevresinde 'Hacıhüseyintepe üyesi' (Göktaş, 2014b), Urla havzasında 'Çamlı çakıltaşı' (Kaya, 1979) ve İzmir Dış Körfezi'ndeki adalar topluluğunda tanımlanan 'Beşiktepe formasyonu' (Göktaş, 2016) ile deneştirilebilir.

### **Neojen Volkanizması**

Geç Erken Miyosen-erken Orta Miyosen döneminde Çeşme Yarımadası'nda etkinlik gösteren kalkalkalen volkanizmanın ürünleri Armağandağı volkanitleri kapsamında incelenmiştir.

### **Armağandağı Volkanitleri**

Armağandağı volkanitlerini oluşturan lavlar ve volkanoklastikler, ilk kez Türkecan vd. (1998) tarafından aynı başlık altında topluca ele alınmıştır. Şifne formasyonu üzerinde felsik piroklastiklerle başlayan ve andezitik volkanitler ile devam eden Armağandağı volkanik kompleksinin hacimsel açıdan en büyük bölümünü volkanoklastik çökeller oluşturur. Volkanoklastik topluluğun asidik piroklastiklerden oluşan alt bölümü *Alaçatı tüfü*, ortaç volkanizma kökenliler *Reisdere volkanoklastikleri* olarak ayrılmış; ortaç volkanoklastiklere alttan üste yanal girik kabul edilen lav topluluğu ise *Zeytineli formasyonu* adıyla tanımlanmıştır (Şekil 4).

Armağandağı volkanizmasının Erken Miyosen içindeki başlangıç zamanı bilinmemekle birlikte, Alaçatı tufünün simgelediği erken dönem piroklastiklerinin Şifne formasyonunun algli kireçtaşları üzerine sinsedimanter olarak yerleştiği açıkça gözlenmektedir.

### **Alaçatı Tüfü**

Çalışma alanındaki kayastratigrafik konumuna dayanılarak, Armağandağı kalkalkali volkanizmasının asidik karakterli erken dönemini yansıttığı kabul edilen Alaçatı tufü, çok katlı ignimbirit üniteleri ile simgelenir. Çeşme Yarımadası'ndaki tüflerin varlığına ilk kez Kalafatçioğlu (1961) değinmiştir. Alaçatı tufünün, kalkalkali dasit-riyolit bileşim aralığında piroklastiklerden oluştuğu Kaçmaz ve Köktürk (2004) tarafından belirlenmiştir. Birimin ilk kez bu çalışmada kullanılan adı, Çeşme ilçesine bağlı Alaçatı Mahallesi'nden alınmıştır.

Beyazımsı açık gri renkli felsik piroklastik istif, zayıf kaynaklı ignimbiritlerle simgelenir. Kül döküntüsü (ash fall) tuf aradüzeyleri seyrekler. İgnimbiritlerin yaygın olarak kapsadığı rastlantısal (accidental) kaba volkanik bileşenler türdeş değildir; koyu gri ve siyah renkli andezitlerin çoğunlukta olduğu lav parçaları ile simgelenir. Türdeş litiklere çalışma alanında rastlanmamıştır. Şifne formasyonunun algli kireçtaşlarından aktarılmış parçalar, özellikle alt bölümlerdeki ignimbirit ünitelerinde yaygın olarak gözlenir (Şekil 9A). Kumdan iri blok boyutlarına kadar düzensiz tane boyu değişimi gösteren andezitik litiklerin büyüklüğü ve kaba külden yapıli matrikse oranı, Armağan Dağı'na yaklaştıkça artar.

Genelleştirilmiş stratigrafide Alaçatı tufü, Şifne formasyonunun algli kireçtaşlarını keskin dokanaklarla örter. İgnimbiritler içinde rastlanan yumuşak çökel deformasyonuna uğramış kireçtaşı kopuntuları, volkanik etkinliğin sinsedimanter gelişimini yansıtır. Birim, Reisdere volkanoklastikleri tarafından örtülür. İgnimbiritlerin yaygın olarak içerdiği andezitik kaba litikler, ortaç volkanizmanın felsik ignimbiritlerin yerleşiminden önce başlamış olabileceğini düşündürür.

Alaçatı GD'sunda ignimbiritleri örten andezitlerden 18.2 My K/Ar yaşı alınmıştır (Borsi vd., 1972). Bu dolaylı veriye dayanılarak, Alaçatı tufünün geniş anlamda geç Erken Miyosen yaşlı olduğu ileri sürülebilir.

Türkecan vd. (1998), Çeşme Yarımadası'ndaki asidik tüfleri Foça tufünün (Kaya, 1979) uzantısı olarak yorumlamışlardır. Bu çalışmada ise, andezitik kaba litikler içeren felsik piroklastiklerin Armağan Dağı çıkış merkezinden türedikleri ve kalkalkali volkanizmanın erken döneminde yerleştikleri kabul edilmiştir. Piroklastik akıntıların algli kireçtaşı platformunu kapladığı alanlarda Şifne formasyonu çökeli mi sona ermiş ve Erken Miyosen havzası, Ovacık formasyonunun (Göktaş, 2010) simgelediği gölsel çökeli min yeniden başlamasına kadar karasallaşmıştır.

### ***Reisdere Volkanoklastikleri***

Reisdere volkanoklastikleri (Göktaş, 2010), daha çok andezitik piroklastiklerden ve epiklastik çökellerden oluşur.

Volkanik çamur/moloz akması (lahar) fasiyesindeki epiklastik çökeller, daha önce yerleşmiş andezitik piroklastiklerin ve lahar düzeylerinin yeniden işlenmesiyle çökelmiş bloklu çakıltaşlarıyla simgelenir. Matriksi kaba taneli volkanik kumdan oluşan örgütlenmemiş kütle akması düzeyleri metrik kalınlıklardadır. Kendi aralarında ya da piroklastik akma düzeyleri ile birlikte çok katlı tortullaşma birimleri oluştururlar. Başlıca kayatürü bileşenleri, farklı renk ve dokusal özelliklerdeki andezitlerden türemiştir. Tane/matriks oranı ve/veya tane büyüklüklerinin düşey değişimiyle ayırtlanan katmanlanma çoğunlukla az belirgindir (Şekil 9B).

Bloklu kül akışı (block and ash flow) ve ignimbirit gibi yoğunluk akıntısı fasiyesleri

ile simgelenen andezitik piroklastikler, metrik kalınlıklarda ve masif düzeylerden oluşur (Şekil. 9C). Lav parçaları, santimetrik-desimetrik büyüklüklerde ve genellikle yarı köşelidir. Matriks içinde düzensiz dağılım gösteren lav parçalarının yanal ve düşey yönlerdeki konsantrasyonu değişkendir (Şekil 9D). Kaba kül-lapilli boyutlarındaki juvenil bileşenlerden yapıllı matriks, olağan olarak kötü boylanmış.

Reisdere volkanoklastikleri, üzerledikleri Alaçatı tufünü yanal yönde aşarak Tersiyer öncesi temel kayalarına yaslanır. Çalışma alanındaki üst dokanaklar genellikle Kuvaterner aşınımıyla belirlenmiştir. Ildır formasyonu çökellerini örten birimin en genç düzeyleri üzerinde, Holosen çökelleri ve yersel heyelan molozları dışında kayatürü kalıntısı bulunmaz.

### ***Zeytineli Formasyonu***

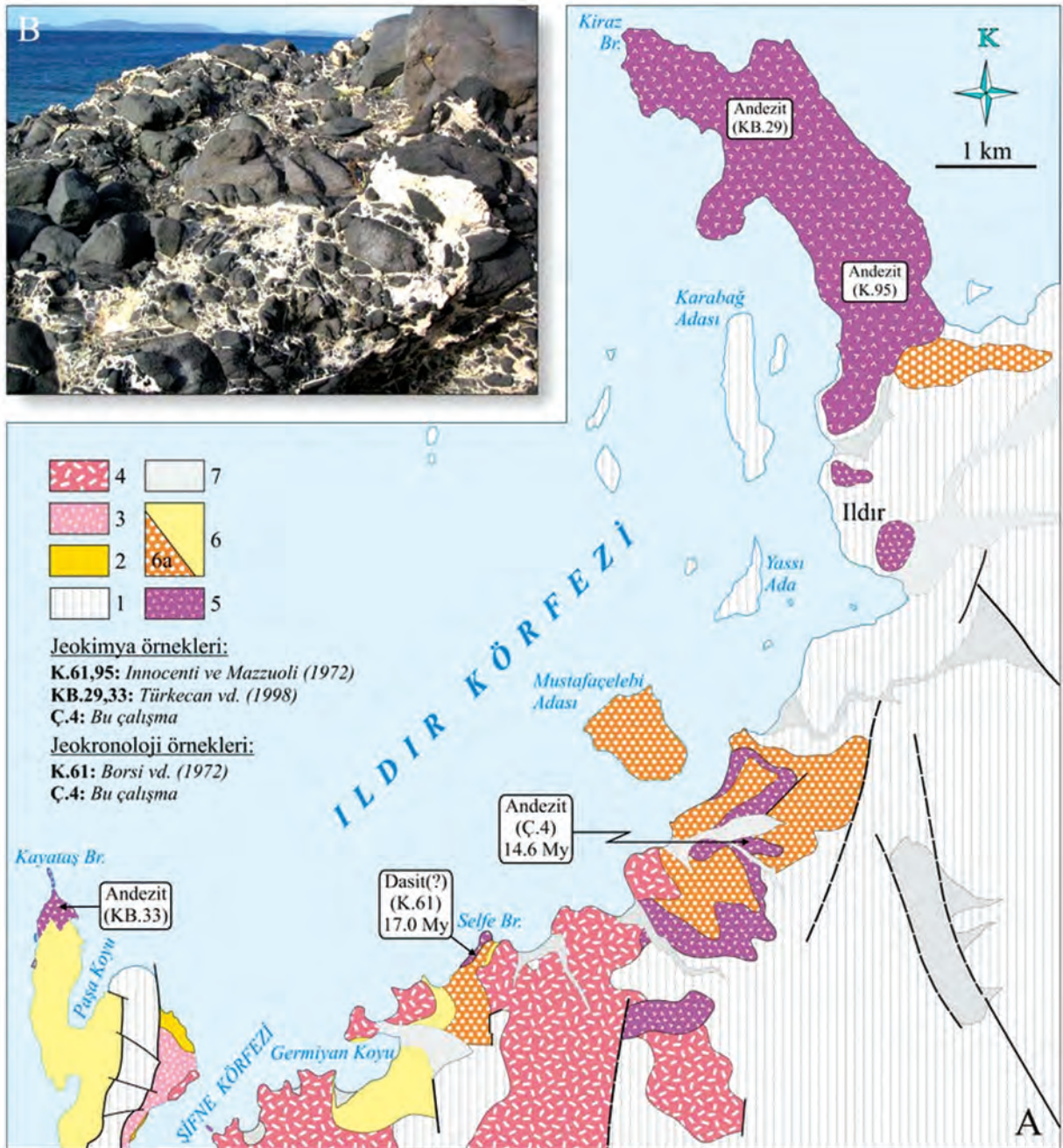
Zeytineli formasyonu (Göktaş, 2010), Armağandağı volkanitleri kapsamındaki kalkalkali lav topluluğunu kapsar. Önceki çalışmalarda kimyasal özellikleri incelenen lavların çoğunlukla andezit ve daha az oranda dasit bileşimli oldukları bildirilmiştir (Innocenti ve Mazzuoli, 1972; Türkecan vd., 1998; Helvacı vd., 2009; Göktaş, 2010). Çalışma alanında Zeytineli formasyonunu temsil eden siyah renkli mafik lavlar, Armağandağı volkanitleri içindeki ortaç lav topluluğunun hacimsel olarak en büyük bölümünü oluşturur. Birimin başlıca yüzlekleri, Ildır Körfezi'nin güney kıyısındadır (Şekil 10A). Siyahımsı koyu gri renkli olan lavlar bloksu ayrışmalı, genellikle devitrifiye ve çok sert, nadiren akma foliyasyonludur.

Belen Tepe çevresinde ayırtlanan lav akıntısı, genelleştirilmiş stratigrafide Belentepe üyesi içinde yer alır. Tip lokalite çevresinde, alüviyal istifi bağıllı olarak alt ve üst bölümlere ayırır ya da alt bölümün proksimal çökellerini



**Şekil 9.** Armağandağı Volkanitleri kapsamındaki volkaniklastiklerden görüntüler. A) Alaçatı Tüfü'nü oluşturan ignimbritler, özellikle proksimal kesimlerinde artış gösteren andezitik litikler yönünden oldukça zengindir. Beyaz oklar, Şifne Formasyonu'ndan aktarılmış algli kireçtaşı parçalarını gösterir. B) Reisdere Volkaniklastikleri kapsamındaki lahar düzeylerinden biri. a) Ildır Formasyonu'nun gölsel çamurtaşları C, D) Aynı stratigrafik pozisyondaki piroklastik akma düzeyleri. a) Ildır Formasyonu'nun gölsel çamurtaşları

**Figure 9.** Some photos from volcaniclastics in Armağandağı Volcanics. A) Ignimbrites of Alaçatı Tuff have abundant andesitic lithic clasts in their proximal part. White arrows show algae limestone fragments derived from the Şifne Formation. B) A lahar level in Reisdere Volcaniclastics. a) Lacustrine mudstones of Ildır Fm. C,D) Pyroclastic flow levels in the same stratigraphic position. a) Lacustrine mudstones of Ildır Fm.



**Şekil 10.** A) Zeytineli Formasyonu'nun inceleme alanındaki dağılımı. 1. Neojen öncesi temel kayaları, 2. Şifne Formasyonu, 3. Alaçatı Tüfü, 4. Reisdere Volkaniklastikleri, 5. Zeytineli Formasyonu, 6. Ildır Formasyonu (6a: Belentepe Üyesi) 7. Alüvyon. B) Belentepe Üyesi'nin sualtı çökelleri olarak yorumlanan çakıllı çamurtaşlarına tortullaşmayla eşzamanlı olarak sokulan Zeytineli Formasyonu lavında peperitleşme (Kayataş Burnu).

**Figure 10.** A) Spatial distribution of Zeytineli Formation in the study area. 1. Pre-Neogene basement rocks, 2. Şifne Formation, 3. Alaçatı Tuff, 4. Reisdere Volcaniclastics, 5. Zeytineli Formation, 6. Ildır Formation (6a: Belentepe Member), 7. Alluvium. B) Peppertization in lavas of Zeytineli formation, which syndimentary intruded into the pebbly mudstones interpreted as subaqueous deposits of Belentepe Member.



aşarak Gerence formasyonu karbonatlarına yaslanır. Kayataş Burnu'nda gözlenen lav düzeyi ise, Belentepe fan delta istifinin sualtı uzantıları olabilecek yeşil renkli çakıltı-çakıllı çamurtaşı topluluğu içine 'sokulmuş' ve dokanak peperitlenmiştir (Şekil 10B). Bu lokalitedeki masif çamurtaşları içinde gözlenen ve Mesozoyik karbonatlar ile daha az oranda siyah andezit lavından türemiş çakıllar, havza kenarının yakın olduğunu düşündürür.

Önceki çalışmalarda, Reisdere volkanoklastiklerini keserek yerleşen andezitlerden,

18.2 My (Borsi vd., 1972) ve 17.3 My (Helvacı vd., 2009) yaşları alınmıştır. Zeytineli formasyonundan bu çalışmada alınan 14.6 My yaşı, Armağandağı volkanik kompleksindeki lav çıkışlarının en azından erken Orta Miyosen'e kadar devam ettiğini gösterir.

## **PETROGRAFI**

Çalışma alanında Zeytineli formasyonunu simgeleyen hipokristalin-porfirik dokulu lav örneklerinin fenokristal kapsamı, plajiyoklaz, piroksen ve amfibolden oluşur. Plajiyoklazlar çoğunlukla polisentetik ikizlenmeli ve yer yer zonludur. Nadiren elek dokusu, sinosis dokusu ve glomeroporfirik doku özellikleri gösterir. Klinopiroksen kristalleri soluk kahverenkli, yer yer ikizlenmeli ve glomeroporfirik dokuludur. Yarı özşekilli-özşekilsiz amfiboller kahverenkli ve yer yer ikizlenmelidir. Plajiyoklaz ve opaklaşmış biyotit mikrolitleri, volkan camı, kristalitler ve opak minerallerden oluşan hamur, bazı örneklerde belirgin akma dokuludur.

## **ANA ELEMENT OKSİT JEOKİMYASI**

Zeytineli formasyonunu temsilen alınan Ç.4 örneğinin ana element oksit analizi, MTA Maden

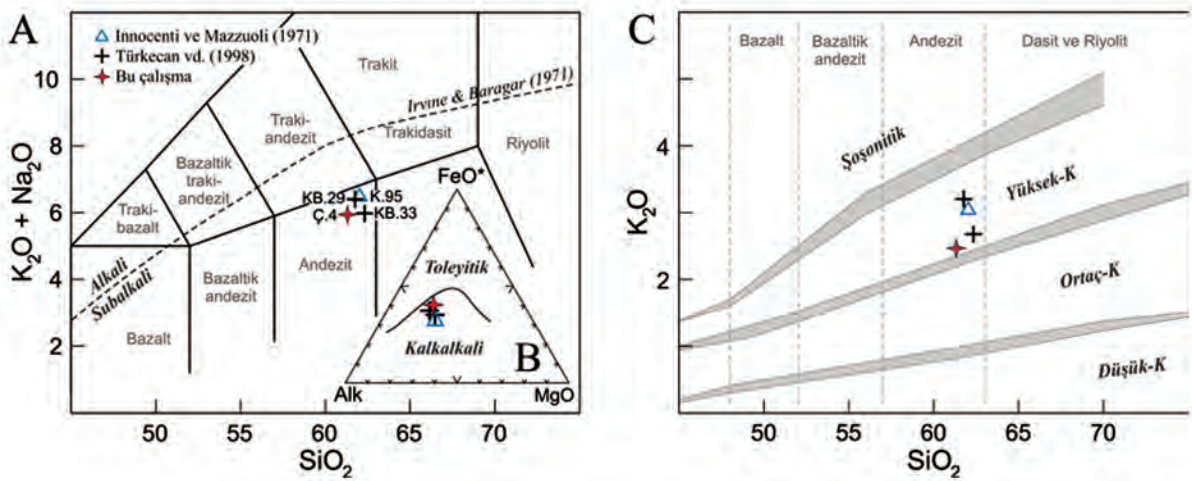
Analizleri ve Teknolojisi Dairesi laboratuvarlarında yapılmıştır. 75 µ altında öğütülen ve 105 0C'de kurutulan örnekten 3 gr alınarak 0,9 gr selüloz bağlayıcı ile karıştırılmış ve 15 dakika öğütülerek homojen dağılım sağlanmıştır. Değirmenden çıktuktan sonra 40 ton basınçla preslenen örneğin Panalytical marka, Axios model XRF cihazı ile analizi yapılmış ve sonuçlar IQ+ programında değerlendirilmiştir.

Bu çalışmada ve önceki çalışmalarda (Innocenti ve Mazzuoli, 1972; Türkecan vd., 1998) Zeytineli formasyonundan alınan lav örneklerinin lokasyonları Şekil 10'da, ana element oksit içerikleri Çizelge 1'de verilmiştir. Innocenti ve Mazzuoli (1972)'nin bir, Türkecan vd. (1998)'nin iki ve bu çalışmada alınan bir örneğin ana element oksit bileşimleri (Çizelge 1) Le Bas vd. (1986)'nin Toplam Alkali (Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O) Silis (SiO<sub>2</sub>) diyagramına yansıtılmış; subalkali bölümde yer alan örneklerin kalkalkali karakterli olduğu ve 'andezit' alanında toplandığı gösterilmiştir. (Şekil 10A). K.61 örneğinin (Innocenti ve Mazzuoli, 1972) yüksek silis içeriği diğer örneklerle göre sapma gösterir ve olasılıkla silis kapsamındaki ikincil artış nedeniyle 'dasit' alanına düşer. Diğer örneklerin silis içerikleri ağırlıklı olarak %59,90-%60,50 arasında değişirken, K.61 örneğinde %66,17'ye çıkar. Bu nedenle K.61 örneği göz ardı edildiğinde, çalışma alanında Zeytineli formasyonunu simgeleyen lavlar 'andezit' olarak adlandırılabilir Irvine ve Baragar (1971)'in AFM diyagramına göre kalkalkalen karakterli olan tüm örnekler (Şekil 10B), Le Maitre vd. (2002)'nin K<sub>2</sub>O'ya karşı SiO<sub>2</sub> diyagramında 'yüksek potasyumlu andezit' alanında toplanır (Şekil 10C). Çalışma alanında değerlendirilen lav örnekleri, Armağandağı volkanitlerini simgeleyen yüksek potasyumlu kalkalkali andezit seri (Innocenti ve Mazzuoli, 1972; Helvacı vd., 2009) içinde yer alır.

Örnek	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SrO	BaO	LOI
Ç.4	59.90	0.60	16.70	6.30	0.10	2.80	5.90	3.40	2.40	0.20	0.07	0.09	1.40
K.61	66.17	0.50	15.64	3.64	0.06	1.37	4.05	3.53	3.35	0.15	--	--	1.40
K.95	61.07	0.63	16.27	5.22	0.11	3.36	5.74	3.38	2.99	0.21	--	--	0.94
KB.29	59.80	0.60	15.90	5.70	0.20	3.30	5.50	3.10	3.10	0.20	--	--	1.85
KB.33	60.50	0.60	17.20	5.50	0.10	2.60	5.10	3.20	2.60	0.20	--	--	1.03

Çizelge 1. Zeytineli formasyonuna ait örneklerin ana element oksit analiz sonuçları.

Table 1. Major element oxide analyze results of the samples taken from Zeytineli formation



Şekil 11. Zeytineli Formasyonu lavalarının sınıflandırması. A) Örneklerin Toplam Alkali (K<sub>2</sub>O+SiO<sub>2</sub>)-Silis (SiO<sub>2</sub>) diyagramı (Le Bas vd., 1986). Alkali-Subalkali ayırım çizgisi Irvine ve Baragar (1971)'a göre. B) Subalkali örneklerin AFM diyagramı (Irvine ve Baragar, 1971). C) K<sub>2</sub>O'ya karşı SiO<sub>2</sub> diyagramı (Le Maitre vd., 2002).

Figure 11. Classification of lavas of Zeytineli Formation. A) Total Alkaline (K<sub>2</sub>O+SiO<sub>2</sub>)-Silica (SiO<sub>2</sub>) diagramme (Le Bas et al., 1986). The Alkaline-Subalkaline line was drawn based on Irvine and Baragar (1971). B) AFM diagramme of subalkaline samples (Irvine and Baragar, 1971) C) SiO<sub>2</sub> vs K<sub>2</sub>O diagramme (Le Maitre et al., 2002).

## K/Ar JEOKRONOLOJİSİ

Zeytineli formasyonunun siyah renkli lavlarını temsil eden Ç.4 kodlu andezit örneğinin K/Ar analizi Tübingen Üniversitesi'nde (Almanya) yapılmış ve 14,6±0,6 My yaşı verilmiştir. Örneğin lokasyonu Şekil 10'da, radyometrik analiz sonucu

Çizelge 2'de gösterilmiştir. Yüzeysel verilerine göre, Borsi vd. (1972) tarafından 17.0±3,5 My K/Ar yaşı alınan Selfe Burnu'ndaki dasit(?) ile bu çalışmada yaşlandırılan andezit düzeyi aynı litostratigrafik konumdadır (Şekil 10).

Örnek	Materyal	K (wt%)	<sup>40</sup> Ar <sup>rad</sup> (ccSTP/gr)	<sup>40</sup> Ar <sup>rad</sup> (%)	Yaş (My)
Ç.4	Tüm kayaç	1.210	6.892 x10 <sup>-7</sup>	59.0	14.6 ± 0.6

**Çizelge 2-** Zeytineli formasyonundan alınan lav örneğine ait radyometrik analiz verileri.

**Table 2:** Radiometric analyze data of a lava sample taken from Zeytineli formation.

## SONUÇLAR

Bu çalışmada, Ildır Körfezi güneyinde yayılımı bulunan karasal Neojen çökelleri ile volkanitlerinin yanal-düşey dağılımları ve ilişkileri araştırılmış; önerilen stratigrafi düzeni içinde sınıflandırılarak litolojik özellikleri tanımlanan kaya birimleri 1:25.000 ölçekte haritalanmıştır. Çeşme Yarımadası'nda, Neojen öncesi temel kayaları üzerinde açılı uyumsuzlukla başlayan Orta Miyosen tortullaşması ve yanal ilişkili kalkalkali andezitik volkanizma, bu çalışmayla ilk kez tanıtılmıştır.

Karaburun Yarımadası'nın bireşimsel Neojen stratigrafisinde Erken Miyosen gösel tortullaşmasına karşılık gelen ve alt dokanağı yüzeylemeyen Şifne formasyonunun, istifin yüzeyleyen en üst bölümündeki tatlı su algli kireçtaşlarıyla simgelendiği ve Alaçatı tüfü kapsamındaki felsik ignimbiritlerin kireçtaşı platformu üzerine sinsedimanter yerleşimiyle gösel çökelinin sona erdiği belirlenmiştir.

Armağandağı volkanitleri, alttan üste asidik piroklastiklerden oluşan Alaçatı tüfü, baskın olarak andezitik volkanizma türevi Reisdere volkanoklastikleri ve siyah renkli andezit lavlarının simgelediği Zeytineli formasyonuna ayrılmıştır.

Geniş anlamda Orta Miyosen, dar anlamda erken Orta Miyosen yaşlı havza dolgularından oluşan Ildır formasyonu, Armağandağı volkanitlerinin uzantıları olan arakatlılar kapsar. Neojen öncesi temel kayaları üzerinde açılı uyumsuzlukla başlayan Ildır formasyonu

tortullaşmasının, Reisdere volkanoklastiklerinin yerleşimiyle yersel olarak kesintiye uğradığı değerlendirilmiştir. Havza kenarı çökeliğini temsil eden Belentepe istifine kaba taneli kütle akması çökellerinin egemen olduğu; yeşil çamurtaşlarıyla başlayan gösel çökelinin kireçtaşlarıyla devam ettiği belirlenmiştir. Belentepe üyesinden türemiş kütle akıntılarının, gösel istifinin çamurtaşı egemen alt bölümüne sokulduğu saptanmış; fan delta ve gösel istiflerin alttan üste yanal ilişkili olarak çökeldiği kabul edilmiştir.

Çalışma alanında Zeytineli formasyonunu temsil eden ve Ildır formasyonu içine çökelimle eşzamanlı yerleştiği anlaşılan siyah renkli lav düzeyinin, ana element oksit bileşimine göre kalkalkali karakterli ve yüksek potasyumlu andezit ile simgelendiği gösterilmiş ve 14,6±0,6 My K/Ar yaşlı olduğu saptanmıştır. Belentepe istifi içine yerleşen lav akıntısının, yanal ilişkiyle çökelmekte olan gösel çamurtaşlarıyla peperitik dokanak oluşturduğu gösterilmiştir. Reisdere volkanoklastik akıntılarının, üzerine yerleştikleri gösel çökellerde yumuşak çökel deformasyonlarına neden oldukları belirlenmiştir. Bu veriler, Ildır formasyonu tortullaşmasıyla Armağandağı volkanizmasının erken Orta Miyosen boyunca yanal ilişkili gelişim gösterdiğini anlatır.

## TARTIŞMA

Armağandağı volkanizmasının erken döneminde yerleştiği kabul edilen Alaçatı tüfünün felsik ignimbiritleri içinde kaba andezit klastları ile simgelenen rastlantısal litiklerin yaygın olarak

bulunması, asidik volkanizma öncesinde başlayan ortaç volkanizmayı düşündürür.

Şifne formasyonu çökelişini sonlandıran felsik ignimbiritlerin yayılım alanı ve yerleşim süresi içinde kesintiye uğradığı anlaşılan geç Erken Miyosen gösel tortullaşmasının, Çeşme Yarımadası batısında Ovacık formasyonu ile devam ettiği bildirilmiştir (Göktaş, 2010). Ovacık gösel transgresyonu, Ildır Körfezi güneyindeki bölgeye ulaşmamış olmalıdır. Karaburun Yarımadası kuzeyinde olduğu gibi, ignimbiritlerin yayılım alanı dışında kalan bölgelerdeki geç Erken Miyosen gösel tortullaşması (Haseki formasyonu: Göktaş, 2014a) ortamsal sürekliliğini korumuştur.

Ovacık formasyonu üzerine uyumlu gelen Çiftlik formasyonu (Göktaş, 2010), gösel çökelişin Orta Miyosen’de devam ettiğini yansıtır. Çiftlik formasyonu ile bu çalışmada tanımlanan Ildır formasyonunun eşitlenebileceği önerilmiştir (Şekil 2). Aralarında yanal bağıntı gözlenmeyen iki gösel istifin korelasyonu dolaylı kronostratigrafi verilerine ve litofasiyes benzerliklerine dayanmaktadır. Çiftlik formasyonunun alt bölümünü oluşturan Azmakede istifinde (Göktaş, 2010) ve onun Sakız Adası’ndaki eşleniğinde (Keramaria ünitesi: Besenecker, 1973) saptanan memeli faunasının 15.5 My’a tarihlenen ortalama yaşı (Koufos, 2006) ile Ildır formasyonu içindeki sinsedimanter andezit düzeyinin jeokronolojisi, her iki birimin yaklaşık olarak aynı zamanda çökeldiğini düşündürür. Çiftlik formasyonunun tabanında, (Ildır formasyonundaki Belentepe üyesi gibi) Orta Miyosen havza açılımını yansıtan alüviyal çökeller bulunmamaktadır. Geç Erken Miyosen yaşlı Ovacık ve Orta Miyosen yaşlı Çiftlik gösel istifleri arasındaki uyumlu ilişkiye karşılık, havzanın ani derinleşmesini yansıtan litofasiyes değişimi belirgindir. Ildır formasyonu, Orta Miyosen başlarında tektonik olarak derinleşen ve Çeşme Yarımadası’nın KD’suna doğru genişleyen Erken Miyosen havzasının, Ildır Körfezi

çevresinde açılan kesiminde çökelmiş olmalıdır. Yarımadanın batısında ise, Erken Miyosen’den kalıtsal havza içinde kesintisiz devam eden gösel ortam koşullarında Çiftlik formasyonu eşzamanlı olarak çökelmiştir.

Reisdere volkanoklastiklerini oluşturan piroklastik-epiklastik yoğunluk akıntısı düzeyleri ile Ildır gösel istifi arasında yanal giriklik saptanmış ve volkanoklastiklerin yayılım alanlarıyla sınırlı olarak kesintiye uğrayan Orta Miyosen gösel tortullaşmasının kireçtaşlarıyla devam ettiği önerilmiştir.

Zeytineli formasyonundan bu çalışmada alınan 14,6 My yaşı, Armağan Dağı volkanik kompleksindeki kalkalkali ortaç volkanizmanın erken Orta Miyosen’de devam ettiğini belgelemektedir. Bu veriye dayanılarak, Karaburun Yarımadası ve Sakız Adası’nda kalkalkali volkanizmanın sönümlenmesiyle eşzamanlı olarak, Foça Çöküntüsü’nde (Kaya, 1979) alkali volkanizmanın başladığı ileri sürülebilir (Borsi vd., 1972; Bellon vd., 1979; Altunkaynak vd., 2010; Göktaş, 2011, 2016; Karacık vd., 2013).

## KATKI BELİRTME

Bu makale, ‘Çeşme, Urla, Cumaovası, Kemalpaşa-Torbalı Çöküntülerindeki Neojen ve Kuvaterner Havzalarının Stratigrafisi ve Paleocoğrafik Evrimi’ (2007-30-14-01.f) adlı MTA projesi kapsamında, Çeşme Yarımadası’nda yürütülen çalışmaların bir bölümünü kapsar. Jeo. Yük. Müh. Murat Yükcünç arazi çalışmalarına yardımcı olmuştur. Metin taslağının hazırlanmasına çok yönlü katkılarından dolayı Dr. H. Yavuz Hakyemez’e teşekkür ederim.

## EXTENDED SUMMARY

*The beginning of terrestrial Neogene deposition in the northeastern coastal part of Çeşme Peninsula is represented by the Şifne formation,*

which its lower contact is not observable. The succession reflects the Early Miocene deposition *sensu lato*. Its uppermost part is composed of lacustrine limestone with fresh water algae. Deposition of felsic ignimbrites (Alaçatı tuff), early products of Armağandağı volcanism, on the limestone platform, interrupted the early Miocene lacustrine sedimentation represented by the Şifne formation. The equivalents of the Şifne formation in the coastal Aegean region are the Zeytinadağ formation (Kaya, 1979) in the Foça Peninsula and the Yeniliman limestone (Göktaş, 2014a) in the Karaburun Peninsula.

In the study area, continuations of the Armağandağı volcanics (Türkecan et al., 1998), which represent the early Miocene-early Middle Miocene kalkalkaline volcanism in the Çeşme Peninsula, mainly consist of volcaniclastics. This volcaniclastic assemblage divided into two level, the Alaçatı tuff in the lower part characterized by felsic pyroclastics and the Reisdere volcaniclastics (Göktaş, 2010) composed of the products of andesitic volcanism in the upper part. Zeytineli formation (Göktaş, 2010) is the lava facies of the Armağandağı volcanics. The Alaçatı tuff, which is located between the Şifne formation and Reisdere volcaniclastics stratigraphically, represents the early phase of the Armağandağı volcanism. The succession is composed of whitish light gray colored pyroclastics, and consists of mainly ignimbrite and some base surge and ash fall deposits. The abundant coarse andesite clasts with porphyric texture in the ignimbrites give an idea that an intermediate volcanism developed before the acidic volcanism. The Reisdere volcaniclastics is generally composed of levels of ignimbrite, blocky ash flow and lahar levels originated from an andesitic volcanism. It is announced that the lavas of Zeytineli formation, had a composition is mainly andesitic and partly dacitic in the previous

works (Innocenti and Mazzuoli, 1972; Türkecan et al., 1998; Helvacı et al., 2009; Göktaş, 2010). The black colored andesites, which represent the Zeytineli formation in the study area, form the volumetrically largest part of the intermediate lavas in the Armağandağı volcanics.

The Ildır formation (Göktaş, 2010) overlies the pre-Neogene basement rocks with an angular unconformity. The lavas and volcaniclastics of Armağandağı volcanics and the Ildır formation, which are interfingering each other, represent the early Middle Miocene sedimentation and kalkalkaline volcanism in the study area. The Ildır formation is composed of Belentepe member, a fan delta deposit, in the lower part, and lacustrine deposits in the upper part, which overlies the lower one with a gradationally and partly interfingering contact. Debris flow deposits consisting of disorganized cobbles are dominant in the Belentepe member. Lacustrine sequence of the Ildır formation, which grades from mudstones up to limestones, laterally intercalates with Belentepe member and Reisdere volcaniclastics. Lacustrine deposition interrupted covering by the Reisdere volcaniclastic sheets. The Çiftlik formation (Göktaş, 2010) in Çeşme Peninsula and Hisarcık formation (Göktaş, 2014a,b) in the north of Karaburun Peninsula are possible equivalents of Ildır formation.

A synsedimentary black colored andesite lava flow in the Belentepe member is dated as  $14.6 \pm 0.6$  Ma. The age of this lava level of Zeytineli formation is the youngest age obtained from the Armağandağı volcanism and it shows that kalkalkaline volcanism in the Çeşme Peninsula continued during the early Middle Miocene.

**DEĞİNİLEN BELGELER**

- Altunkaynak, Ş., Rogers, N.W., Kelley S.P. 2010. Causes and effects of geochemical variations in late Cenozoic volcanism of the Foça volcanic centre, NW Anatolia, Turkey. *International Geology Review* 52, 579-607.
- Bellon, H., Grisollet, G., Sorel D. 1979. Age de l'activité volcanique néogène de l'île de Chios (Mer Egée, Grèce). *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*, Série D, 288, 1255-1258.
- Besenecker, H., 1973, Neogen und Quartär der Insel Chios (Ägäis): PhD Thesis, Freien Universität Berlin, 195 p.
- Blikra, L. H. ve Nemeç, W. (1998). Postglacial colluvium in western Norway: depositional processes, facies and palaeoclimatic record. *Sedimentology*, 45(5), 909-959.
- Borsi, S., Ferrara, C., Innocenti, F., Mazzuoli, R. 1972. Geochronology and petrology of recent volcanics of Eastern Aegean Sea. *Bulletin of Volcanology* 36, 473-496.
- Çakmakçoğlu, A. ve Bilgin, Z.R. 2006. Karaburun Yarımadası'nın Neojen öncesi stratigrafisi, *Maden Tetkik ve Arama Dergisi* 132, 33-62.
- Çakmakçoğlu, B., Göktaş, F., Demirhan, M., Helvacı, C. 2013. Karaburun Yarımadası'nın kuzey kesimindeki killerin stratigrafisi, sedimantolojisi ve ekonomik kullanım olanaklarının araştırılması. *Türkiye Jeoloji Bülteni* 56/1, 39-58.
- Emre, Ö., Özalp, S., Doğan, A., Özaksoy, V., Yıldırım, C., Göktaş, F. 2005. İzmir yakın çevresinin diri fayları ve deprem potansiyelleri. *Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Rapor No: 10754*, 80 s, Ankara (yayımlanmamış).
- Gemici, Ü. ve Filiz, Ş. 2001. Hydrochemistry of Çeşme geothermal area in western Turkey. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 110, 171-187.
- Göktaş, F. 2010. Çeşme Yarımadası'ndaki Neojen tortullaşması ve volkanizmasının jeolojik etüdü. *Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Rapor No: 11389*, 64 s. Ankara (yayımlanmamış).
- Göktaş, F. 2011. Urla (İzmir) çöküntüsündeki Neojen tortullaşması ve volkanizmasının jeolojik etüdü. *Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Rapor No: 11568*, 112 s. Ankara (yayımlanmamış).
- Göktaş, F. 2014a. Karaburun Yarımadası kuzeyindeki Erken Miyosen tortullaşması ve volkanizmasının stratigrafisi. *Maden Tetkik ve Arama Dergisi* 148, 43-61.
- Göktaş, F. 2014b. Karaburun (İzmir) çevresinin Neojen stratigrafisi ve paleocoğrafik evrimi. *Maden Tetkik ve Arama Dergisi* 149, 71-94.
- Göktaş, 2016. İzmir -Dış- Körfezi'ndeki adaların Neojen stratigrafisi. *Maden Tetkik ve Arama Dergisi* 152, 1-24.
- Helvacı, C., Ersoy, Y., Sözbilir, H., Erkül, F., Sümer, Ö., Uzel, B. 2009. Geochemistry and <sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar geochronology of Miocene volcanic rocks from the Karaburun Peninsula: Implications for amphibole-bearing lithospheric mantle source, Western Anatolia. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 185, 181-202.
- Innocenti, F. ve Mazzuoli, R. 1972. Petrology of İzmir-Karaburun volcanic area (West Turkey). *Bulletin of Volcanology* 36, 83-104.
- Irvine, T.N. ve Baragar, W.R.A. 1971. A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks. *Canadian Journal of Earth Sciences* 8, 523-548.
- Kaçmaz, H. ve Köktürk, U. 2004. Geochemistry and mineralogy of zeolitic tuffs from the Alaçatı (Çeşme) Area, Turkey. *Clays and Clay Minerals* 52/6, 705-713
- Kalafatçıoğlu, A. 1961. Karaburun Yarımadası'nın jeolojisi, *Maden Tetkik ve Arama Dergisi* 56, 53-63.
- Karacık, Z., Genç, Ş.C., Gülmez, F. 2013. Petrochemical features of Miocene volcanism around the Çubukludağ graben and Karaburun Peninsula, western Turkey: Implications for crustal melting related silicic volcanism. *Journal of Asian Earth Sciences* 73, 199-217.
- Kaya, O. 1979. Orta Doğu Ege çöküntüsünün (Neojen) stratigrafisi ve tektoniği. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni* 22(1), 35-58.
- Koufos, G.D. 2006. The Neogene mammal localities of Greece: Faunas, chronology and biostratigraphy. *Hellenic Journal of Geosciences* 41, 183-214.
- Le Maitre, R.W. (Ed.) 2002. Igneous Rocks: A Classification and Glossary of Terms. Recommendations of the International Union of Geological Sciences Subcommission on

- the Systematics of Igneous Rocks. Cambridge University Press. 236 s.
- Le Bas, M.J., Le Maitre, R.W., Streckeisen, A., Zanettin, B. 1986. A chemical classification of volcanic rocks based on total alkali-silica diagram. *Journal of Petrology* 27, 745-750.
- Nemec, W., Kazancı, N., Mitchell, J.G. 1998. Pleistocene explosions and pyroclastic currents in West-central Anatolia. *Boreas* 27, 311-332.
- Nemec, W. ve Kazancı, N. 1999. Quaternary colluvium in West-central Anatolia: sedimentary facies and palaeoclimatic significance. *Sedimentology* 46, 139-170.
- Rickwood, P.C. 1989. Boundary lines within petrologic diagrams which use oxides of major and minor elements. *Lithos* 22, 247-263.
- Türkecan, A., Ercan, T., Sevin, D. 1998. Karaburun Yarımadası'nın Neojen volkanizması. *Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Rapor No: 10185*.
- 
- Makale Geliş Tarihi : 19 Temmuz 2016  
Kabul Tarihi : 3 Ağustos 2016
- Received* : 19 July 2016  
*Accepted* : 3 August 2016







**Uludere-Uzungeçit (Şırnak) yöresinde  
(Güneydoğu Anadolu Otoktonu Doğu Bölümü)  
Alt Triyas Yaşlı Çığlı Grubu Kayaçlarının Diyajenez/Metamorfizma Tarihçesi**

*Diagenesis/Metamorphism History of Lower Triassic Çığlı Group Rocks in Uludere-Uzungeçit (Şırnak) area (Eastern Part of the Southeast Anatolian Autochthone)*

**Sema TETİKER<sup>1</sup>, Hüseyin YALÇIN<sup>2</sup>, Ömer BOZKAYA<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Batman Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 72100 Batman

<sup>2</sup>Cumhuriyet Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 58140 Sivas

<sup>3</sup>Pamukkale Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 20070 Denizli

(sema.tetiker@batman.edu.tr)

**ÖZ**

Bu çalışmada, Güneydoğu Anadolu Otoktonu'nun (GDAO) Uludere-Uzungeçit (Şırnak) bölgesinde Çığlı Grubu'na ait karbonat ve pelitik kayaçların mineralojik özelliklerinin ortaya konulması amaçlanmıştır. Çığlı Grubu, alttan üste doğru Yoncalı Formasyonu (kireçtaşı arakatlı dolomit-silttaşı-şeyl); Uludere Formasyonu (dolomit arakatlı şeyl/karbonatlı şeyl-killi kireçtaşı) ve Uzungeçit Formasyonu (çört yumrulu kireçtaşı-dolomitik kireçtaşı-şeyl) ile temsil edilmektedir. XRD incelemeleri ile elde edilen minerallerin bolluk sırasına göre; Yoncalı Formasyonu karbonat (kalsit, dolomit), silis (kuvars, moganit), feldispat, fillosilikat (illit, klorit) ve götit; Uludere Formasyonu karbonat (kalsit, dolomit), kuvars, feldispat, fillosilikat (illit, klorit, karışık tabakalı klorit-vermikülit/C-V, sadece bir örnekte çok az miktarda kaolinit) ve hematit; Uzungeçit Formasyonu ise karbonat (dolomit, kalsit), silis (kuvars, opal-CT, moganit), fillosilikat (klorit, illit), feldispat ve hematit içermektedir. İllit Kübler İndeksi-KI ( $\Delta^2\Theta$ ) değerlerine göre; Yoncalı Formasyonu ankizon; Uludere ve Uzungeçit formasyonları ise ankizon-yüksek diyajenez derecesini yansıtmaktadır. Klorit Arkai İndeksi (AI,  $\Delta^2\Theta$ ) değerleri benzer biçimde ankizon-diyajenez derecelerini işaret etmektedir. İllitler  $2M_1$  ve  $2M_1 + 1M + 1M_d$  politipleri sergilemekte olup,  $b$  birim-hücre mesafesi değerleri ideal muskovite yakın bir bileşimi ve düşük basınç fasiyesi koşullarını göstermektedir. Çığlı Grubu kayaçları Diyarbakır-Hazro yöresindeki eşdeğer birimlere göre; kaolinitin ender bulunuşu, moganit ve C-V'in ortaya çıkışı ve çoğu seviyelerde dolomit ve hematitin baskınlığı, ayrıca diyajenez/metamorfizma derecelerinin yüksek olması bakımından farklılık sunmaktadır. Bu durum, Alt Triyas serilerinin bölgesel olarak Diyarbakır-Şırnak yönünde batıdan doğuya doğru daha derin bir çökme ortamını yansıttığını, volkanik beslenme ve tektonik gömülmeyle daha yüksek olgunlaşma derecesine sahip olduğunu göstermektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Arap Plakası, XRD, Fillosilikat,  $b$  birim-hücre mesafesi, Kristalinite

**ABSTRACT**

*This study aims to reveal the mineralogical characteristics of the carbonate and pelitic rocks in the Lower Triassic Çıǧlı Group in the Uludere-Uzungeçit (Şırnak) region from Southeast Anatolian Autochthone (SEAA). Çıǧlı Group is represented by Yoncalı Formation (dolomite-siltstone-shale with limestone intercalation), Uludere Formation (shale/shale with carbonate-clayey limestone intercalated with dolomite) and Uzungeçit Formation (limestone with chert nodule-dolomitic limestone-shale) from bottom to top. In order of abundances of minerals obtained by XRD investigations as follows; Yoncalı Formation contains carbonate (calcite, dolomite), feldspar, phyllosilicate (illite, chlorite) and goethite minerals, and Uludere Formation is made up of carbonate (calcite, dolomite), quartz, feldspar, phyllosilicate (illite, chlorite, mixed-layered chlorite-vermiculite/C-V, and very minor amount of kaolinite in only a sample) and hematite minerals. Uzungeçit Formation has carbonate (dolomite, calcite), silica (quartz, opal-CT, moganite), phyllosilicate (chlorite, illite), and feldspar and hematite minerals. On the basis of illit Kübler Index values; Yoncalı Formation reflects the degrees of anchizone; as for Uludere and Uzungeçit formations, they have the degrees of anchizone-high diagenesis, respectively. Similarly, Chlorite Arkai Index (AI, °2θ) values indicate the grades of anchizone-diagenesis. Illites exhibit  $2M_1$  ve  $2M_1 + 1M + 1M_d$  polytypes and the values of b unit-cell distances show a composition close to ideal muscovite and low pressure conditions.*

*The rocks of the Çıǧlı Group offer differences in terms of rare occurrence of kaolinite, appearance of moganite and C-V and the dominance of dolomite and hematite in most levels, and diagenesis/metamorphism grades are also high, when compared with the equivalent units in the Diyarbakır-Hazro area. Lower Triassic series regionally seem to have a deeper depositional environment, and have relatively higher maturation because of the volcanic feeding and tectonic burial in the Diyarbakır-Şırnak direction from west to east.*

**Key Words:** Arabian Plate, XRD, Phyllosilicate, b unit-cell distance, Crystallinity

**GİRİŞ**

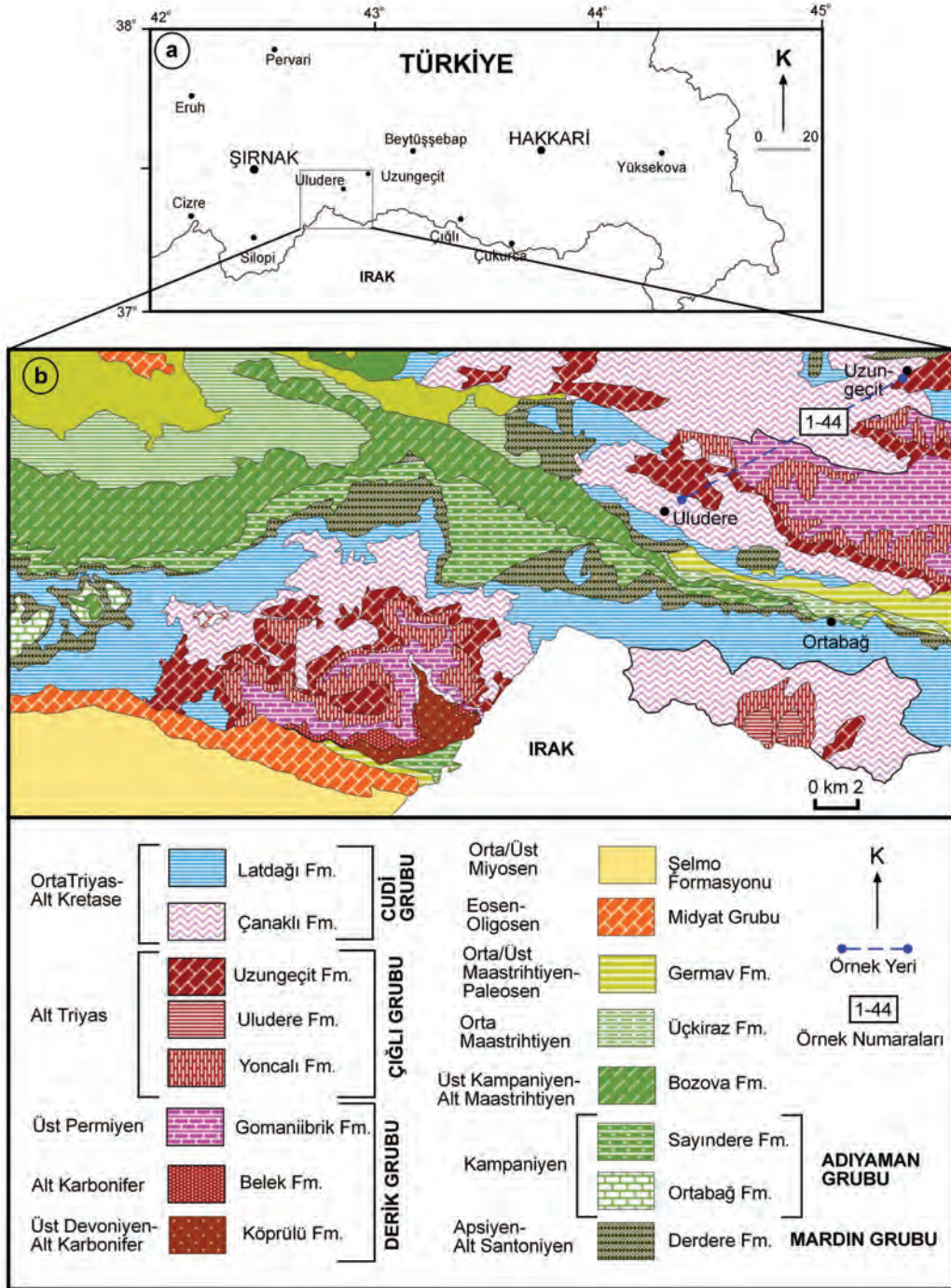
Arap Levhası'nın Türkiye'de Güneydoğu Anadolu Kuşağı olarak bilinen kesimi; Bitlis-Pütürge Kristalin Karmaşığı ve Prekambriyen-Tersiyer yaşlı otokton sedimanter kayalar ile temsil edilen Güneydoğu Anadolu Otoktonu (GDAO) olmak üzere iki tektonik birlikten oluşmaktadır (Göncüoğlu ve diğ., 1997). GDAO Arap Platformu'nun Türkiye sınırları içerisindeki en kuzey kesimini temsil etmekte olup; Alt Triyas yaşlı Çıǧlı Grubu'na ait kayalar bu alanda en yaygın yüzeylemelere sahiptir (Kozak ve diğ., 1977). Çıǧlı Grubu kayalarının GD Anadolu bölgesindeki eşdeğerleri eşdeğerleri yanal olarak

doğudan batıya doğru Hakkari-Çukurca, Şırnak-Uludere, Diyarbakır-Hazro ve Antakya-Kırıkhan (Amanos Dağları) yörelerinde gözlenmektedir. Çıǧlı Grubu Diyarbakır-Hazro yöresinde daha sınırlı yüzlekler sunmakta, Amanoslarda çok daha sınırlı bir yayılıma sahip olduğundan Cudi Grubu içinde değerlendirilmiştir (Bozkaya ve Yalçın, 2013).

Çıǧlı Grubu kayaları Diyarbakır-Hazro antiklinali güney kanadında ve Hakkari-Çukurca dolaylarında Paleozoyik yaşlı Gomanibrik Formasyonu üzerinde uyumsuz, buna karşın Orta Triyas-Alt Kretase yaşlı Cudi Grubu'na ait Çanaklı Formasyonu ile uyumlu sınır ilişkisi sunmaktadır

(Tuna, 1973; Perinçek, 1987; Yılmaz, 1982; Günay, 1998). Diyarbakır-Hazro antiklinali güney kanadında ise Çığlı Grubu'nun üzerinde Mardin

Grubu uyumsuzlukla yer almaktadır (Yılmaz, 1982).



Şekil 1. a) Uludere bölgesinin yer bulduru haritası, b) 1:100.000 ölçekli N49 paftası jeoloji haritası (MTA, 2002).

Figure 1. a) Location map of the Uludere region, b) Geology map of the 1:100,000 scaled N49 sheet (MTA, 2002).

GDAO'nun (Bozkaya ve Yalçın, 2013; Bozkaya ve diğ., 2009, 2011; Tetiker ve diğ., 2015) ve özellikle Torid Kuşağı'nın (Çelik ve diğ., 1991; Bozkaya ve Yalçın 2000, 2004a, 2004b, 2005, 2010, 2013; Bozkaya ve diğ., 2002) Paleozoyik-Mezozoyik yaşlı birimlerinde diyajenetik/metamorfik tarihenin aydınlatıldığı birçok ayrıntılı çalışma gerçekleştirilmiştir. Bunları tamamlayıcı nitelikte olmak üzere, bu çalışmada GDAO'nun Uludere-Uzungeçit (Şırnak) bölgesinde yüzeyleyen Çığlı Grubu'na ait karbonat ve pelitik kayaların mineralojik özellikleri ortaya konularak, Diyarbakır-Hazro yöresindeki eşdeğerleri ile karşılaştırılması ve sonuçta yanal olarak istiflere ait havzaların provenans, mineral birliktelikleri, diyajenetik/metamorfik evrimlerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

MTA (2002) tarafından oluşturulan jeoloji haritası ve bölgedeki kayaların stratigrafik dağılımına göre (Şekil 1); Alt Triyas yaşlı Çığlı Grubu birimleri alttan üste doğru Yoncalı, Uludere ve Uzungeçit formasyonlarından oluşmaktadır (Perinçek, 1978; 1980 ve 1990). Yoncalı Formasyonu'nun gel/git düzlüğü-sığ deniz ortamında çökeldiği belirtilmiştir (Perinçek ve diğ. 1991). Uludere Formasyonu altta Yoncalı ve üstte ise Uzungeçit formasyonları ile yanal ve düşey geçişli olup (Açıkbaş, 1978; Perinçek, 1980); karasal-geçiş-sığ deniz (Açıkbaş, 1978; Perinçek ve diğ., 1991) ortamında çökeltiştir. Altındaki Uludere Formasyonu ile uyumlu ve düşey geçişli olan Uzungeçit Formasyonu sığ deniz-gel/git düzlüğü ortamını (Açıkbaş, 1978; Perinçek ve diğ. 1991) temsil etmektedir. Cudi Grubu birimler (Çanaklı ve Latdağı formasyonları) Çığlı Grubu birimlerini uyumlu olarak üzerlemektedir.

## MATERYAL VE YÖNTEM

1:100.000 ölçekli N49 paftasında yer alan Alt Triyas yaşlı Çığlı Grubu pelitik-karbonatlı

kayaçlardan Uludere-Uzungeçit arasında yapılan arazi çalışmasında noktasal ve ölçülü kesitler (başlangıç 37°29' K, 42°59' D; bitiş 37°26' K, 42°52' D) boyunca toplam 44 adet örnek alınmıştır. Örnekler üzerinde sırasıyla optik (OM) ve taramalı elektron mikroskobu (SEM), X-ışınları difraksiyonu (XRD)-tüm kayaç (TK) ve kil fraksiyonu (KF) incelemeleri yapılmıştır. OM incelemeleri alttan aydınlatmalı binoküler polarizan mikroskopta, XRD incelemeleri Rigaku Miniflex-2 marka cihazda Batman Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Laboratuvarları'nda, SEM incelemeleri ise Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı Araştırma Merkezi'nde (Ankara) gerçekleştirilmiştir.

OM incelemeleri hazırlanan ince-kesitlerde NIKON ve LEICA marka binoküler alttan aydınlatmalı polarizan mikroskopta yapılmıştır. Bu yöntem ile dokusal özellikler, bileşenler, bozuşma (alterasyon) ve bozunma (yüzeysel) ürünleri tanımlanarak kayaçların adlandırılmalarının yanı sıra minerallerin kökeni de aydınlatılmaya çalışılmıştır.

XRD çalışmalarında kullanılan örnekler RECSH marka çeneli kırıcıda 5 mm'den küçük taneler halinde ve yine aynı marka 150 ml kapasiteli silikon karbid çanağa ve 70 rpm dönme hızına sahip öğütücüde kayaçların sertlik durumuna göre ortalama 10-20 dk süreyle öğütülüp plastik poşetlerde paketlenmiştir. XRD çözümlenmeleri Rigaku marka Miniflex-2 model X-ışınları difraktometresinde (Anot = CuK $\alpha$  1.541871 Å, Filtre = Ni, gerilim = 35 kV, akım = 15 mA, gonyometre hızı = 1 veya 2°/dak., kağıtıza = 2cm/dak., zaman sabiti = 1 sn, yarıklar = 1° 0.15 mm 1° 0.30 mm, kağıt aralığı = 2° = 5-35° ve 4-30°) yapılmıştır. Birimlerden alınan örneklerin tüm kayaç ve kil boyu bileşenleri (< 2  $\mu$ m) tanımlanmış ve yarı nicel yüzdeleri de dış standart yöntemi (Brindley, 1980; Yalçın ve Bozkaya, 2002)

esas alınarak hesaplanmıştır. Kil minerallerinin tanımlanması (001) bazal yansımalarına göre yapılmış olup; zenginleştirme işlemi kimyasal çözme (kil-dışı fraksiyonun uzaklaştırılması), santrifüjleme (Hettich marka Rotina 380 model 5000 devir/dk hıza ve 200 cc kapasiteli polietilen kode) – dekantasyon/dinlendirme – yıkama – süspansiyonlama – sedimentasyon – sifonlama – şişeleme gibi klasik işlemlerden oluşmaktadır. Kil fraksiyonu difraktogramları normal-N (havada kurutulmuş), glikolleme-EG (60 °C de 16 saat desikatörde etilen glikol buharında şişirme) ve fırınlama-F (490 °C de 4 saat fırında ısıtma) işlemlerinden geçirilerek elde edilmiştir.

Kil fraksiyonundan itibaren illit “kristalinite” ölçümü için 10-Å illit pikinin yarı yüksekliğindeki genişliği ( $\Delta^2\Theta$ ) (Kübler indeksi - KI: Kübler, 1968; Guggenheim ve diğ., 2002) kullanılmıştır. Batman Üniversitesi’nde ölçülen KI değerleri CIS standartlarına (Warr ve Rice, 1994) göre kalibre edilmiştir ( $IC_{CIS}=1.344 \times IC_{BU}+0.002$ ,  $r^2=0.98$ ). Ankizonun üst ve alt sınırları CIS standartları için 0.25 ve 0.42 ( $\Delta^2\Theta$ ) (Warr ve Rice, 1994) olarak önerilmekle birlikte, Warr ve Ferreiro Mählmann’ın (2015) CIS verilerine ilişkin yeniden değerlendirmeleri doğrultusunda 0.32 ve 0.52 ( $\Delta^2\Theta$ ) olarak alınmıştır.

Klorit “kristalinite” ölçümlerinde 7-Å klorit pikinin yarı yüksekliğindeki genişliği ( $\Delta^2\Theta$ ; Arkai İndeksi - AI : Arkai, 1991; Guggenheim ve diğ., 2002) kullanılmıştır. Batman Üniversitesi’nde ölçülen AI değerleri CIS standartlarına (Warr ve Rice, 1994) göre ölçülen değerlere dönüştürülmüştür ( $AI_{CIS}=0.701 \times AI_{BU}+0.102$ ,  $r^2=0.93$ ). AI için diyajenez-ankizon ve ankizon-epizon sınırları sırasıyla 0.33 ve 0.26 ( $\Delta^2\Theta$ ) olarak önerilmiştir (Arkai, 1991; Arkai ve diğ., 1995; Arkai ve Ghabrial, 1997).

Saf ve/veya safa yakın illit politipleri; XRD yönlendirilmemiş toz çekimlere ( $2\Theta=16-36^\circ$ ) ait ayırtman pikler (Bailey, 1988) kullanılarak tanımlanmıştır. İllit politip oranları (%) ise karakteristik pik alanlarının oranlarından itibaren önerilen eşitlikler (Grathoff ve Moore, 1996) yardımıyla hesaplanmıştır.

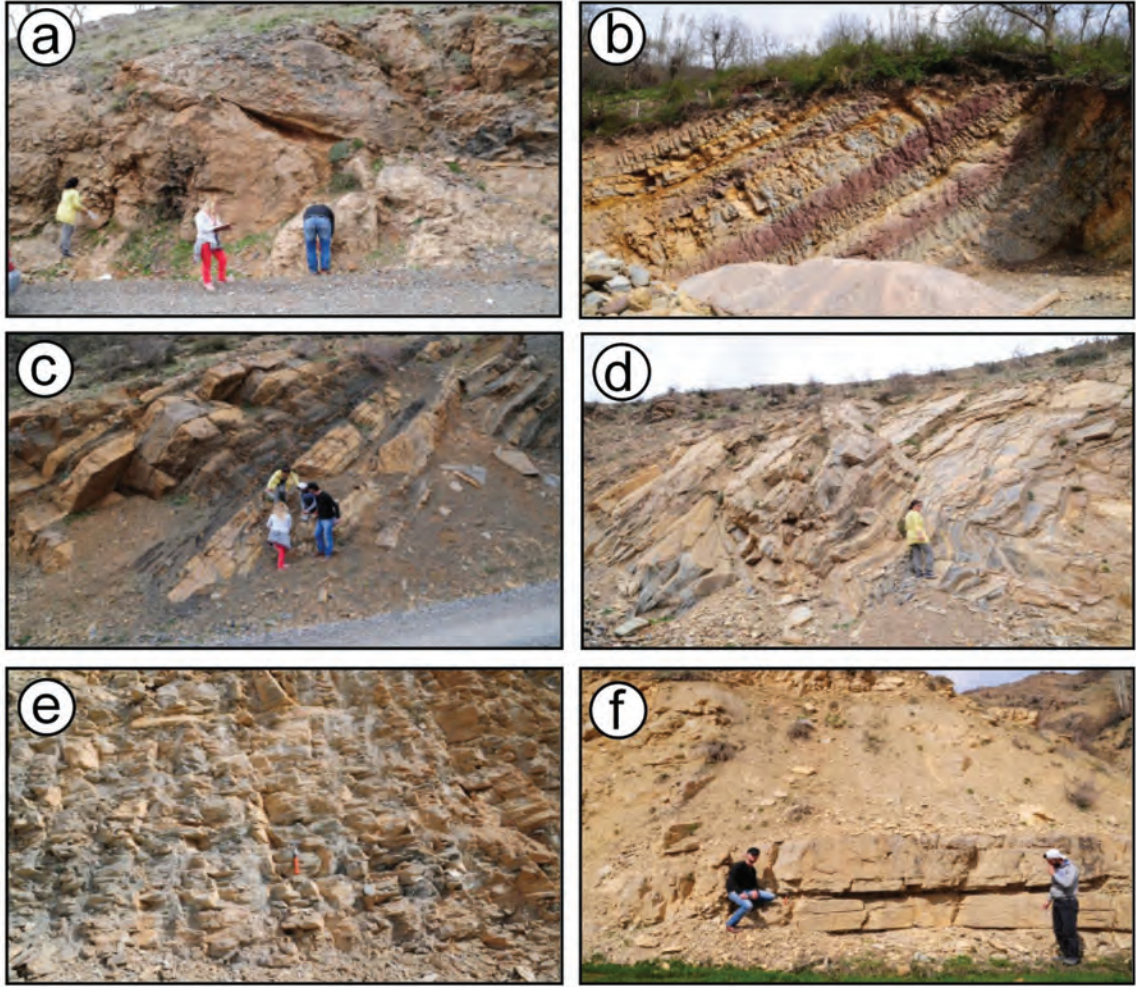
## LİTOLOJİ

Çığlı Grubu’na ait birimlerin (Yoncalı, Uludere ve Uzungeçit formasyonları) litolojik özellikleri aşağıda sunulmuştur:

Yoncalı Formasyonu silttaşı, şeyl, kireçtaşı ve dolomit ile temsil edilmektedir. Dolomit türü kayaçlar sarı renkli olup; ince-orta tabakalıdır (Şekil 2a). Birim içerisinde sarı-kırmızı-gri renkli karbonatlı silttaşı ve şeyl seviyeleri aralanma sunmaktadır (Şekil 2b). Birimde kumlu ve/veya siltli kireçtaşı arakatıkları da gözlenmektedir.

Uludere Formasyonu kireçtaşı arakatıkları içeren karbonatlı (kalsit ve/veya dolomit) ve yer yer kumlu kırıntılı kayaç (şeyl ve silttaşı) aralanmasından oluşmaktadır. Şeyl ve silttaşları sarı, yeşil, gri, kırmızı ve siyah renkli olup; yaygın olarak midye kabuğu kırılmaları göstermektedir. İnce taneli killi-kırıntılı kayaçlar birbirlerine sıklıkla geçiş göstermektedir. Sarı renkli, killi ve/veya kumlu kireçtaşları sert çıkıntılar halinde bulunmaktadır (Şekil 2c). Birimde yer yer belirgin kıvrımlanmalar da gözlenmektedir (Şekil 2d).

Uzungeçit Formasyonu çört yumrulu kumlu kireçtaşı, dolomit, karbonatlı silttaşı ve şeyl ile temsil edilmektedir. Kireçtaşı seviyeleri sarı-gri renkli ve ince tabakalı olup (Şekil 2e); yer yer gri renkli silttaşı ve şeyl ile ara tabakalanmalıdır. Birimin alt seviyelerinde dolomitler sarı renkli ve kalın tabakalı görünüm sunmaktadır (Şekil 2f).



**Şekil 2.** Çığılı Grubu kayaçlarının arazi görünüşleri, (a) Yoncalı Formasyonu'nun sarı renkli dolomitleri, (b) Yoncalı Formasyonu kırmızı renkli silttaşı ve sarı renkli şeyl ardalanması, c) Uludere Formasyonu'nda sarı renkli kireçtaşı ve siyah renkli şeyl ardalanması, d) Uludere Formasyonu'nda sarı-krem renkli kıvrımlı karbonat-şeyl ardalanması, e) Uzungeçit Formasyonu'nun gri renkli şeyl arakatlı sarı renkli laminalı kireçtaşları, f) Uzungeçit Formasyonu'nun sarı renkli kalın tabakalı dolomitleri.

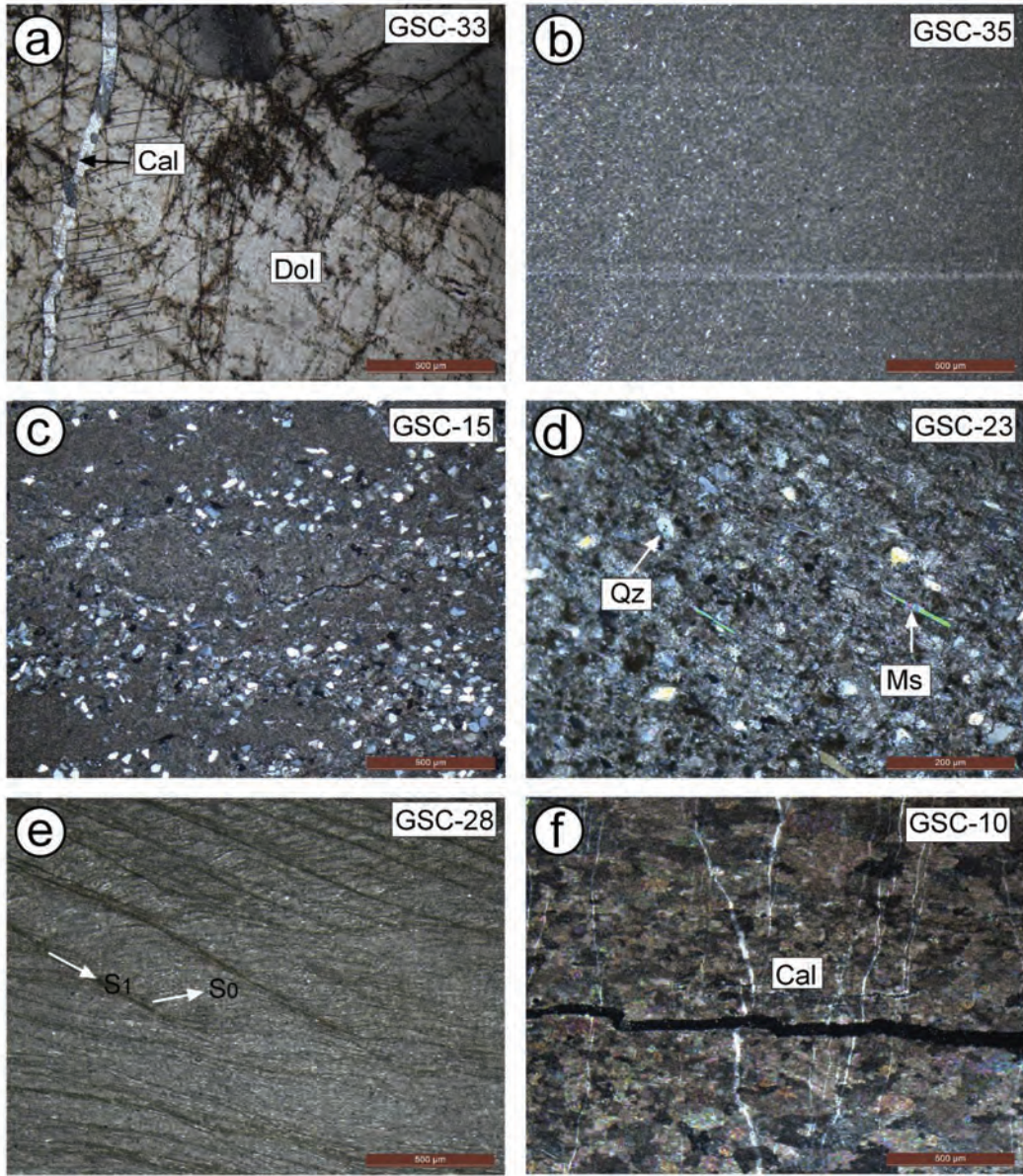
**Figure 2.** Field views of the Çığılı Group rocks, (a) Yellow colored dolomites from the Yoncalı Formation, (b) The alternations of red colored siltstone and yellow colored shale from the Yoncalı Formation, (c) The alternations of yellow colored limestone and black colored shale from the Uludere Formation, (d) The alternations of yellow-cream colored and folded limestone and shale from the Uludere Formation, (e) Yellow-gray colored and laminated dolomites with shale interclations from the Uzungeçit Formation, (f) Yellow colored and thick bedded dolomites from the Uzungeçit Formation.

## PETROGRAFI

### Optik Mikroskop İncelemeleri

Yoncalı Formasyonu karbonat kayaçlarında dolomit mineralleri iri taneler biçiminde

bulunmaktadır (Şekil 3a). Bu kayaçların çatlaklarında kalsit dolguları gözlenmektedir. Şeyller ince taneli olup; laminasyonlar belirgin olarak izlenebilmektedir (Şekil 3b).



**Şekil 3.** Çığlı Grubu kayaçlarının optik mikroskop mikrofotografaları (a-d ve f:çift nikol, e:tek nikol; Cal:Kalsit, Dol:Dolomit; Ms:Muskovit, Qz:Kuvars), (a) Yoncalı formasyonu'nda dolomit mineralleri ve çatlaklarda ikincil kalsit oluşumları, (b) Yoncalı Formasyonu'nda ince taneli ve laminalı karbonatlı silttaş, (c) Uludere Formasyonu'nda kumlu mikrosparit, (d) Uludere Formasyonu'nun karbonatlı silttaş-şeyl örneğinde yönlenmiş muskovit mineralleri, (e) Uludere Formasyonu'nun silttaş-şeyl örneğinde klivaj dokusu, (f) Uzungeçit Formasyonu'nda grift dokulu kireçtaşı.

**Figure 3.** Optical microscopic microphotographs of the Çığlı Group rocks (a-d and f:crossed polarized light/crossed polars, e:plane polarized light; Cal:Calcite, Dol:Dolomite, Ms:Muscovite, Qz:Quartz), (a) Dolomite minerals and secondary calcite occurrences in the cracks in the Yoncalı Formation, (b) Fine grained and laminated calcareous siltstone in the Yoncalı Formation, (c) Sandy microsparite in the Uludere Formation, (d) Oriented muscovite minerals in the calcareous siltstone-shale sample of the Uludere Formasyonu, (e) Cleavage texture in the siltstone-shale sample of the Uludere Formation, (f) Suture textured limestone in the Uzungeçit Formation.

Uludere Formasyonu'nun sparitik kireçtaşlarında ortokemi kalsit ve/veya dolomit, litoklastik bileşenleri ise köşeli kuvars taneleri oluşturmaktadır (Şekil 3c). Siltaşı-şeyl örnekleri çoğunlukla karbonat çimentoludur (Şekil 3d). Bu kayaçlarda silt ve kil tane boyu bileşenlerinin oluşturduğu mikro laminalanma yaygın olup; ince uzun muskovit minerallerinde mikro yönlenmeler ile ince taneli ve köşeli kuvars mineralleri gözlenmektedir. Ayrıca bazı buruşma klivajına sahip pelitik kayaçlarda  $S_0$  ve  $S_1$  düzlemleri ayırt edilebilmektedir (Şekil 3e).

Uzungeçit Formasyonu'nun iri taneli (sparitik) kireçtaşları girift/süturlu dokuya sahip olup; bütünüyle kalsit mineralleri ile temsil edilmektedir (Şekil 3f). Bazı kireçtaşları ise ince ve/veya iri taneli bantlar ve kalsit dolgulu çatlaklar ile oldukça ince taneli kuvars ve fillosilikat mineralleri içermektedir.

### Taramalı Elektron Mikroskop İncelemeleri

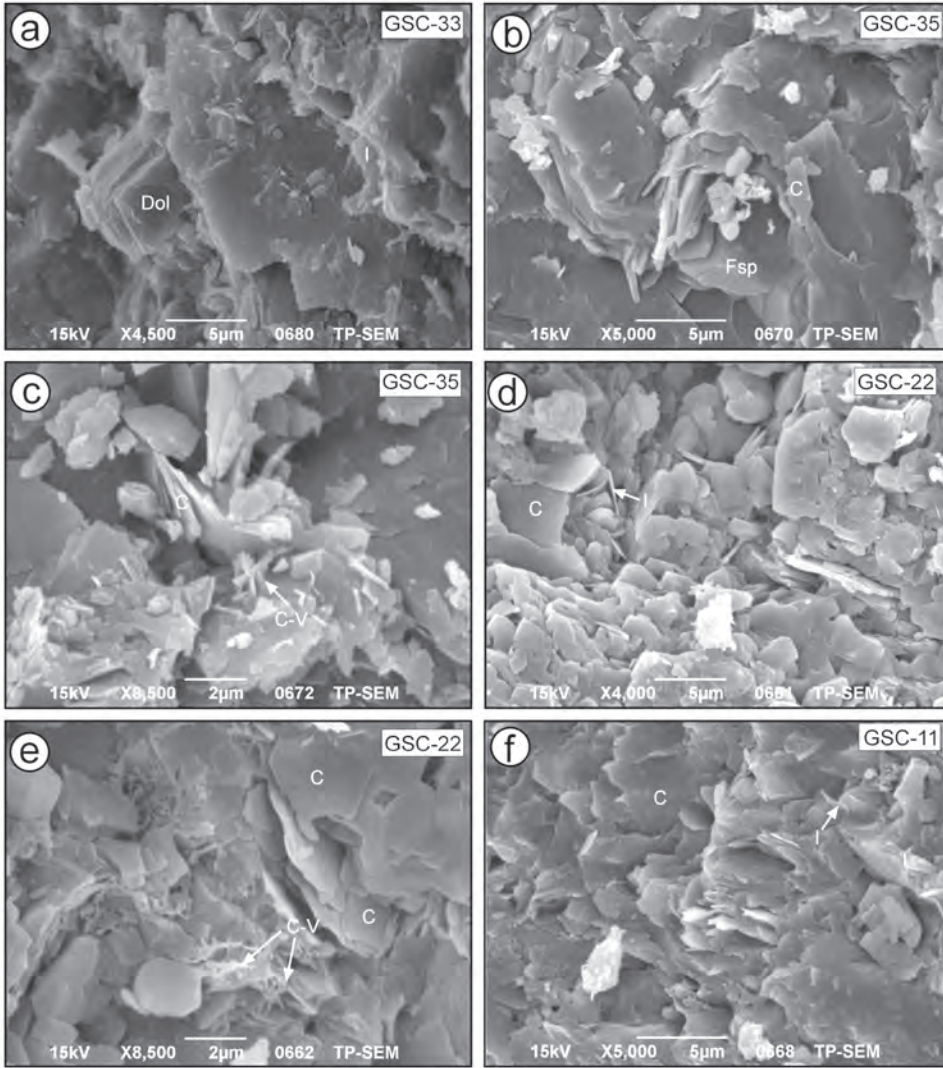
Yoncalı Formasyonu dolomit örneğinde (GSC-33: dolomit + kalsit ± kil) dolomitler 4-7  $\mu\text{m}$  boyutlarında olup; özşekilli rombohedral yüzeylere sahiptir. Diyajenetik ve/veya otijenik illitler dolomitlerin sınırında ve kısmen de

üzerinde gelişmişlerdir (Şekil 4a). Karbonatlı şeyl örneğinde (GSC-35: illit + klorit + kuvars + kalsit + feldispat + dolomit) 5  $\mu\text{m}$ 'yi aşan boyutlarda iri klorit levhaları gözlenmekte olup, prizmatik feldispat tanelerini çevreler biçimde bükülmüşlerdir (Şekil 4b). Diyajenetik illit ve karışık tabakalı klorit-vermikülit (C-V) mineralleri ince tane boyutlu ( $<2 \mu\text{m}$ ) olup, sırasıyla ışınal-lifsel ve levhamsı-saçaksı biçimler sunmaktadır (Şekil 4c).

Uludere Formasyonu pelitik kayaçlarında (GSC-22: klorit + illit + C-V + kuvars + kalsit + feldispat + hematit) yarı-özeşekilli, özşekilli levhamsı-bıçaksı kloritler ve ince-taneli saçaksı illitler bulunmaktadır (Şekil 4d). Karışık tabakalı C-V ışınal-lifsel biçimli olmalarıyla iri levhamsı illitlerden ayrılmaktadır (Şekil 4e).

Uzungeçit Formasyonu killi kireçtaşı örneğinde (GSC-11: klorit + illit + kalsit + dolomit + kuvars) levhamsı illit/K-mika ve kloritler 1-5  $\mu\text{m}$  arasında değişen boyutlara sahiptir. İllit/K-mika ve kloritler örnekteki yönlenmenin ana bileşenlerini temsil etmekte olup, yönlü levhamsı paketler halinde gözlenmektedir (Şekil 4f). İllitler ince-tane boyutlu ( $<2 \mu\text{m}$ ) yer yer bükülmüş püskülsü-saçaksı biçimleriyle, iri tane boyutlu ( $>2 \mu\text{m}$ ) levhamsı kloritlerden ayırt edilmektedir.





**Şekil 4.** Çığlı Grubu kayaçlarının SEM görünüşleri (a-c:Yoncalı Formasyonu, d-e:Uludere Formasyonu, f:Uzungeçit Formasyonu; Dol:Dolomit, I:İllit, C:Klorit, C-V:Karışık tabakalı klorit-vermikülit), a) Euhedral dolomite crystals and tasseled-fringed diagenetic illites in the dolomite sample, b) Tightly packed and coarse-grained platy chlorites surrounding euhedral feldspar crystal in the dolomite sample, c) Tightly packed and platy chlorites, radial-fibrous mixed-layered C-V and fine-grained and fringed illites in the shale with carbonate sample, d) Subhedral to euhedral, platy-bladed chlorites and fine-grained fringed illites in the shale sample, e) Radial-fibrous mixed-layered C-V among coarse-grained chlorite plates in the shale sample, f) Platy and oriented chlorite packets, and fine-grained and fringed illites in the clayey limestone.

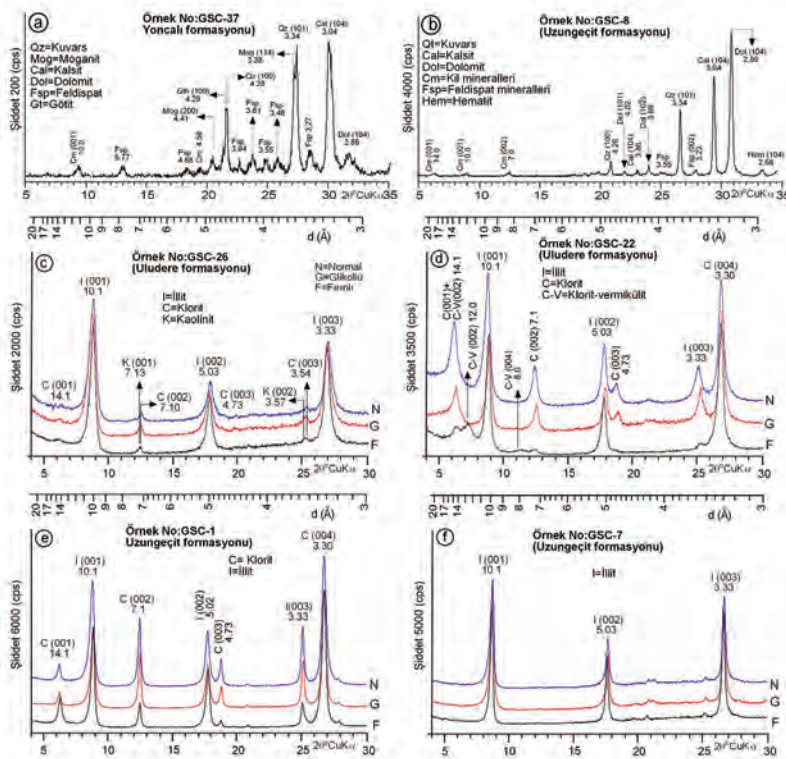
**Figure 4.** SEM views of Çığlı Group rocks (a-c:Yoncalı Formation, d-e:Uludere Formation, f:Uzungeçit Formation; Dol:Dolomite, I:Illite, C:Chlorite, C-V:Mixed-layered chlorite-vermiculite), a) Euhedral dolomite crystals and tasseled-fringed diagenetic illites in the dolomite sample, b) Tightly packed and coarse-grained platy chlorites surrounding euhedral feldspar crystal in the dolomite sample, c) Tightly packed and platy chlorites, radial-fibrous mixed-layered C-V and fine-grained and fringed illites in the shale with carbonate sample, d) Subhedral to euhedral, platy-bladed chlorites and fine-grained fringed illites in the shale sample, e) Radial-fibrous mixed-layered C-V among coarse-grained chlorite plates in the shale sample, f) Platy and oriented chlorite packets, and fine-grained and fringed illites in the clayey limestone.

## X-IŞINI MİNERALOGİSİ

Yoncalı Formasyonu'nda karbonat (kalsit, dolomit), silis (kuvars, moganit), feldispat, fillosilikat (illit, klorit) ve götit; Uludere Formasyonu'nda karbonat (kalsit, dolomit), kuvars, feldispat, fillosilikat (illit, klorit, karışık tabakalı klorit-vermikülit/C-V, sadece bir örnekte çok eser miktarda kaolinit) ve hematit; Uzungeçit Formasyonu'nda karbonat (dolomit, kalsit), silis (kuvars, opal-CT), fillosilikat (klorit, illit), feldispat ve hematit mineralleri saptanmıştır

(Şekil 5a). Yoncalı Formasyonunda bulunan moganit mineralleri 3.38 Å daki (114) yüzeyine ait pik ile kuvars mineralinin (101) yüzeyinden ayırt edilmiştir (Şekil 5b).

Fillosilikat parajenezleri Yoncalı Formasyonu için illit + klorit; Uludere Formasyonu için illit + klorit, illit + klorit + kaolinit (Şekil 5c) illit + klorit + C-V (Şekil 5d) ve Uzungeçit Formasyonu için illit + klorit birlikteliği (Şekil 5e) ve illit (Şekil 5f) biçiminde dağılım göstermektedir.

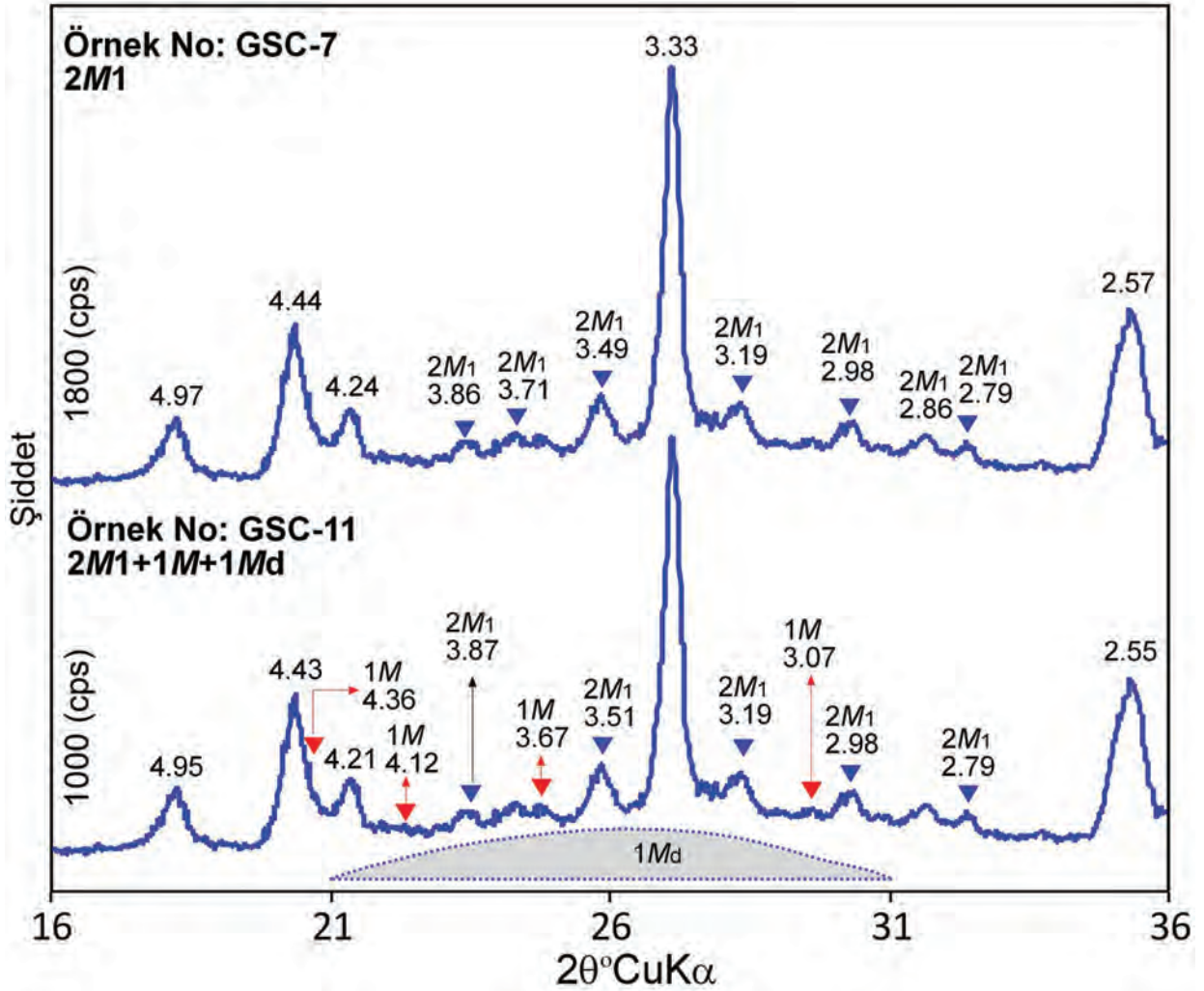


**Şekil 5.** Çığılı Grubu kayaçlarının XRD tüm kayaç ve kil fraksiyonu difraktogramları, a) Uzungeçit Formasyonu karbonatlı şeyl örneğinde dolomit ve eşlikçi mineraller, b) Yoncalı Formasyonu siltli şeyl örneğinde moganit ve eşlikçi mineraller, c) Uludere Formasyonu karbonatlı silttaş-şeyl örneğinde illit + kaolinit + klorit birlikteliği, d) Uludere Formasyonu silttaş-şeyl örneğinde klorit + illit + karışık tabakalı C-V birlikteliği, e) Uzungeçit Formasyonu killi-kumlu kireçtaşı örneğinde klorit + illit birlikteliği, f) Uzungeçit Formasyonu killi kireçtaşı örneğinde yaklaşık saf illit minerali.

**Figure 5.** XRD whole-rock and clay fraction diffractograms of Çığılı Group rocks, a) Dolomite and associated minerals in the sample of shale with carbonate from Uzungeçit Formation, b) Moganite and associated minerals in the sample of silty shale from Yoncalı Formation, c) Chlorite + illite association in the sample of clayey-sandy limestone from Uzungeçit Formation, d) Illite + kaolinite + chlorite association in the sample of siltstone-shale from Uludere Formation, e) Chlorite + illite + mixed-layered C-V association in the sample of siltstone-shale from Uludere Formation, f) Nearly pure illite mineral in the sample of clayey limestone from Uzungeçit Formation.

Uzundere Formasyonu illitleri GSC-7 ve GSC-11 nolu örnekler için sırasıyla  $2M_1$  (% 85) +  $1M_d$  (% 15) ve  $2M_1$  (% 45) +  $1M$  (% 10) +  $1M_d$  (% 45) politipleri sergilemektedir (Şekil

6). İllit  $b$  birim-hücre mesafeleri 8.952-8.995 Å (ortalama 8.971 Å) olup; ideal muskovite yakın bir bileşimi ve düşük basınç fasiyesi koşullarını göstermektedir.



Şekil 6. Uzungeçit Formasyonu'nda  $2M_1$  ve  $2M_1 + 1M + 1M_d$  politiplerine sahip illitlerin yönlendirilmemiş XRD toz difraktogramları.

Figure 6. XRD unoriented powder diffractograms of  $2M_1$  and  $2M_1 + 1M + 1M_d$  polytypes from illites in the Uzungeçit Formation.

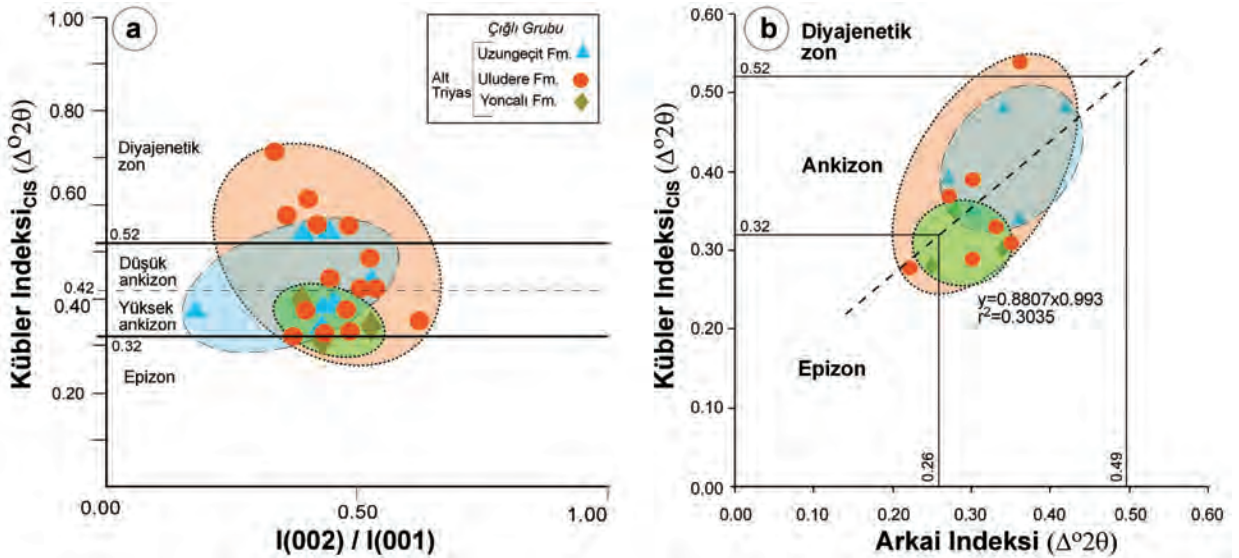
Illit minerallerinde Kübler İndeksi: KI (Kübler, 1968;  $\Delta^{\circ}2\theta$ ) değerlerine göre; Yoncalı Formasyonu yüksek ankizon (0.32-0.40, ortalama 0.35); Uludere (0.32-0.72, ortalama 0.46) ve Uzungeçit (0.26-0.50, ortalama 0.37) formasyonları ise ankizon-yüksek diyajenez derecesini yansıtmaktadır (Şekil 7a).

Klorit minerallerine ait Arkai İndeks ( $AI:\Delta^{\circ}2\theta$ ) değerleri (Arkai, 1991; Guggenheim ve diğ., 2002) Yoncalı Formasyonu için 0.28-0.71 (ortalama 0.41), Uludere Formasyonu için 0.26-0.50 (ortalama 0.37) ve Uzungeçit Formasyonu için 0.27-0.42 (ortalama 0.34) arasında değişmektedir. AI ve KI verileri birlikte değerlendirildiğinde, ankizon-diyajenez derecelerine sahip birimler birbirinden ayrılmaktadır (Şekil 7b). Ayrıca, Arkai (1991) tarafından önerilen epizon başlangıç sınırıyla ( $AI < 0.26 \Delta^{\circ}2\theta$ ) aynı, buna karşın ve ankizon üst sınırına karşılık gelen AI değerinden ( $AI = 0.33 \Delta^{\circ}2\theta$ ) farklıdır ( $AI = 0.49 \Delta^{\circ}2\theta$ ).

Birimleri oluşturan minerallerin dikey dağılımlarına göre (Şekil 8); Yoncalı Formasyonu için moganit, Uludere Formasyonu için karışık tabakalı C-V ve Uzungeçit Formasyonu için dolomit ve opal-CT tipik ve/veya en bol bulunan minerallerdir.

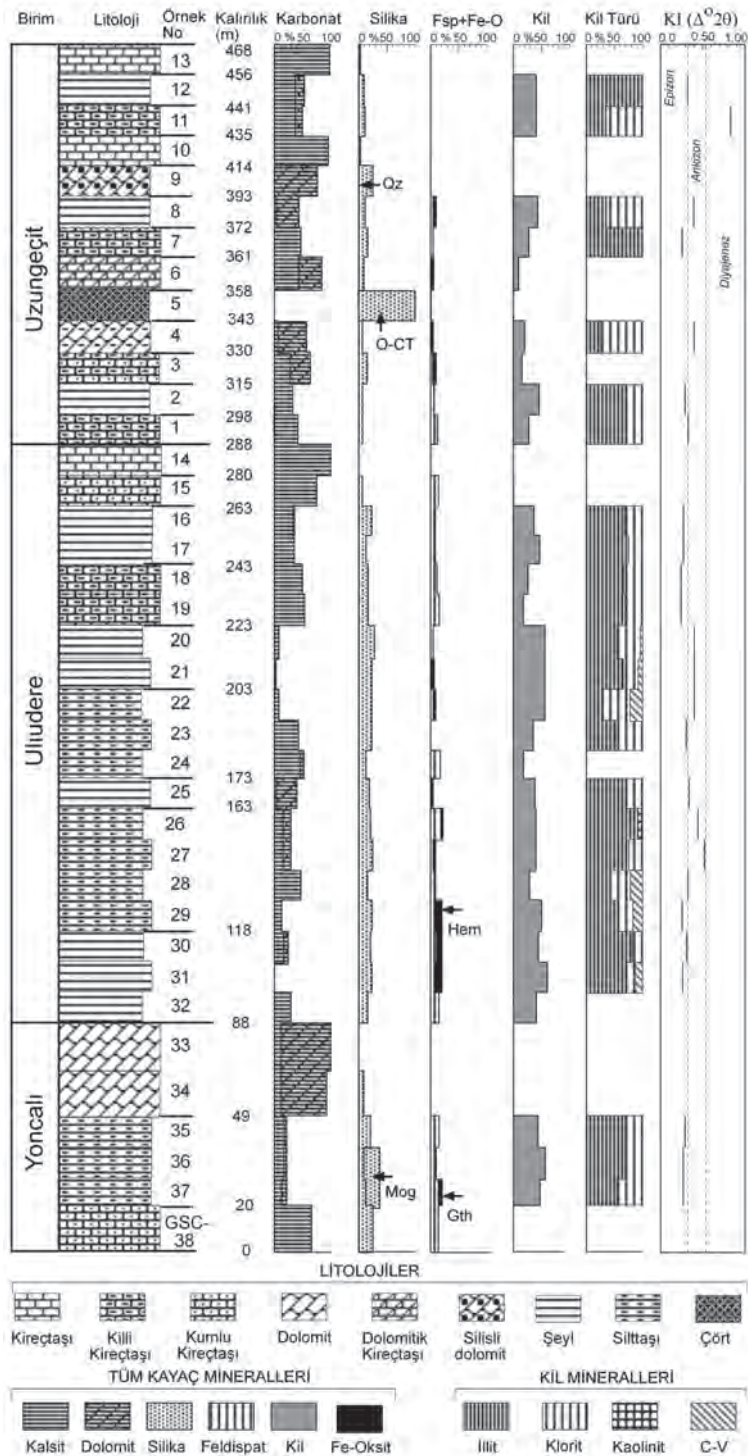
## TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Alt Triyas yaşlı Çığlı Grubu birimleri alttan üste doğru artan basınç-sıcaklık ile uyumlu olarak ankizon-diyajenetik zon biçiminde gelişen sedimanter gömülme ile ilişkili ortaya çıkan dokusal ve mineralojik özelliklere sahiptir. Dokusal ve mineralojik izleri özellikle pelitik kayalardaki klivaj dokusu, illit/K-mika ve klorit yönelmeleri ile illit-K-mika ve klorit-C-V dönüşümleri oluşturmaktadır. Diğer taraftan; illit + klorit ve yer yer eşlik eden karışık tabakalı C-V birlikteliğinin baskınlığı ve kaolinitin ender bulunması ve smektitin bulunmayışı artan gömülmeyle birlikte meydana gelen mineralojik değişim/dönüşümlere işaret etmektedir.



Şekil 7. Çığlı Grubu kayaların diyajenetik/metamorfik dereceleri, a) K-mikalarda KI ve I(002)/(001) pik şiddeti oranlarına göre dağılımları, b) K-mikalarda KI ve AI değerleri arasındaki ilişki.

Figure 7. The diagenetic/metamorphic grades of the Çığlı Group rocks, a) The distributions of KI and I(002)/(001) peak intensity ratios in the K-micas, b) The relationships between KI and AI values in the K-micas.



**Şekil 8.** Çığı Grubu'nda saptanan minerallerin dikey dağılımları (Qz:Kuars, Mog:Moganit, O-CT:Opal-CT, Fsp:Feldispat, Hem:Hematit, Gth:Götüt).

**Figure 8.** The vertical distributions of minerals determined in the Çığı Group (Qz:Quartz, Mog:Moganite, O-CT:Opal-CT, Fsp:Feldspar, Hem:Hematite, Gth:Goethite).

Kloritlerin yarı-özşekilli levhamsı-prizmatik biçimli iri kristaller halinde gözlenmeleri, mevcut diyajenetik koşullardan daha yüksek diyajenez/metamorfizma koşullarını (detritik köken) yansıtmakla birlikte, illitlerin saçaksı, karışık tabakalı C-V minerallerinin ışınalı-lifsel biçimli olmaları, bunların detritik kökenden ziyade, sedimanter koşullarla ilişkili (diyajenetik/otijenik) olduklarını göstermektedir. Diğer bir ifadeyle, İllit/K-mika ve klorit minerallerinin levhamsı paketler halinde yönlendirmeleri; ayrıca bu minerallerin kristal-kimyasal verileri (KI ve politipi) ileri diyajenez/çok düşük dereceli metamorfizma koşullarını yansıtmaktadır.

Şırnak-Uludere-Uzungeçit ve Diyarbakır-Hazro yörelerinde yüzeyleyen Çıgılı Grubu'nun eşdeğer birimlerine göre (Bozkaya ve diğ., 2011) mineralojik bileşim farklılıkları sergilemektedir (Çizelge 1). İnceleme alanında yer alan formasyonlar özellikle dolomit ve çörtlerin baskınlığı bakımından Hazro bölgesindekilerden (Bozkaya ve diğ., 2011) farklıdır. Tüm kayaç mineralojisi bakımından değerlendirildiğinde; Hazro bölgesinde jips ve glokonit; incelenen alanda ise Fe-oksit/hidroksit (hematit ve götit) ve opal-CT'nin baskınlığının yanı sıra; moganit minerali de ortaya çıkmaktadır. GDAO birimlerinde moganit minerali ilk defa Mardin (Derik-Kızıltepe) yöresindeki Alt Paleozoyik ve Mesozoyik yaşlı birimlerde saptanmıştır (Tetikker ve diğ., 2012). Bir silika minerali olarak monoklinik sistemde kristalleşen moganitin deneysel ve gözlemsel verilerle diyajenetik kökene sahip olduğu ifade edilmektedir (Flörke ve diğ., 1976, 1984; Dunn ve diğ., 1985; Weintraub 1993; Heaney 1995; Heaney ve Post 1992, 2001; Gíslason ve diğ., 1997). İnceleme alanında silika minerallerinin bolluğu (kuvars, opal-CT ve moganit); bu mineralin oluşumunda volkanojenik beslenme ve/veya biyokimyasal

süreçlerin egemen olduğunu düşündürmektedir. Ayrıca bu mineralin Türkiye'de GDAO, bölgesel anlamda ise Arap Levhası kayaçları için ayırt edici olduğu ileri sürülebilir gözükmektedir. Fillosilikat mineralojisi açısından değerlendirildiğinde; Hazro bölgesinden glokonit, karışık tabakalı illit-smektit (I-S) ve kısmen kaolinitin yaygınlığına karşın; inceleme alanında kaolinit mineralleri ender olarak bulunmakta; buna karşın karışık tabakalı C-V mineralleri ortaya çıkmaktadır.

İllit politiplerinden  $1M$  ve  $1M_d$  diyajenetik (Merriman ve Peacor 1999; Grathoff ve diğ., 2001; Bozkaya ve Yalçın, 2010; Bozkaya ve diğ., 2012);  $1M$  ise magmatik (volkanik) mika (Merriman ve Roberts, 1985; Lopez-Munguira ve diğ., 1998; Bozkaya ve diğ., 2002) kökene;  $2M_1$  detritik ve/veya yüksek diyajenetik-çok düşük dereceli metamorfik (Örneğin; Frey, 1987; Merriman ve Peacor 1999; Grathoff ve diğ., 2001; Grathoff ve Moore, 2002; Bozkaya ve Yalçın, 2010 ve 2013; Bozkaya ve diğ., 2012) kökene işaret etmektedir. Diğer bir ifadeyle illit politipleri olası volkanik beslenmenin yanı sıra, artan diyajenez/metamorfizma derecesi ile de sentezlenmiş gözükmektedir.

Fillosilikatların kristal-kimyasal verilerine göre; Şırnak-Uludere-Uzungeçit yöresindeki Alt Triyas yaşlı birimlerin Diyarbakır-Hazro yöresindeki eşdeğer birimlere göre (Bozkaya ve diğ., 2011) daha yüksek diyajenez/metamorfizma derecesine sahip olduğu anlaşılmaktadır. Bu durum istiflerin paleocoğrafik dağılımlarının ve provenansının yanı sıra maruz kaldığı tektonizmaya da ilişkilidir. Diğer bir ifadeyle, Alt Triyas serileri daha derin bir çökeltme ortamına ve yayılımına, volkanik beslenme ile daha yüksek sedimanter ve tektonik gömülmeye sahip gözükmektedir.

**Çizelge 1.** Çığlı Grubu kayaçlarının Şırnak-Uludere ve Diyarbakır-Hazro (Bozkaya ve diğ., 2011) bölgelerindeki mineralojik özelliklerinin karşılaştırılması (Cal:Kalsit, Dol:Dolomit, Qz:Kuvars, O-CT:Opal-CT, Fsp:Feldispat, PS:Fillosilikat; Mog:Moganit, Gth:Götit, Gp:Jips, G:Glokonit, I:İllit, I-S:Karışık tabakalı illit-smektit, K:Kaolinit, C:Klorit, C-V:Karışık tabakalı klorit-vermikülit, CS:Kristalit boyutu).

**Table 1.** The comparison of mineralogical properties of Çığlı Group rocks in the Şırnak-Uludere and Diyarbakır-Hazro (Bozkaya et al., 2011) regions (Cal:Calcite, Dol:Dolomite, Qz:Quartz, O-CT:Opal-CT, Fsp:Feldspar, PS:Phyllosilicate; Mog:Moganite, Gth:Goethite, Gp:Gypsum, G:Glauconite, I:Illite, I-S:Mixed-layered illite-smectite, K:Kaolinite, C:Chlorite, C-V: Mixed-layered chlorite-vermiculite, CS:Crystallite size).

Bölge	Birim	Litoloji	Mineral	PS	KI ( $\Delta^2\Theta$ )	$d_{060}$ (Å)	Politipi	CS (nm)
Diyarbakır-Hazro	Çığlı	Şeyl Kireçtaşı	Cal+Dol+PS+Qz+Fsp+Gth+Gp	I+G+ I-S+K	0.81-1.14 (ort.1.00)	1.5033- 1.5053 (ort.1.5041)	1M 2M <sub>1</sub> +1M <sub>d</sub>	7-10 (ort.9)
		Dolomit						
Şırnak-Uludere	Uzungeçit	Kireçtaşı Şeyl	Cal+Dol+Qz+O-CT+Fsp+PS+Hem	C+I	0.31-0.48 (ort.0.38)	1.4921- 1.4991 (ort.1.4953)	2M <sub>1</sub> +1M <sub>d</sub> 2M <sub>1</sub> +1M+1M <sub>d</sub>	12-34 (ort.22)
	Uludere	Silttaşı Şeyl	Cal+Dol+Qz+Fsp+PS+Hem	I+C+C-V±K	0.28-0.63 (ort.0.40)		17-29 (ort.22)	
	Yoncalı	Dolomit Silttaşı Şeyl	Cal+Dol+Qz+Mog+Fsp+PS+Gth	I+C	0.28-0.35 (ort.0.31)		24-29 (ort.28)	

## KATKI BELİRTME

Yazarlar, arazi çalışmalarındaki destekleri için Batman Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü stajyer öğrencileri Özge ERENG, M.Şirin BASUTCU, M.Salih BULUT ve Sinan BEKİROĞLU'na; bilimsel hakemler olarak katkılarından dolayı Necati KARAKAYA (Selçuk Üniversitesi) ve S. Zehra KARAKAŞ'a (Ankara Üniversitesi) teşekkür ederler.

## EXTENDED SUMMARY

Çığlı Group of Lower Triassic age has common and typical outcroppings in the Uludere-Uzungeçit (Şırnak) region of the Southeast Anatolian Autochthone (SEAA) forming the northern extension of the Arabian Platform. It is represented by Yoncalı Formation (dolomite-siltstone-shale with limestone intercalation), Uludere Formation (shale/shale with carbonate-clayey limestone intercalated with dolomite) and Uzungeçit Formation (limestone with chert

nodule-dolomitic limestone-shale) from bottom to top. This study aims to reveal the mineralogical characteristics of the carbonate and pelitic rocks in the Çığlı Group. In this scope, optical and scanning electron microscopies, and also X-rays diffraction (whole-rock, clay fraction, *b* dimension and polytypes) methods were performed on the samples. In order of abundances of minerals obtained by XRD investigations as follows; Yoncalı Formation contains carbonate (calcite, dolomite), feldspar, phyllosilicate (illite, chlorite) and goethite minerals, and Uludere Formation is made up of carbonate (calcite, dolomite), quartz, feldspar, phyllosilicate (illite, chlorite, mixed-layered chlorite-vermiculite/C-V, and very minor amount of kaolinite in only a sample) and hematite minerals. Uzungeçit Formation has carbonate (dolomite, calcite), silica (quartz, opal-CT, moganite), phyllosilicate (chlorite, illite), and feldspar and hematite minerals. On the basis of illit Kübler Index-KI ( $\Delta^2\Theta$ ) values; Yoncalı Formation reflects the degrees of anchizone (0.32-

0.40, mean 0.35); as for Uludere and Uzungeçit formations, they have the degrees of anchizone-high diagenesis (0.32-0.72, mean 0.46 and 0.35-0.82, mean 0.48), respectively. Similarly, Chlorite Arkai Index (AI,  $\Delta^{\circ}2\Theta$ ) values indicate the grades of anchizone-diagenesis: Yoncalı Formation 0.28-0.71 (mean 0.41), Uludere Formation 0.26-0.50 (mean 0.37) and Uzungeçit Formation 0.29-0.40 (mean 0.34). Illites exhibit  $2M_1$  ve  $2M_1 + 1M + 1M_d$  polytypes and the values of  $b$  unit-cell distances (from 8.952 to 8.995 Å with an average 8.971 Å) show a composition close to ideal muscovite and low pressure conditions. The rocks of the Çıglı Group offer differences in terms of rare occurrence of kaolinite, appearance of moganite and C-V and the dominance of dolomite and hematite in most levels, and diagenesis/metamorphism grades are also high, when compared with the equivalent units in the Diyarbakır-Hazro area of SEAA. This event is related with tectonism as well as paleogeographic setting and provenance of sequences. In other words, Lower Triassic series seem to have a deeper depositional environment, volcanic feeding and tectonic burial from west to east.

## DEĞİNİLEN BELGELER

- Açıkbaş, D., 1978. Çukurca-Köprülü-Yıgınlı (Hakkari ili) alanının jeolojisi ve hidrokarbon olanakları. TPAO Arama Grubu Rapor No: 2303, 67 s.
- Arkai, P., 1991. Chlorite crystallinity: an empirical approach and correlation with illite crystallinity, coal rank and mineral facies as exemplified by Palaeozoic and Mesozoic rocks of northeast Hungary. *Journal of Metamorphic Geology*, 9, 723-734.
- Arkai, P., Ghabrial, D.S. , 1997. Chlorite crystallinity as an indicator of metamorphic grade of low-temperature meta-igneous rocks: a case study from the Bükk Mountains, Northeast Hungary. *Clay Minerals*, 32, 205-222.
- Arkai, P., Sassi, F.P., Sassi, R., 1995. Simultaneous measurements of chlorite and illite crystallinity: A more reliable geothermometric tool for monitoring low- to very low-grade metamorphisms in metapelites: A case study from the Southern Alps (NE Italy). *European Journal of Mineralogy*, 7, 1115-1128.
- Bailey, S.W., 1988. X-ray diffraction identification of the polytypes of mica, serpentine, and chlorite. *Clays and Clay Minerals*, 36, 193-213.
- Bozkaya, Ö., Yalçın, H., 2000. Very low-grade metamorphism of Upper Paleozoic-Lower Mesozoic sedimentary rocks related to sedimentary burial and thrusting in Central Taurus Belt, Konya, Turkey. *International Geology Review*, 42, 353-367.
- Bozkaya, Ö., Yalçın, H., 2004a. New mineralogical data and implications for the tectono-metamorphic evolution of the Alanya Nappes, Central Tauride Belt, Turkey. *International Geology Review*, 46, 347-365.
- Bozkaya, Ö., Yalçın, H., 2004b. Diagenetic to low-grade metamorphic evolution of clay mineral assemblages in Palaeozoic to early Mesozoic rocks of the Eastern Taurides, Turkey. *Clay Minerals*, 39, 481-500.
- Bozkaya, Ö., Yalçın, H., 2005. Diagenesis and very low-grade metamorphism of the Antalya Unit: mineralogical evidence of Triassic rifting, Alanya-Gazipaşa, Central Taurus Belt, Turkey. *Journal of Asian Earth Sciences*, 25, 109-119.
- Bozkaya, Ö., Yalçın, H., 2010. Geochemistry of mixed-layer illite-smectites from an extensional basin, Antalya Unit, Southwestern Turkey. *Clays and Clay Minerals*, 58, 644-666.
- Bozkaya, Ö., Yalçın, H., 2013. Geochemical monitoring of clays for diagenetic evolution of the Paleozoic-Lower Mesozoic sequence in the northern Arabian plate: Hazro and Amanos regions, Southeastern Turkey. *Journal of African Earth Sciences*, 86, 10-24.
- Bozkaya, Ö., Yalçın, H., Göncüoğlu, M.C., 2002. Mineralogic and organic responses to the stratigraphic irregularities: An example from the Lower Paleozoic very low-grade metamorphic units of the Eastern Taurus Autochthon,



- Turkey. Schweizerische Mineralogische und Petrographische Mitteilungen, 82, 355-373.
- Bozkaya, Ö., Yalçın, H., Kozlu, H., 2009. Amanoslar bölgesi Paleozoyik kayaçlarının mineralojisi. H.Ü.Yerbilimleri, 30, 11-44.
- Bozkaya Ö., Yalçın H., Kozlu, H., 2011. Clay mineralogy of the Paleozoic-Lower Mesozoic sedimentary sequence from the northern part of the Arabian Platform, Hazro (Diyarbakır), Southeast Anatolia. Geologica Carpathica, 62, 489-500.
- Bozkaya, Ö., Yalçın, H., Göncüoğlu, M.C., 2012. Diagenetic and very low-grade metamorphic characteristics of the Paleozoic series of the Istanbul Terrane (NW Turkey). Swiss Journal of Geosciences, 105, 2, 183-205.
- Brindley, G.W., 1980. Quantitative x-ray mineral analysis of clays. In: Crystal Structures of Clay Minerals and Their X-ray Identification (G.W. Brindley, G.Brown, eds.), Mineralogical Society, London, 411-438.
- Çelik, M., Karakaya, N., Turan, A., 1991. Erken Paleozoyik yaşlı killerin mineraloji ve metamorfizma özellikleri: Konya güney ve güneybatısı. V. Ulusal Kil Sempozyumu, Anadolu Üniversitesi, Eskişehir, 16-20 Eylül, Bildiriler Kitabı (Ed. M.Zor), 62-73
- Dunn, P.J., Fleischer, M., Shigley, J.E., Zilczer, J.A., 1985. New mineral names. American Mineralogist, 70, 871-881
- Flörke, O.W., Flörke, U., Giese, U., 1984. Moganite, a new microcrystalline silica-mineral. Neues Jahrbuch für Mineralogie-Abhandlungen, 149, 325-336.
- Flörke, O.W., Jones, J.B., Schmincke, H.U., 1976. A new microcrystalline silica from Gran Canaria. Zeitschrift für Kristallographie, 143, 156-165
- Frey, M., 1987. Very low-grade metamorphism of clastic sedimentary rocks. In: Low Temperature Metamorphism (M. Frey, ed.), Glasgow, Blackie and Son, 9-58.
- Gislason, S.R., Heaney, P.J., Oelkers, E.H., Schott, J., 1997. Kinetic and thermodynamic properties of moganite, a novel silica polymorph. Geochimica et Cosmochimica Acta, 61, 1193-1204.
- Göncüoğlu, M.C., Dirik, K., Kozlu, H., 1997. General characteristics of pre-Alpine and Alpine Terranes in Turkey: Explanatory notes to the terrane map of Turkey. Annales Geologique de Pays Hellenique, 37, 515-536.
- Grathoff, G. H., Moore, D. M., 1996. Illite polytype quantification using Wildfire© calculated X-ray diffraction patterns. Clays and Clay Minerals, 44, 835-842.
- Grathoff, G.H., Moore, D.M., 2002. Characterization of the Waukesha Illite: a mixed-polytype illite in the Clay Minerals Society repository. American Mineralogist, 87, 1557-1563.
- Grathoff, G. H., Moore, D. M., Hay, R. L., Wemmer, K., 2001. Origin of illite in the lower Paleozoic of the Illinois basin: Evidence for brine migrations. Geology Society of America Bulletin, 113, 1092-1104.
- Guggenheim, S., Bain, D.C., Bergaya, F., Brigatty, M.F., Drits, A., Eberl, D.D., Formoso, M.L.L., Galan, E., Merriman, R.J., Peacor, D.R., Stanjek, H., Watanabe, T., 2002. Report of the AIPEA nomenclature committee for 2001: Order, disorder and crystallinity in phyllosilicates and the use of the "Crystallinity Index". Clay Minerals, 37, 389-393.
- Günay, Y., 1998. Güneydoğu Anadolu'nun Jeolojisi-Stratigrafisi. Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı, Arama Grubu Başkanlığı, Rapor No: 3939, 27 s.
- Heaney, P.J., 1995. Moganite as an indicator for vanished evaporites: A testament reborn? Journal of Sedimentary Research, A65, 633-638.
- Heaney, P.J., Post, J.E., 1992. The widespread distribution of a novel silica polymorph in microcrystalline quartz varieties. Science, 255, 441-443.
- Heaney, P.J., Post, J.E., 2001. Evidence for an I2/a to Imab phase transition in the silica polymorph moganite at ~570 K. American Mineralogist, 86, 1358-1366.
- Kozak, S., Pasin, C., Mancarcı, M., Tosunkara, A. 1977. Uzungeçit ölçülmüş stratigrafi kesiti. Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı, Arama Grubu Başkanlığı, Rapor No: 8622.

- Kübler, B., 1968. Evaluation quantitative du métamorphisme par la cristallinité de l'illite. Bulletin-Centre de Recherches Pau-SNPA, 2, 385-397.
- López-Munguira, A., Nieto, F., 2000. Transmission Electron Microscopy study of very low-grade metamorphic rocks in Cambrian sandstones and shales. Ossa-Morena Zone, South-West Spain. Clays and Clay Minerals, 48, 213-223.
- Merriman R.J., Peacor, D.R. 1999. Very low-grade metapelites: Mineralogy, microfabrics and measuring reaction progress. In: Low Grade Metamorphism (M. Frey, D. Robinson, eds.), Blackwell Sciences Ltd., Oxford, 10-60.
- Merriman, R.J., Roberts, B., 1985. A survey of white mica crystallinity and polytypes in pelitic rocks of Snowdonia and Llyn, North Wales. Mineralogical Magazine 49, 305-319.
- MTA, 2002. 1:100 000 Ölçekli N49 Cizre Paftası Jeoloji Haritası. MTA Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Perinçek, D., 1978. Çelikhan-Sincik-Koçali (Adıyaman ili) alanının jeolojik incelemesi ve petrol olanaklarının araştırılması. İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Tatbiki Jeoloji Kürsüsü, Doktora Tezi, Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı, Arama Grubu Başkanlığı, Rapor No: 1250, 212 s.
- Perinçek, D., 1980. IX. Bölge Hakkari, Yüksekova, Çukurca, Beytüşşebap, Uludere, Pervari dolayının jeolojisi. Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı, Arama Grubu Başkanlığı, Rapor No: 1481, 80 s.
- Perinçek, D., 1987. IX. Bölge Hakkari, Yüksekova, Çukurca, Beytüşşebap, Uludere, Pervari dolayının jeolojisi. Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı, Arama Grubu Başkanlığı, Rapor No: 1481, 80 s.
- Perinçek, D., 1990. Hakkari ili ve dolayının stratigrafisi, GDA Türkiye: Türkiye Petrol Jeologları Derneği Bülteni, 2, 21-68.
- Perinçek, D., Duran, O., Bozdoğan, N., Çoruh, T., 1991. Stratigraphy and paleogeographical evolution of the autochthonous sedimentary rocks in the SE Turkey. Ozan Sungurlu Symposium, Ankara, Proceedings, 274-305.
- Tetiker, S., Yalçın, H., Bozkaya, Ö., 2012. Güneydoğu Anadolu otoktonu Mardin (Derik-Kızıltepe) yöresinde Prekambriyen-Erken Paleozoyik yaşlı kayaçların mineralojik ve petrografik özellikleri. Türkiye Petrol Jeologları Derneği Bülteni, 24, 23-47.
- Tetiker, S., Yalçın, H., Bozkaya, Ö., 2015. Evidence of the diagenetic history of sediment composition in Precambrian-Early Paleozoic rocks: A study from the Southeast Anatolian Autochthon, Mardin (Derik-Kızıltepe), Turkey. Arabian Journal of Geoscience, 5, 11261-11278.
- Tuna, D., 1973. VI. Bölge litostratigrafi birimleri adlamasının açıklayıcı raporu. Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı, Arama Grubu Başkanlığı, Rapor No: 813, 131 s.
- Warr, L.N., Farreiro Mählmann, R., 2015. Recommendations for Kübler Index standardization. Clay Minerals, 50, 283-286.
- Warr, L.N., Rice, A.H.N., 1994. Interlaboratory standartization and calibration of clay mineral crystallinity and crystallite size data. Journal of Metamorphic Geology, 12, 141-152.
- Weintraub, B., 1993. Within common quartz, a common new mineral. National Geographic Magazine, 184, 5.
- Yalçın, H., Bozkaya, Ö., 2002. Hekimhan (Malatya) çevresindeki Üst Kretase yaşlı volkaniklerin alterasyon mineralojisi ve jeokimyası: Deniz suyu-kayaç etkileşimine bir örnek. Cumhuriyet Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi Seri A-Yerbilimleri, 19, 81-98.
- Yılmaz, E., 1982. Hazro (Diyarbakır) güneybatı yöresinin jeolojisi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Jeoloji Kürsüsü, Diploma Çalışması, 53 s.

---

Makale Geliş Tarihi : 20 Temmuz 2016

Kabul Tarihi : 16 Ağustos 2016

*Received* : 20 July 2016

*Accepted* : 16 August 2016



## Doğrultu Atımlı Fay Sistemlerindeki Traverten Oluşumlarının Jeolojik, Tektonik, Jeokimyasal ve Jeokronolojik Özelliklerine Sivrice (Elazığ) Güneybatısı'ndan Bir Örnek

*Geological, Tectonic Geochemical and Geochronological Properties of Travertine Occurrences Along the Strike-Slip Fault Systems: A Case From Southwestern Part of Sivrice (Elazığ)*

**Serap ÇOLAK EROL**

*Fırat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 23119, Elazığ  
e-posta: serapcolak@firat.edu.tr*

### ÖZ

Türkiye'nin en önemli ikinci neotektonik yapısı olan sol yanal doğrultu atımlı Doğu Anadolu Fay Sistemi'nin önemli zonlarından biri olan Sivrice Fay Zonu üzerinde ve Sivrice İlçesi'nin (Elazığ) 20 km GB'sında yer alan traverten yüzleği, güney-güneydoğuya bakan duraysız bir yamaç üzerinde, yamaç topoğrafyasına uyumlu olarak depolanmıştır.

Traverten yüzleğinin üzerinde yer aldığı Orta Eosen yaşlı Maden Grubu, esas olarak volkanik ara katkılı çamurtaşları ile andezit, bazalt ve bunları kesen diyabaz dayklarından oluşur. Traverten oluşumunda ana kaya rolü üstlenen Pütürge Metamorfileri ise Sivrice çevresindeki yüzleklerinde, kalkıştı ve mermerlerle temsil edilir. Pütürge Metamorfileri'nin litolojisi ve sol yanal doğrultu atımlı Sivrice Fay Zonu'nun oluşturduğu kırıklı yapı, akışkan dolaşımında ve dolayısıyla travertenlerin oluşumunda önemli rol oynamıştır. Traverten yüzleği, normal bileşenli sol yanal doğrultu atımlı faylar boyunca, fayların ve ana kayanın oluşturduğu uygun koşullarda yüzeye kadar çıkan sular tarafından fay önünde çöktüldüğünden, travertenlerin morfolojik sınıflamasına göre 'fay önu traverteni' olarak değerlendirilmiştir.

Traverten örneklerinin element oranları, Ca: 378216-385220 ppm, Mg: 5428-8021 ppm, Sr: 2133-6046 ppm mertebesindedir.  $\delta^{13}\text{C}$  değerleri, +3,5 ile +6,7 (‰ PDB),  $\delta^{18}\text{O}$  değerleri ise -8.1 ile -9.6 (‰ PDB) arasındadır. Bu jeokimyasal verilere göre incelenen travertenler, termojen kökenlidir. Travertenlerden elde edilen U-Th yaş verilerine göre, traverten sahasında günümüzden en azından  $30.86 \pm 0.49$  önce traverten çökelişi başlamıştır.

**Anahtar kelimeler:** Doğu Anadolu Fay Sistemi, fay önu traverteni, sol yanal doğrultu atımlı fay, U-Th yaşlandırması

**ABSTRACT**

*The East Anatolian fault system (EAFS) of left lateral strike-slip is the second most important neotectonic structure of Turkey. The travertine occurrence is located on the Sivrice fault zone, which is one the significant zone of the EAFS and precipitated on a S to SW-facing slope, 20 km SW of the Sivrice town (Elazığ) in accordance with the slope topography.*

*The Maden Group of Middle Eocene age, on which the travertine occurrence took place, composed mostly of mudstones with volcanic intercalations, andesite, basalt and diabase dykes that cut them. The Pütürge Metamorfics that play role as a basement rock are represented by calcschist and marble around their Sivrice exposures. Lithology of the Pütürge Metamorfics and the fractured structure of the left lateral strike-slip Sivrice Fault Zone play an important role on the travertine formation. As the travertine exposures has been precipitated under appropriate conditions that formed by faults and bedrock in front of a fault along the left lateral strike-slip fault zone with normal component, they have been evaluated as 'fault-front travertines' depending on the morphological classification.*

*The most abundant element concentrations of the travertine samples are: Ca: 378216-385220 ppm, Mg: 5428-8021 ppm, Sr: 2133-6046 ppm. The  $\delta^{13}\text{C}$  values range from +3,5 to +6,7 (‰ PDB), while the  $\delta^{18}\text{O}$  values are between -8.1 and -9.6 (‰ PDB). These geochemical signatures indicate that the travertines studied are of thermogene origin. Travertine precipitation began at least  $30.86 \pm 0.49$  ka ago with respect to today in the field based on the U-Th age data.*

**Key Words:** *Left lateral strike-slip fault, range-front travertine, The East Anatolian Fault System, U-Th dating*

**GİRİŞ**

Traverten terimi için birçok araştırmacı, birbirine benzeyen tanımlar yapmış olmakla birlikte (Bates ve Jackson, 1980; Julia, 1983; Chafetz ve Folk, 1984; Wyatt, 1986; Guo ve Riding, 1998) genel olarak traverten, karstik ve sıcak su kaynakları çevresinde, küçük nehirler ve bataklıklarda oluşabilen, kimyasal ve/veya biyokimyasal yolla çökelebilen sık dokulu kalsiyum karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) birikimleridir. Travertenlerin birincil minerali, kalsittir.

Barnes vd. (1978)'in belirttiği gibi, tektonik olarak aktif olan zonlar ile traverten çökeli arasında dünya çapında çok yakın bir ilişki vardır. Çünkü faylanmalar, hidrotermal akışkanın yüzeye taşınmasında önemli rol oynarlar (Sibson vd., 1975). Dolayısıyla travertenler, bölgesel tektoniğin bazı belirtilerini yansıtır. Birçok traverten kütlesi, Pleyistosen'den bu

yana oluşmaya devam ettiğinden (Schwarcz ve Latham, 1984; Goff ve Shevenell, 1987; Kronfeld vd., 1988; Heimann ve Sass, 1989), aktif ve aktif olmayan travertenlerin varlığı, tektonik aktivitenin günümüzde veya yakın geçmişte devam ettiğinin bir göstergesidir. Travertenler, çökeltme sırası ve sonrasına ait tektonik kayıtları içerdiğinden, çökeltme sırasındaki ve sonrasındaki tektonizma hakkında önemli bilgiler sağlar (Altunel, 1996).

Doğu Anadolu Fay Sistemi (DAFS), kuzeydoğuda Karlıova (Bingöl) ile güneybatıda Akdeniz arasında uzanan, ülkemizin deprenselliği açısından en önemli fay sistemlerinden biridir. Fay sistemi, Arap-Afrika plakaları ile Anadolu bloğu arasında ortaya çıkan etkileşimi yanal bir hareketle karşılamaktadır (Arpat ve Şaroğlu, 1972; Jackson ve McKenzie, 1984; Şengör vd., 1985; Gülen vd., 1987; Muehlberger ve Gordon, 1987; Lyberis vd., 1992; Şaroğlu vd., 1992b; Westaway, 1994;

Westaway, 2003; Gürsoy vd., 2003). Bu özelliği ile Doğu Akdeniz'in en önemli aktif tektonik yapılarından olan fay sistemi, günümüze kadar birçok araştırmacı tarafından farklı disiplinler kullanılarak çalışılmıştır.

Faylar ile travertenler arasındaki ilişki, Türkiye'de de birçok araştırmacı tarafından incelenmiştir (Altunel ve Hancock (1993a, b), Altunel (1994, 1996), Çakır (1996, 1999), Ayaz (1998), Karabacak (2002), Özkul vd. (2010, 2013, 2014), Mesci (2004, 2013b), Mesci vd. (2008), Uysal vd. (2007, 2009), Çolak Erol vd. (2015)).

## **JEOLojİK-TEKTONİK ÖZELLİKLER**

Çalışma konusu olan traverten yüzleği, Sivrice İlçesi'nin (Elazığ) 20 km GB'sında yer alan Kılıçkaya Köyü yakın GD'sunda yüzeyler (Şekil 1, 2). Traverten yüzleği, deniz seviyesi üzerinde 750 ila 950 metreler arasında, güney-güneydoğuya bakan duraysız bir yamaç üzerinde, yamaç topoğrafyasına uyumlu olarak depolanmıştır.

Traverten yüzleğinin üzerinde geliştiği Bingöl-Yarpuzlu Segmenti Doğu Anadolu Fay Sistemi'nin en uzun yapısal bölümü olup K50°D doğrultusundadır (Şekil 1). Kuzeydoğuda Bingöl Şehri'nin 10 km kadar kuzeybatısında Çevrimpınar Köyü yakınından başlar ve güneybatıya doğru yaklaşık 180 km devam ederek Yarpuzlu Köyü'ne (Sincik, Adıyaman) kadar uzanır.

Traverten depolanmasının üzerinde yer aldığı, Bingöl-Yarpuzlu Segmenti'ne ait olan ve DAFS'nin ana fayını içeren Sivrice Fay Zonu (SFZ), 2-4 km genişliğinde, 180 km uzunluğundadır ve birkaç alt fay kuşağı ile çok sayıda tekil faya ayrılır (Şekil 1). Sahip olduğu bu yapısal özelliği, 5 km genişlikte, 32 km uzunlukta, kenarları önemli miktarda normal atım bileşenli olan, kısa ve uzun bir seri fay ile sınırlanmış, günümüzde büyümesini sürdüren, bir bölümünde Hazar Gölü'nü de bulduran mercek biçimli bir

çöküntü oluşturur. Aksoy vd. (2007), Sivrice Fay Zonu boyunca birikmiş olan sol yanal doğrultu atım ve düşey atım miktarlarını sırasıyla  $9\pm 1$  km ve  $1317\pm 10$  m olarak belirtmişlerdir. Bu değerler, Sivrice Fay Zonu üzerindeki yıllık yanal ve düşey kayma hızlarının sırasıyla 4 mm/yıl ve 0,5 mm/yıl olduğunu gösterir. Ancak, DAFS üzerindeki kayma hızları, bu değerlerden çok daha büyüktür; çünkü DAFS, Hazar Gölü bölgesinde, pek çok fay zonundan oluşmakta ve kayma hızları yalnızca Sivrice Fay Zonu tarafından değil, tüm fay zonları tarafından bölüşülmektedir. Bu değerlerden de anlaşılacağı üzere Doğu Anadolu Fay Sistemi'nin kuzeydoğu bölümünü oluşturan fay zonları veya tekil faylar, özellikle doğrultu atım havzalarının iyi geliştiği alanlarda önemli oranda düşey bileşene de sahiptir. Bu bileşenin varlığı ve oranı, doğrultu atımlı tektonik rejim içinde genişleme alanları oluşturmaktadır.

Söz konusu traverten depolanması, Orta Eosen yaşlı Maden Grubu üzerinde yer almaktadır. Paleozoyik-Mezozoyik yaşlı Pütürge Metamorfitleri ile Orta Eosen yaşlı Maden Grubu, Kılıçkaya Köyü çevresinde yüzeyleyen birimlerdir (Şekil 3, 4, 5).

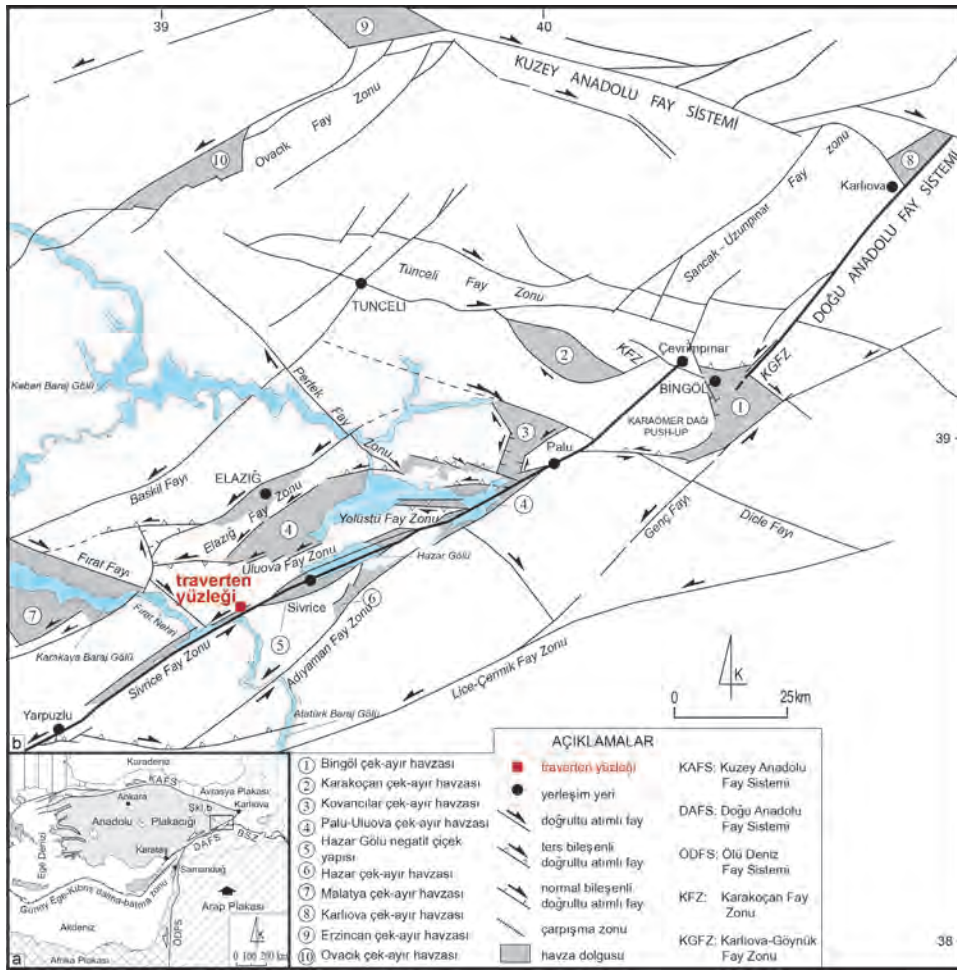
Traverten oluşumunda ana kaya rolü üstlenen Pütürge Metamorfitleri'nin metamorfizma özellikleri birbirinden farklı olan alt ve üst grup ya da alt ve üst birlik olarak adlandırılan iki bölümden oluştuğu kabul edilir (Sungurlu vd., 1985; Erdem, 1994). Alt grup ya da birlik; gözlü gnays, biyotit şist ve amfibol şist, amfibolit ve granitik gnayslardan oluşurken, üst grup ya da birlik ise muskovit şist, granatlı mika şistler, kalkşist ve mermerlerden oluşur. Kılıçkaya Köyü çevresindeki yüzleklerinde Pütürge Metamorfitleri, üst birliğe ait kalkşist ve mermerlerle temsil edilir.

Temel kaya olan Orta Eosen yaşlı Maden Grubu ise, söz konusu traverten yüzleği çevresinde, esas olarak volkanik ara katkılı bordo-şarabi renkli çamurtaşları ile andezit, bazalt ve

bunları kesen diyabaz dayklarından oluşur (Çelik, 2003).

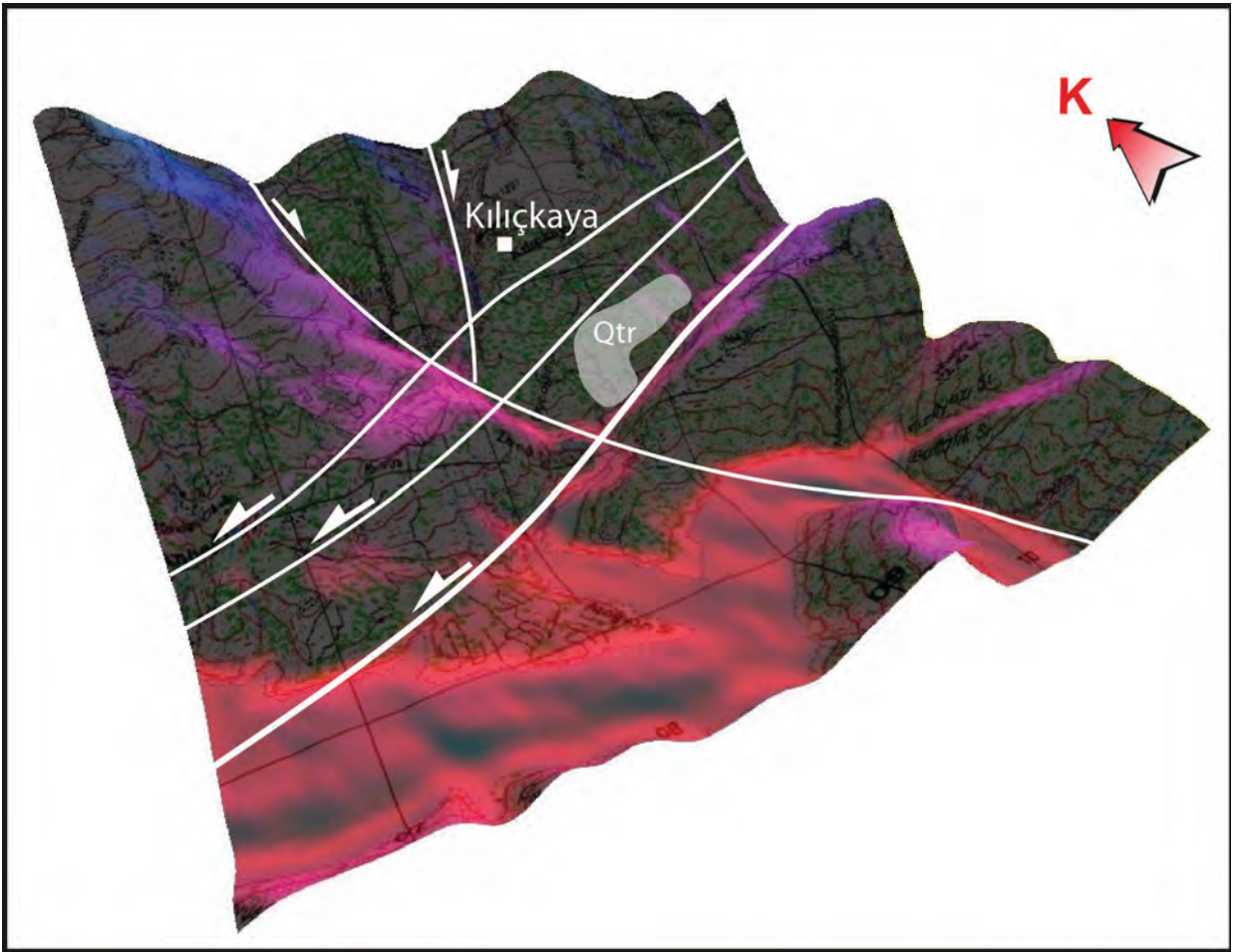
Maden Grubu'na (Tm) ait kayalar, Değirmen Dere Vadisi'ni denetleyen Sivrice Fay Zonu'nun ana kırığı boyunca Pütürge Metamorfitleri ile yan yana görülür (Şekil 6). Pütürge Metamorfitleri'nin litolojisi ve sol yanal doğrultu atımlı Sivrice Fay Zonu'nun oluşturduğu kırıklı yapının, travertenlerin oluşumunda önemli rol oynadığı düşünülmektedir. Söz

konusu traverten yüzleği, Sivrice Fay Zonu'nu oluşturan faylar boyunca, fayların ve ana kayanın oluşturduğu uygun koşullarda yüzeye kadar çıkan sular tarafından fay önünde çökeltmiştir. Bu durumda traverten yüzleğini, morfolojik sınıflamaya göre (Chafetz ve Folk, 1984; Altunel ve Hancock, 1993a; Altunel, 1996; Ayaz, 2002a), *fay önü traverten*i olarak değerlendirebiliriz (Şekil 3b, 5). Traverten oluşumu, SFZ ana kırığına paralel olan Y kırığı üzerinde gelişmiştir (Şekil 3c).



**Şekil 1.** İnceleme alanının konumunu gösteren harita. a-Doğu Akdeniz Bölgesi'nin ana levhaları ve bunları sınırlayan fayları gösteren sadeleştirilmiş harita; b-İnceleme alanının konumu ve Bingöl-Elazığ çevresinde Doğu Anadolu Fay Sistemi'ni oluşturan ana fay zonları ve doğrultu atım havzalarını gösteren sadeleştirilmiş tektonik harita (Koçyiğit vd., 2003'den değiştirilerek)

**Figure 1.** Location map of investigated area. a-Simplified map showing major plates and their boundary faults in East Mediterranean surrounding areas; b-simplified map showing strike-slip basins and major fault zones of the East Anatolian Fault System around Bingöl-Elazığ (modified from Koçyiğit et al. 2003)



**Şekil 2.** Kılıçkaya Köyü ve çevresi tektoniğinin DEM üzerinde gösterimi. Qtr: traverten yüzleği  
**Figure 2.** DEM image and tectonic of Kılıçkaya Village and surroundings area. Qtr: travertine

## DEPOLANMA ÖZELLİKLERİ

Traverten yüzleği, güney-güneydoğuya bakan bir yamaç üzerinde, yamaç topoğrafyasına uyumlu olarak depolanmıştır (Şekil 7). Tabanındaki ana kaya üzerinde, ana kayadan türemiş çakıl boyutundaki parçaları içeren kırıntılı bir seviye ile uyumsuz olarak başlar (Şekil 8a, b) ve bu kırıntılı seviye yukarıya doğru, yerini önce ince tabakalı, daha üstlere doğru ise kalın tabakalı-masif traverten düzeylerine bırakır (Şekil 8a).

## MİNERALOJİK BİLEŞİM VE ELEMENT JEOKİMYASI

Mineralojik olarak travertenler  $\text{CaCO}_3$ 'ün iki ana polimorfundan birisi olan kalsitten oluşur. Ancak, bazı durumlarda bu iki mineral dışında dolomit, barit vb. mineraller de oluşumda yer alabilirler (Pentecost, 2005; Özkul vd. 2013). Kılıçkaya sahasından alınan 3 adet traverten örneği, XRD analiz sonuçlarına göre tamamen kalsitten oluşmaktadır. Örneklerde, eser miktarda kuvars tespit edilmiştir (Şekil 9).

Kılıçkaya travertenlerine ait 5 adet örneğin element konsantrasyonları, Çizelge 1’de verilmiştir. Buna göre Ca: 378216-385220 ppm, Sr: 2133-6046 ppm ve Mg: 5428-8021 ppm mertebesindedir.

Travertenlerin Sr konsantrasyonları ile mineralojik bileşimleri arasında yakın bir ilişki olduğu birçok çalışmada bildirilmiştir (Folk, 1994; Fouke vd., 2000; Pentecost, 2005; Kele vd., 2008, 2011). Çoğunlukla kalsit bileşimli olan meteojen travertenler (tufalar), genellikle 20-200 ppm gibi düşük Sr değerleri sunarlar. Buna karşılık, İtalya’da olduğu gibi, aragonit bileşimli termojen travertenlerde 9500 ppm’e kadar Sr değerleri rapor edilmiştir (Cipriani vd., 1977; Duchi vd., 1978). Karlıova (Bingöl) yakınlarındaki kalsit bileşimli Hacılar sırt tipi travertenlerinin Sr içerikleri çok yüksek olup, 7104 ppm ile 16292 ppm arasında değişmektedir (Aksoy vd., 2011; Çolak Erol, 2014). Diğer taraftan, Pamukkale’de kalsit bileşimli güncel yamaç travertenlerinde ise 3028 ppm Sr belirlenmiştir (Özkul vd., 2013). Kılıçkaya sahasının 2133-6046 ppm’lik yüksek Sr değerleri, oldukça derin dolaşımılı sıcak sulardan çökelen termojen kökenli bir traverten oluşumunu işaret eder.

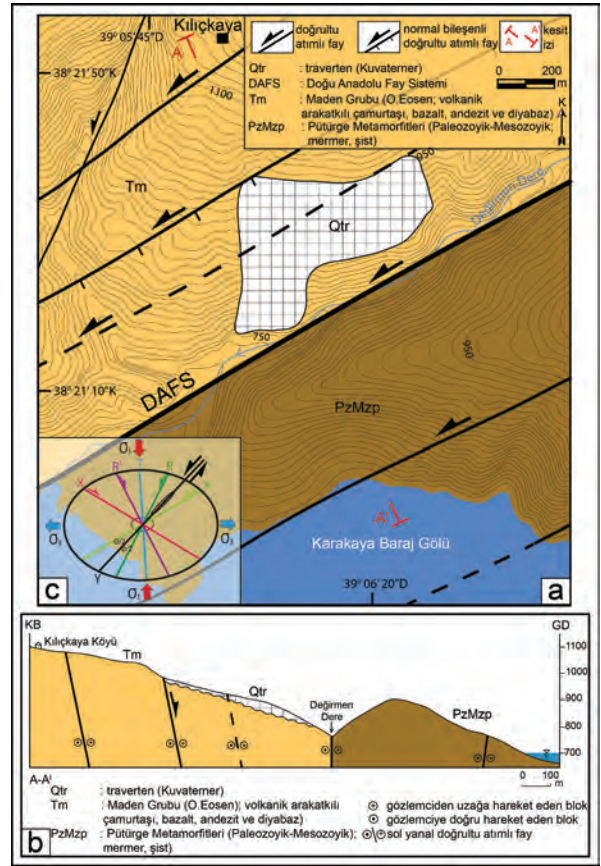
Termojen travertenlerde Kılıçkaya travertenlerinin Mg değerleri de yüksek olup, 5428-8021 ppm arasındadır. Yüksek Fe ve Mg oranları, hidrotermal suların şist ve ofiyolitik kayalarla etkileşiminin bir sonucu olduğu düşünülmektedir.

### DURAYLI İZOTOP BİLEŞİMİ

Termojen ve meteojen travertenlerin duraylı izotop kayıtları farklılık gösterir. Termojen travertenler daha çok pozitif değerler sunarken, meteojen travertenler negatif değerler sunar (Pentecost, 2005). Pozitif  $\delta^{13}\text{C}$  değerleri, magmatik

faaliyetlerin yanı sıra termometamorfik süreçler sonucu açığa çıkmış  $\text{CO}_2$ ’in katkısına işaret eder. Oysa negatif  $\delta^{13}\text{C}$  değerleri, muhtemelen derin kaynaklı  $\text{CO}_2$  ile toprak zonundan türemiş  $\text{CO}_2$ ’in karışmasından ortaya çıkar.

Kılıçkaya traverten örneklerinin  $\delta^{13}\text{C}$  değerleri, +3,5 ila +6,7 (‰ PDB),  $\delta^{18}\text{O}$  değerleri ise -8.1 ila -9.6 (‰ PDB) arasındadır (Çizelge 2; Şekil 10). Bu değerler çalışılan travertenlerin termojen kökenli olduğuna ilişkin kuvvetli bir kanıttır.



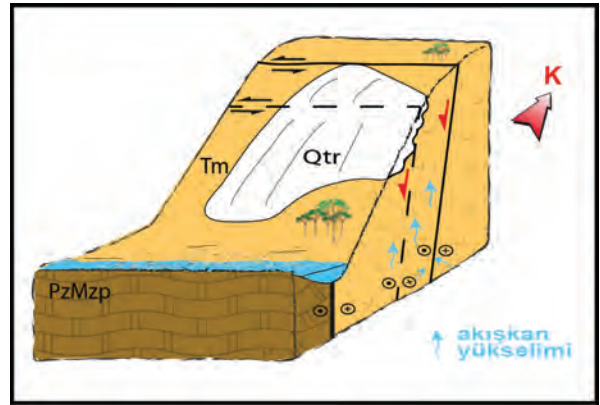
Şekil 3. Traverten çevresinin a- jeolojik haritası; b- enine jeolojik kesiti; c- travertenin deformasyon elipsoidi üzerindeki konumu  
Figure 3. a- geological map and, b-cross section of travertine area; c-position on the deformation ellipsoid of the travertine



Yaş	Kayaç Birimi	Litoloji	Açıklama
Kuvaterner	Traverten		traverten
O. Eosen	Maden Grubu	v - v - v - - v - v - v - v - v - v -	volkanik arakatlı çamurtaşı, bazalt, andezit ve diyabaz
Paleozoyik - Mesozoyik	Pütürge Metamorfileri Üst grup		mermer
			kalk şist muskovit şist
	Pütürge Metamorfileri Alt Grup		amfibolit şist biyotit şist
		x x x x x x x x x	gnays

Şekil 4. Traverten yüzleği ve çevresinin genelleştirilmiş stratigrafik dikme kesiti

Figure 4. Generalized stratigraphic columnar section of travertine area



Şekil 5. Travertenin oluşum modeli. Qtr: traverten (Kuvaterner), Tm: Maden Grubu (O.Eosen); volkanik arakatlı çamurtaşı, bazalt, andezit ve diyabaz), PzMzp: Pütürge Metamorfileri (Paleozoyik-Mesozoyik); mermer, şist

Figure 5 Block diagram showing travertine formation model. Qtr: travertine (Quaternary), Tm: Maden Group (M. Eocene); mudstone with volcanic interbedded, basalt, andesite and diabase), PzMzp: Pütürge Metamorphics (Paleozoic-Mesozoic); marble, schist



Şekil 6. Sivrice Fay Zonu ana kırığının denetlediği Değirmen Dere boyunca Pütürge Metamorfileri (PzMzp) ile Maden Grubu'nun (Tm) yanyana gelişi. Bakış güneybatıya.

Figure 6. Juxtaposition of Pütürge Metamorphics (Paleozoic-Mesozoic) and Maden Group (M. Eocene) along main fracture of Sivrice fault zone that control the Değirmen stream. View to SW

**Çizelge 1.** Traverten örneklerinin element konsantrasyonları**Table 1.** *Element concentrations of travertine samples*

Kılıçkaya Örnek No	Ca	Si	Al	Fe (ppm)	Mg	Mn	Sr
KK-2	382361	1028	212	1049	7961	542	5983
KK-4	378216	3085	900	1049	7358	310	6046
KK-5	382647	2337	159	560	8021	< 78	3626
KK-6	381075	4721	1694	699	7538	< 78	2133
KK-7	385220	28045	582	490	5428	< 78	3910

**U-Th YAŞLARI**

Uranyum-Toryum yaş analizi tekniğinin genel prensipleri için Smart (1991) esas alınmıştır. Teorik olarak U, kalsiyum içeren doğal sularda kolaylıkla çözülebilir ve kolaylıkla anyon kompleksleri oluşturur. Buna karşın Th, çözeltide hızlıca hidroliz olur ve kil mineralleri ile diğer katı yüzeyler üzerine sıkıca adsorblanır (tutunur). Yani U, kalsiyum karbonatın (CaCO<sub>3</sub>) kimyasal ya da biyolojik çökmesi sırasında, aynı zamanda çökmekte ve kalsit kristalleri arasında korunmaktadır. Ancak Th, çökmemektedir ve doğal sulardaki Th miktarı, dikkate alınmamaktadır. Bundan dolayı ana izotop <sup>234</sup>U'a karşın <sup>230</sup>Th eksikliği vardır. Zaman içinde <sup>230</sup>Th/<sup>234</sup>U oranı eşitlik sağlanıncaya kadar kademeli olarak artar. Çünkü <sup>234</sup>U ve <sup>238</sup>U arasında da bir eşitsizlik vardır ve <sup>234</sup>U'nun ayrışması, zamanla <sup>230</sup>Th/<sup>234</sup>U oranını yavaş yavaş artırır.

Uranyum serisi yaş tekniğinin herhangi bir karbonat örneğinde başarılı uygulanabilmesi, aşağıdaki varsayımlar ve kriterler üzerine inşa edilmiştir. 1) Karbonat örneği aynı çözeltiden hemen kristallenmiştir. 2) Depolanma sırasında

kristallerde <sup>230</sup>Th mevcut olmayıp ve tane yüzeylerinde toryum, <sup>232</sup>Th'dir. Bundan dolayı bu uzun ömürlü izotop, sonradan gelen toryum kirliliğini izlemek için kullanılabilir. Eğer <sup>230</sup>Th/<sup>232</sup>Th oranı 20'den düşük ise <sup>230</sup>Th için düzeltme gereklidir; onun için kırıntılı ve bol gözenekli örneklerden kaçınmak gerekir. Bu düzeltme için değişik yöntemler kullanılmaktadır. 3) Sistem, çökme tamamlandıktan sonraki uranyum ve toryum dolaşımına kapalıdır. Rekristalleşme, ikincil kristalleşme ve yüksek porozite belirtileri gösteren örneklerden kaçınılmalıdır. Smart (1991)'a göre U-Th yaş metodu, özellikle 400.000 yıl ila 5.000 yıl arasında uygulanabilir.

Traverten sahasından alınan 3 adet traverten örneği U-Th yöntemi ile yaşlandırılmıştır (Çizelge 3). KK-1 örneğinden 29.245 ± 0.621 by, KK-6 örneğinden 16.087 ± 0.380 by ve KK-7 örneğinden ise 30.861 ± 0.491 by yaşları elde edilmiştir. Bu yaş verilerine göre traverten sahasında günümüzden en azından 30.861 ± 0.491 by önce traverten çökelişi başlamıştır. Bu yaş, Holosen (MIS 3, Marine Isotope Stage)'e denk gelmektedir.

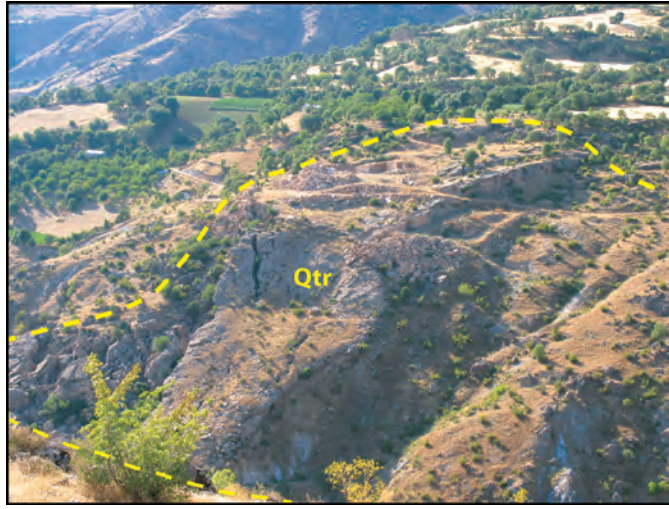
Çizelge 2. Traverten örneklerinin  $\delta^{13}\text{C}$  ve  $\delta^{18}\text{O}$  duraylı izotop değerleriTable 2.  $\delta^{13}\text{C}$  ve  $\delta^{18}\text{O}$  stable isotope values of travertine samples

Kılıçkaya Örnek No	Traverten Tipi	$\delta^{13}\text{C}$ (PDB)	$\delta^{18}\text{O}$ (PDB)
KK-1	Tabakalı	5,4	-9,3
KK-2	Tabakalı	6,7	-9,6
KK-3	Tabakalı	3,5	-9,5
KK-4	Laminalı	6,2	-8,1
KK-5	Damar	4,3	-9,2
KK-6	Akmataş	5,2	-8,8
KK-7	Tabakalı	4,9	-9,2

Çizelge 3. Travertenlerinin U-Th yaşlandırma analiz sonucu

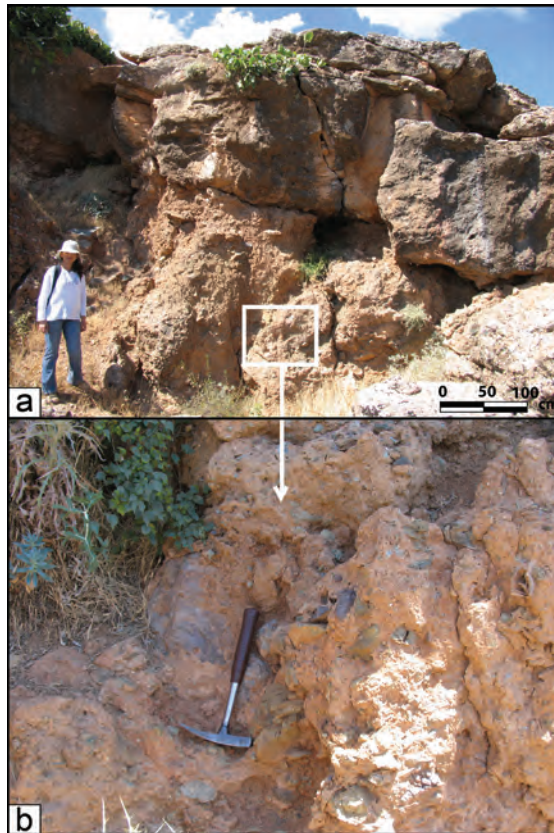
Table 3. U-Th dating results of travertine samples

	Örnek No		
	KK-1	KK-6	KK-7
$^{238}\text{U}$ ppm	2,067	0.9686	1,816
±	0.0136	0.0043	0.0069
$^{232}\text{Th}$ ppm	0.053	0.0322	0.071
±	0.0004	0.0003	0.0006
$^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$	1,0243	1,0525	1,0212
±	0.012	0.007	0.0063
$^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$	0.2403	0.1445	0.2542
±	0.0034	0.003	0.0029
$^{230}\text{Th}/^{238}\text{U}$	0.2462	0.1521	0.2596
±	0.0028	0.0031	0.0027
$^{230}\text{Th}/^{232}\text{Th}$	29,3567	13,9661	20,3006
±	0.368	0.3169	0.2774
Hesaplanan Yaş (binyıl)	29,855	16,952	31,864
Hata	0.484	0.383	0.432
Düzeltilen Yaş (binyıl)	29,245	16,087	30,861
Hata	0.621	0.38	0.491



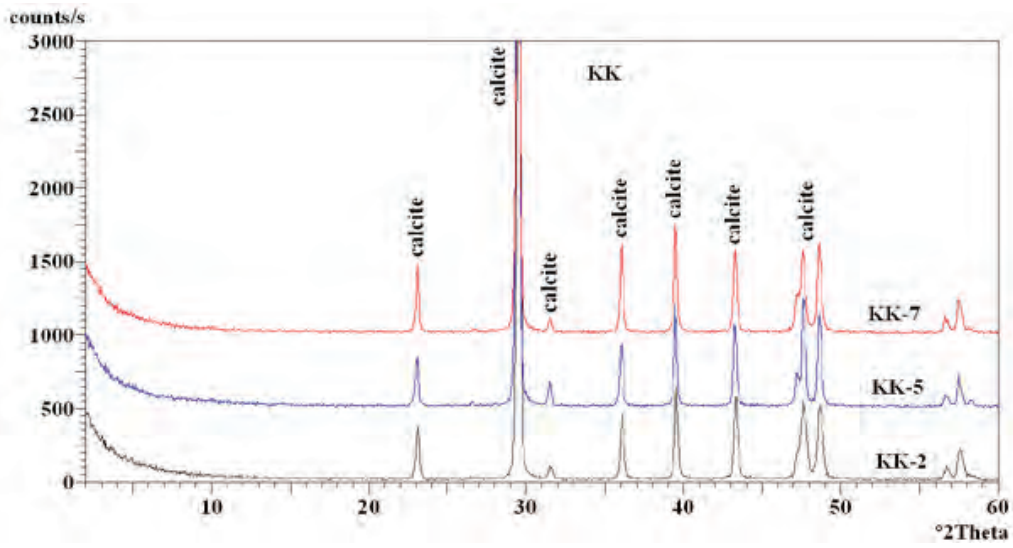
**Şekil 7.** Traverten yüzleğinden bir arazi görünümü. Yamaç duraysızlığı nedeniyle, traverten kütlesi yer yer parçalanmıştır. Bakış kuzeybatıya

**Figure 7.** Field view of travertine. Travertine outcrop shattered due to slope instability. View to NW

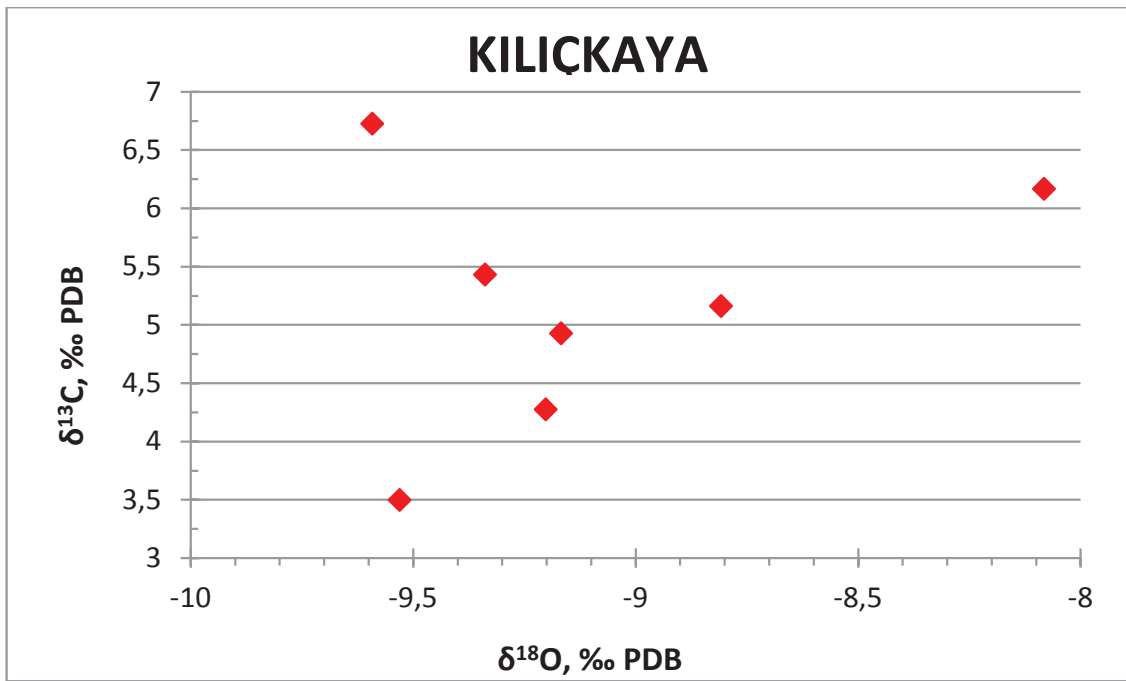


**Şekil 8.** a- Traverten istifinin tabanı. İstif, üzerinde uyumsuz olarak yer aldığı Maden Grubu üzerinde kırıntılı bir seviye ile başlar ve yukarı doğru masif travertenlere geçer; b- a'daki kutucukta bulunan kırıntılı seviyenin yakından görünümü

**Figure 8.** a-The bottom of the travertine sequence. This sequence start on the Maden Group with a detrital level and continue with massif travertine; b- close-view of the rectangular on the (a)



Şekil 9. Traverten örneklerinin XRD difraktogramı  
Figure 9. XRD diffractogram of travertine samples



Şekil 10. Traverten örneklerinin  $\delta^{13}C$  ve  $\delta^{18}O$  izotop değerleri grafik dağılımı  
Figure 10.  $\delta^{13}C$  and  $\delta^{18}O$  isotope values of travertine samples

## SONUÇLAR

Traverten yüzleği, büyük bir makaslama zonu olan sol yanal doğrultu atımlı Doğu Anadolu Fay Sistemi'ni oluşturan fay zonlarından Sivrice Fay Zonu'nun aktivitesiyle ilişkili olarak genişlemeli bir alanda çökelmiştir. Traverten oluşumuna kaynak sağlayan ana kaya, Pütürge Metamorfikleri'dir. Farklı litolojilerden oluşan birimin mermerleri,  $\text{CaCO}_3$  kaynağıdır.

Morfolojik sınıflamaya göre, fay önu traverten olarak çökelmiştir. Travertenin oluşmasını sağlayan kırıklar, deformasyon elipsoidi üzerine yerleştirildiğinde Y kırığı üzerinde depolanmış oldukları anlaşılır. Travertenlerin geliştiği sol yanal doğrultu atımlı fayların normal bileşene sahip olmasından dolayı düşen bloklarda, normal faylarda görülen tavan bloğu deformasyonuna tanık olunur. Bu deformasyonla ilişkili genişleme, traverten çökeltin  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ 'lı suların yeryüzüne çıkmasına olanak sağlar.

Yapılan XRD analizlerine göre travertenler, tamamen kalsitten meydana gelmişlerdir ve eser miktarda kuvars içermektedirler. Jeokimyasal verilere göre incelenen travertenler, termojen kökenlidir.

Yaş verileri, neotektonik dönemin Doğu Anadolu Bölgesi için öngörülen sınırları içinde yer aldığı ve traverten oluşumunun, doğrultu atımlı sistemin bu dönemdeki etkinliğiyle ilişkili olduğu şeklinde yorumlanmıştır.

## KATKI BELİRTME

Bu çalışma, TÜBİTAK 110Y172 no'lu proje kapsamında desteklenmiştir. Yazar, ayrıca Fırat Üniversitesi'nden Ercan AKSOY ve Pamukkale Üniversitesi'nden Mehmet ÖZKUL'a teşekkür eder.

## EXTENDED SUMMARY

*Travertine is a hard compact limestone deposited from solution by springs or percolating waters that can formed under chemical and/or biochemical processes around karstic and thermal springs. Primary mineral of travertines are calcite. There is worldwide association of travertine deposits with tectonically and seismically active zones. Because, faulting plays a key role in the transport of hydrothermal fluids forming travertines. Therefore, travertines reflect some signs of regional tectonics. Because of many travertines have been depositing since the Pleistocene and, the occurrence of active and inactive travertines indicates the tectonic activity continues or continued into the recent past. Wherefore travertines contain syndepositional and postdepositional tectonic structures, provide important information about syndepositional and postdepositional tectonic.*

*The East Anatolian fault system (EAFS) of left lateral strike-slip is second important neotectonic structure of Turkey. In this study the travertine occurrence is located on the Sivrice fault zone, which is one the significant zone of the EAFS and precipitated on a S to SW-facing slope, 20 km SW of the Sivrice town (Elazığ) in accordance with the slope topography.*

*The Maden Group of Middle Eocene age, on which the travertine occurrence took place, composed mostly of mudstones with volcanic intercalations, andesite, basalt and diabase dykes that cut them. The Pütürge Metamorphics that play role as a basement rock are represented by calcschist and marble around their Sivrice exposures. Lithology of the Pütürge Metamorphics and, the fractured structure due to left lateral strike-slip Sivrice Fault Zone play an important role on the travertine formation. As the travertine exposures located along the left lateral strike-slip fault zone with normal component has been*

*precipitated in front of a fault, under appropriate conditions that formed by faults and bedrock, they have been evaluated as 'fault-front travertines' depending on the morphological classification. The bottom of the travertine sequence starts on the Maden Group with a detrital level and then passes into massif travertine.*

*According to XRD analysis travertines completely composed of calcite and, contain quartz slightly. The most abundant element concentrations of the travertine samples are: Ca: 378216-385220 ppm, Mg: 5428-8021 ppm, Sr: 2133-6046 ppm. The  $\delta^{13}C$  values range from +3,5 to +6,7 (‰ PDB), while the  $\delta^{18}O$  values are between -8.1 and -9.6 (‰PDB). These geochemical signatures indicate that the travertines studied are of thermogene origin. Travertine precipitation began at least  $30.86 \pm 0.49$  ka ago with respect to today in the field based on the U-Th age data. This age data is suitable with predetermined neotectonic period of Eastern Anatolia and travertine occurrence is associated with the activities of the strike-slip system in this period. Interpreted that take place within the limits prescribed for the Eastern Anatolia Region of neotectonic period and.*

## DEĞİNİLEN BELGELER

- Aksoy, E., İnceöz, M. and Koçyiğit, A., 2007. Lake Hazar basin: A negative flower structure on the East Anatolian Fault System (EAFS), SE Turkey. Turkish Journal of Earth Sciences, Vol. 16, 319-338.
- Aksoy, E., Özkul, M. ve Çolak, S., 2011. Doğu Anadolu Fay Sistemi'nin Kuzeydoğu Bölümündeki Travertenlerin Neotektonik Önemi. TÜBİTAK Raporu, 66 s. (Basılmamış).
- Altunel, E., 1994. Active Tectonics and the Evolution of Quaternary travertines at Pamukkale, Western Turkey. PhD Thesis, University of Bristol, Department of Geology, 236 p.
- Altunel, E., 1996. Pamukkale Travertenlerinin Morfolojik Özellikleri, Yaşları ve Neotektonik Önemleri. MTA Dergisi, 118, 47-64.
- Altunel, E. and Hancock, P.L., 1993a. Morphology and Structural Setting of Quaternary Travertines at Pamukkale, Turkey. Geological Journal, 28, 335-346.
- Altunel, E. and Hancock, P.L., 1993b. Active Fissuring and faulting in Quaternary Travertines at Pamukkale, Western Turkey. Zeitschrift Geomorphologie, Supplementary 94, 285-302.
- Arpat, E. ve Şaroğlu, F., 1972. Doğu Anadolu Fayı ile ilgili bazı gözlem ve düşünceler. MTA Bült., 73, 1-9.
- Ayaz, E., 1998. Sıcak Çermik (Yıldızeli-Sivas) Yöresindeki Traverten Sahalarının Jeolojisi ve Travertenlerin Endüstriyel Özellikleri. Doktora Tezi, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 157 s. (yayınlanmamış).
- Ayaz, E., 2002a. Travertenlerde Gözlenen Morfolojik Yapılar ve Tabiat Varlığı Olarak Önemleri. Cumhuriyet Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, Seri A-Yerbilimleri C.19, S.2, 123-134.
- Bates, R. L. and Jackson, J. A., 1980. Glossary of Geology (Second Edition). American Geology Institute Falls Church, Virginia, 751.
- Chafetz, H. S. and Folk, R. L., 1984. Travertines, depositional morphology and the bacterially constructed constituents. Journal of Sedimentary Petrology, 54, 289-316.
- Cipriani, N., Malesani, P., Vannucci, S., 1977. I travertini dell'Italia centrale, Boll. Serv. Geol. Ital., 98, 85-115.
- Çakır, Z., 1996. Tectonic Significance of Quaternary Travertine Deposits in the Gediz and Menderes Grabens. Western Turkey. Yüksek Lisans Tezi, Bristol Üniversitesi, UK.
- Çakır, Z., 1999. Along-strike discontinuity of active normal faults and its Influence on Quaternary travertine deposition: Examples from western Turkey, *Tr. J. of Earth Sciences*, 8, 67-80.
- Çelik, H., 2003. Master Dağı (Elazığ GD'su) çevresinin stratigrafik ve tektonik özellikleri. Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 95 s. (yayınlanmamış).

- Çolak Erol, S., 2014. Doğu Anadolu Fay Sistemi'nin kuzeydoğu bölümündeki travertenlerin neotektonik önemi. Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 184s. (yayımlanmamış).
- Çolak Erol, S., Özkul, M., Aksoy, E., Kele, S. and Ghaleb, B., 2015. Travertine occurrences along major strike-slip fault zones: Structural, depositional and geochemical constraints from the Eastern Anatolian Fault System (EAFS), Turkey. *Geodinamica Acta*, Volume 27, Issue 2-3, pp. 154-173.
- Duchi, V., Giordano, M.V. and Martini, M., 1978. Riesame del problema della precipitazione di calcite od aragonite da soluzione naturali, *Rend. Soc. Ital. Miner. Pet.*, 34, 605-618
- Erdem, E., 1994. Pütürge (Malatya) Metamorfitlerinin petrografik ve petrolojik özellikleri. Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 119 s.
- Folk, R., 1994. Interaction between bacteria, nanobacteria, and mineral precipitation in hot springs of central Italy. *Geographic physique et Quaternaria*, 48, 3, 233-246.
- Fouke, B.W., Farmer, J.D., Des Marais, D.J., Pratt, L., Sturchio, N.C., Burns, P.C. and Discipulo, M.K., 2000. Depositional facies and aqueous-solid geochemistry of travertinedepositing hot springs (Angel Terrace, Mammoth Hot Springs, Yellowstone National Park, USA). *J. Sediment. Res.*, 70, 265-285.
- Guo, L., and Riding, R., 1998. Hot-springs travertine facies and sequences, Late Pleistocene, Rapolano Terme, Italy. *Sedimentology*, 45, 163-180.
- Gülen, L., Barka, A. ve Toksöz, M. N., 1987. Kıtaların çarpışması ve ilgili kompleks deformasyon, Maraş üçlü eklemi ve çevre yapıları, *Yerbilimleri*, 14, 319-336.
- Gürsoy, H., Tatar, O., Piper, J. D. A., Heimann, A. and Mesci, L., 2003. Neotectonic deformation linking the east Anatolian and Karatas-Osmaniye intracontinental transform fault zones in the Gulf of İskenderun, southern Turkey, deduced from paleomagnetic study of the Ceyhan-Osmaniye volcanics, *Tectonics*, vol. 22, no. 6, 1067. Hall, R., 1976. Ophiolite emplacement and the evolution of the Taurus Suture Zone, south-eastern Turkey, *Bull.Geol.Soc.Ame.*, 87, 1078-88.
- Jackson, J. and McKenzie, D., 1984. Active tectonics of the Alpine-Himalayan belt between western Turkey and Pakistan, *Geoph. J. Royal Astr. Soc.*, 77, 185-264.
- Julia, R., 1983. Travertines. In: P.A. Scholle, D.G. Bebout and C.H. Moore (Editors), *Carbonate depositional Environments*. Am Assoc. Petrol. Geol. Mem. 33, 64-72.
- Karabacak, V., 2002. Ihlara Vadisi civarındaki traverten oluşumları ve tektonik önemleri. Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 70 s. (yayımlanmamış).
- Kele, S., Demény, A., Siklósy, Z., Németh, T., Mária, T.B., Kovács, M., 2008. Chemical and stable isotope compositions of recent hot-water travertines and associated thermal waters, from Egerszalók, Hungary: depositional facies and non-equilibrium fractionations. *Sedimentary Geology* 211, 53-72.
- Kele, S., Özkul, M., Gökğöz, A., Föziz, I., Baykara, M.O., Alçiçek, M.C., Németh, T., 2011. Stable isotope geochemical and facies study of Pamukkale travertines: new evidences of low-temperature non-equilibrium calcite-water fractionation. *Sedimentary Geology* 238, 191-212.
- Koçyiğit, A., Aksoy, E. and İnceöz, M., 2003. Basic neotectonic characteristics of the Sivrice Fault Zone in the Sivrice-Palu area, East Anatolian Fault System (EAFS), Turkey. *International Workshop on the North Anatolian, East Anatolian and Dead Sea Fault systems: Recent progress in Tectonics and Paleoseismology*, 31 August to 12 September 2003, METU-Ankara-Turkey. Pre-International workshop excursion guide-book, 20 p.
- Lyberis, N., Yürür, T., Chorowicz, J., Kasapoğlu, E. and Gündoğdu, N., 1992. The East Anatolian Fault: An Oblique collisional belt. *Tectonophysics*, 204, 1-15.
- Mesci, B.L., 2004. Sıcak Çermik ve Yakın Yöresindeki (Sivas) Travertenlerin Gelişimi ve Aktif Tektonikle İlişkisi. Doktora Tezi, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 245 s. (yayımlanmamış).
- Mesci, B.L., 2013b. Active Tectonics of the Ortaköy Fissure-Ridge-Type Travertines: Implications for the Quaternary Stress State of the Neotectonic



- Structures of the Central Anatolia, Turkey. *Geodinamica Acta*, 25, 12-25.
- Mesci, B.L., Gürsoy, H. and Tatar, O., 2008. The Evolution of Travertine Masses in the Sivas Area (Central Turkey) and Their Relationship to Active Tectonics. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 17, pp. 219-240.
- Muehlberger, W.R. and Gordon, M.B., 1987. Observation on the complexity of The East Anatolian Fault, Turkey. *Jour. Structural Geology*, 9/7, 899-903.
- Özkul, M., Gökgöz, A., and Horvatinčić, N., 2010. Depositional properties and geochemistry of Holocene perched springline tufa deposits and associated spring waters: A case study from the Denizli province, Western Turkey. In: Pedley, H.M. (Ed.), *Tufas and Speleothems: Unravelling the Microbial and Physical Controls*. The Geological Society, London. Special Publications 336, pp. 245–262.
- Özkul, M., Kele, S., Gökgöz, A., Shen, C.C., Jones, B., Baykara, M.O., Fórizs, I., Nemeth, T., Chang, Y.W., and Alçiçek, M.C., 2013. Comparison of the Quaternary travertine sites in the Denizli Extensional Basin based on their depositional and geochemical data. *Sedimentary Geology*, 294, 179–204.
- Özkul, M., Gökgöz, A., Kele, S., Baykara, M.O., Shen, C.-C., Chang, Y.-W., Kaya, A., Hançer, M., Aratman, C., Akın, T. and Örü, Z., 2014. Sedimentological and geochemical characteristics of a fluvial travertine: a case from the eastern Mediterranean region. *Sedimentology*, 61, 291–318.
- Pentecost, A., 2005. *Travertine* (p. 446). Berlin: Springer Verlag.
- Smart, P.L., 1991. Uranium series dating. In: P.L. Smart and P.D. Francis (Eds.). *Quaternary dating Methods-a User's Guide*. Quart. Res. Assoc. Tech. Guide. 4, London, pp.45-83.
- Sungurlu, O., Perinçek, D., Kurt, G., Tuna, E., Dülger, S., Çelikdemir, E. ve Naz, H., 1985. Elazığ - Hazar - Palu alanının jeolojisi. *Petrol İşleri Genel Müdürlüğü Dergisi*, 29, 83–191.
- Şaroğlu, F., Emre, Ö. and Kuşçu, İ., 1992b. The East Anatolian fault zones of Turkey, *Annales Tectonicae*, 6, 99-125.
- Şengör, A.M.C., Görür, N. and Şaroğlu, F., 1985. Strike-slip faulting and related basin formation in zone of tectonic escape: Turkey as a case study. In: "Strike-slip deformation, basin deformation and sedimentation". Edited by: K.T. Biddle & N. Christie-Blick. Soc. Econ. Paleont. and Min. Spec. Publ., 37, 227-264.
- Uysal, T., Feng, Y., Zhao, J., Altunel, E., Weatherley, D., Karabacak, V., Cengiz, O., Golding, S.D., Lawrence, M.G. and Collerson, K.D., 2007. U-series dating and geochemical tracing of late Quaternary travertines in co-seismic fissures, *Earth and Planetary Science Letters*, 257, pp. 450-462.
- Uysal, I. T., Feng, Y., Zhao, J., Işık, V., Nuriel, P. and Golding, S.D., 2009. Hydrothermal CO<sub>2</sub> degassing in seismically active zones during the late Quaternary, *Chemical Geology*, 265, 442-454.
- Westaway, R., 1994. Present-day kinematics of the Middle East and eastern Mediterranean. *Jour. Geophys. Res.*, 99/B6, 12,071-12090.
- Westaway, R., 2003. Kinematics of the Middle East and Eastern Mediterranean Updated, *Turkish J. Earth Sci. J.*, 12, 5-46.
- Wyatt, A. (ed.), 1986. *Challinor's Dictionary of Geology* (6<sup>th</sup> Edition). University of Wales Press, Cardiff, pp. 374.

---

Makale Geliş Tarihi : 15 Temmuz 2016  
Kabul Tarihi : 18 Ağustos 2016

Received : 15 July 2016  
Accepted : 18 August 2016





## Kuzey Anadolu Fay Zonu Üzerinde Koyulhisar (Sivas) ve Yakın Çevresindeki Fayların Kinematik Özellikleri

*Kinematics of the faults around the Koyulhisar (Sivas) region on the North Anatolian Fault Zone*

**Mehmet DEMİREL, Orhan TATAR, Fikret KOÇBULUT**

*Cumhuriyet Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 58140, Sivas  
demirelmehmet46@gmail.com*

### ÖZ

Çalışma alanı Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ) 'nun doğu kesiminde, Sivas ilinin kuzeyinde yer alan Koyulhisar ilçesi ve yakın çevresinde yer almaktadır. Bölge, 6-8 km. genişliğinde ve 32 km. uzunluğunda doğrultu atımlı sağ yanal bir fay kuşağıyla temsil edilir. Bölgedeki bu kuşak Toprak (1988) tarafından Kuzey Anadolu Ana Fayı, Koyulhisar Fay Takımı, Kelkit Fay Takımı, Şıhlar Fay Takımı ve Kuruçay Fay Takımı olmak üzere beş fay takımına ayrılmıştır. Bu çalışma kapsamında Koyulhisar ilçe merkezi ve çevresinde Şıhlar Fay Takımı, Çamlıyaka Fayı, Saytepe Fayı ve bölgenin kuzeyinde yer alan Dumanlıca Fayları üzerinde ayrıntılı kinematik analiz çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Yapılan kinematik analiz çalışmaları bölgenin halen aktif olarak genel olarak KB-GD yönlü sıkışma ve KD-GB yönlü açılma etkisi altında olduğunu göstermektedir. Gerek bölgede gözlenen morfolotektonik yapılar ve gerekse mikrosismik etkinlik, Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun Koyulhisar kesiminin aktif ve sağ yanal doğrulu atımlı bir fay zonu olduğunu ortaya koymaktadır. Bölgede yoğun bir heyelan aktivitesi izlenmektedir. Bunların içinde en önemli olanı Koyulhisar ilçe merkezinde izlenen heyelan olup bu heyelan üzerinde bu çalışma kapsamında yapılan periyodik GPS ölçümlerinde bölgenin halen yıllık ortalama 2.5-7.4 mm/yıl arasında hızla hareket ettiğini ortaya koymuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Kuzey Anadolu Fay Zonu, Koyulhisar, Fay kinematiği, heyelan, GPS

### ABSTRACT

The study area is located on the eastern part of the North Anatolian Fault Zone (NAFZ) around the Koyulhisar (Sivas) region. The region is represented by a 6-8 km wide and 32 km long deformation belt. This belt is divided into 5 fault segments by Toprak (1988) as North Anatolian Master Fault, Koyulhisar Fault Set, Kelkit Fault Set, Şıhkar Fault Set and Kuruçay Fault Set. In this study, a detailed fault kinematic analysis were carried out along the Şıhkar, Çamlıyaka, Saytepe and Dumanlıca Fault Sets around Koyulhisar and its surroundings. The result of kinematic analysis indicates that the region is under the

*effect of NW-SE compression and NE-SW extension. Morphotectonic structures and microseismic activity reveals the right lateral strike slip activity of the North Anatolian Fault Zone in this region. Intense landslide activity in the region is seen. One of the severe landslides occurred in Koyulhisar in 2000 is still affecting the region. GPS monitoring of this landslide reveals an average of 2.5-7.4 mm/year slip rate.*

**Keywords:** North Anatolian Fault Zone, Koyulhisar, Fault kinematics, landslide, GPS

## GİRİŞ

Çalışma alanı Sivas kent merkezine 180 km uzaklıkta, Koyulhisar ilçesi sınırları içindedir. Batıda Reşadiye, kuzeyde Mesudiye, doğuda Suşehri, güneyde ise Zara ve Hafik ilçeleri ile çevrilidir. Çalışma alanı 1/25000 ölçekli H39-b4 Giresun paftası sınırları içinde yaklaşık 72 km<sup>2</sup>'lik bir alanı kapsamaktadır. Kuzey Anadolu Ana Fayı'nın kuzeyinde yer almaktadır. Çalışma alanının konumunu gösterir harita Şekil 1'de sunulmuştur.

Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ), güncel sismik aktivitesi ve olağanüstü tektono-morfolojik yüzey şekilleri ile Doğu Akdeniz bölgesinin aktif sismik etkinliği nedeniyle, dünyada en iyi bilinen doğrultu atımlı faylardan birisidir (Ketin 1968, Şengör vd. 1985, Kiratzi 1993). KAFZ, Karadeniz kıyı dağlarının güney kenarına az çok paralel, doğusunda KB-GD, batısında KD-GB ve orta kısmında ise doğu-batı gidişli yaklaşık 1200 km uzunluğunda, sağ yanal ötelenmenin çok iyi gözlemlendiği, genel olarak birkaç yüz metre ile 10 km arasında değişen genişlikte bir zon şeklinde gelişmiş, yay biçimli bir doğrultu atımlı fay sistemidir. Bu fay zonu aynı zamanda, Anadolu bloğu içinde ayrılan faylar (splay faults) ve diğer ikincil faylarla da temsil edilmektedir (Bozkurt 2001).

Kuzey Anadolu Fay Zonu boyunca yapılan jeolojik çalışmalarda fay zonunun doğusunda 85±5 km, batısında ise yaklaşık 25±5 km arasında bir toplam atım hesaplanmıştır. KAFZ boyunca yer değiştirme doğudan batıya

doğru azalmakta ve bu azalmanın nedeni olarak, genellikle ana faydan Anadolu bloğunun içerisine doğru uzanarak ayrılan bir çok yan kolların (splay fayların) görünür ötelenmeleri olduğu kabul edilmektedir (Seymen 1975, Tatar 1978, Şengör 1979, Barka 1981, 1992, Barka ve Hancock 1984, Şengör vd. 1985, Şaroğlu 1985, 1988, Koçyiğit 1988, 1989, 1990, Toprak 1988, Yalıtırak 1996, Piper vd. 1997, Tüysüz vd. 1998, Armijo vd. 1999, Barka vd. 2000, Yalıtırak vd. 2000). Jeolojik veri analizlerinden KAFZ üzerindeki kayma oranının yaklaşık 5-10 mm/yıl (Barka 1992) veya 17±2 mm/yıl (Westaway 1994) olduğu ileri sürülürken, plaka hareketleri ve sismolojik verilerden 30-40 mm/yıl arasında değişen değerler ortaya konmuştur (Taymaz vd. 1991). Diğer yandan güncel GPS verileri, günümüzdeki kayma oranlarının 15-25 mm/yıl arasında olduğunu göstermektedir (Oral vd. 1995, Ayhan vd. 1995, Reilinger vd. 1997, McClusky vd. 2000, Tatar vd. 2012). Bilinen GPS verilerinden yola çıkılarak yapılan tahminler, Günümüz-Pliyosen aralığında 75-125 km bir toplam hareket (atım) vermektedir. Bu değer, 85±5 km olarak hesaplanan değerle yaklaşık olarak bağdaşmaktadır (Seymen 1975, Westaway 1994, Armijo vd. 1999, Barka vd. 2000).

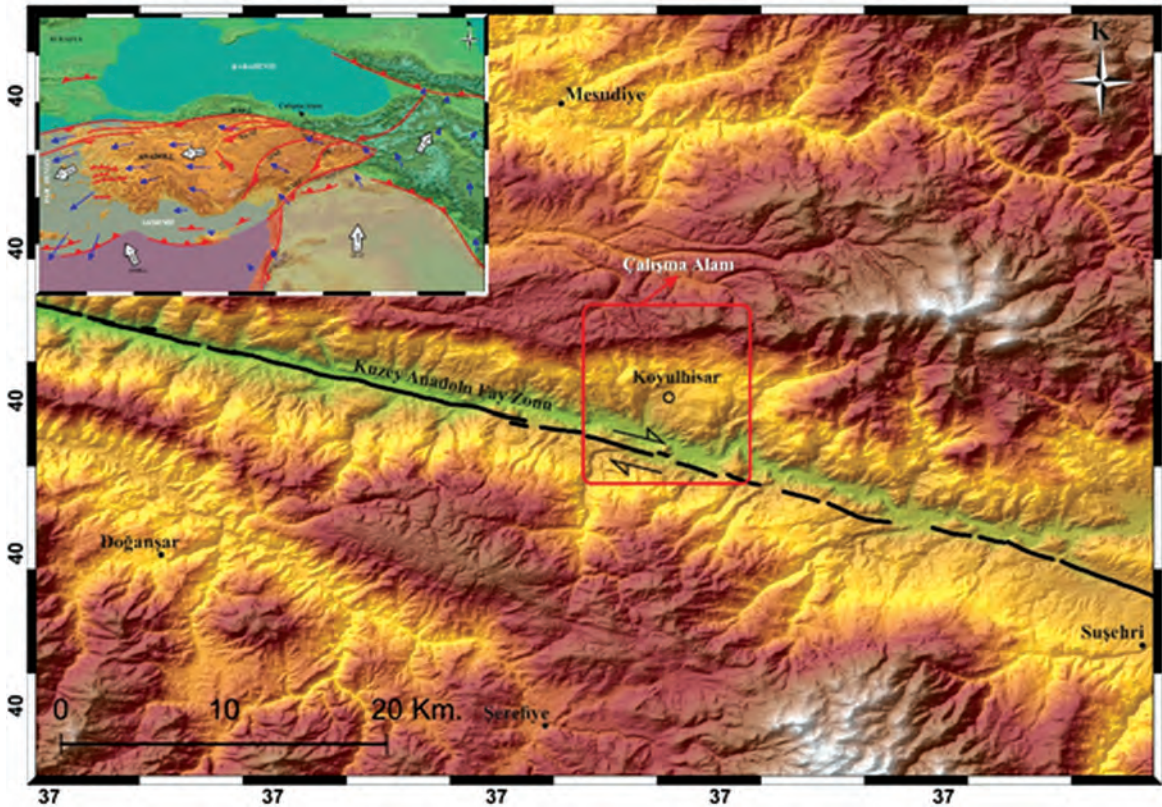
Anadolu bloğu sadece büyük fay zonları boyunca değil, aynı zamanda plaka sınırlarından uzaktaki dağılmış kabuksal deformasyon zonu boyunca da iç deformasyona uğramaktadır. Ana faylar boyunca gelişen doğrultu atım, üst kabuğu oldukça karmaşık bir şekilde parçalara ayıran "ayrılma" (splay) faylarını da oluşturmakta ve bu ayrılma fayları arasında kalan küçük bloklar

içerisinde karmaşık bir iç deformasyon gelişmekte ve saatin tersi yönünde bir rotasyonun varlığı görülmektedir (Piper vd. 1997).

Yirminci yüzyılda doğuda 1939 Erzincan depremi ile başlayan seri, batıya doğru sırası ile 1942 Niksar-Erbaa, 1943 Ladik, 1944 Gerece, 1957 Abant, 1967 Mudurnu Vadisi depremleri ile devam etmiş ve en son 1999 İzmit ve Düzce depremleri ile son bulmuştur. Bu depremler sonucu KAFZ üzerinde 1100 km'den uzun yüzey kırığı oluşurken, on binlerce insan yaşamını yitirmiştir (Barka, 1996; Akyüz vd. 2002; Barka vd. 2002; Hartleb vd. 2000; Çakır vd. 2003).

Ketin (1969) Kuzey Anadolu Fayının Kelkit çayını takip ederek Koyulhisar ve Suşehri

kenarından geçtiğini belirterek, bu fayın tek bir kayma düzlemi değil, birçok kayma düzlemi ve parçalardan oluşan bir zon şeklinde olduğunu belirtmiş ve bunların hepsinin sağ yönlü doğrultu atımlı özellik gösterdiğini saptamıştır. Arpat ve Şaroğlu (1975), Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun Erzincan Ovasının doğu ucu ile Suşehri arasında kalan bölümünde yer alan aktif fayları haritalamışlardır. Aynı zamanda bu faylar üzerinde gerçekleşen yer değiştirmeler de ana çizgileriyle izlenmiştir. Arpat ve Şaroğlu (1975) yaptıkları bu çalışmada fay zonunun Suşehri Ovasındaki, Suşehri ile Erzincan Ovası arasındaki ve Erzincan Ovasındaki bölümlerini ayrı ayrı ele almışlardır.



Şekil 1. Çalışma alanının yer bulduru haritası. Sol üst köşedeki neotektonik ünitelerin genelleştirilmiş haritası Erturaç ve Tüysüz, (2012)'den alınmıştır.

Figure 1. Location map of the study area. Inset map showing the neotectonic units of Turkey taken from Erturaç and Tüysüz (2012).

Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun Erzincan-Erbaa segmenti 27 Aralık 1939 Erzincan Depreminde kırılmış ve yüzey kırığı boyunca bazı doğal ve insan yapımı yapılar sağ yanal olarak ötelenmiştir. Bu atımlar güneydoğuda 1939 Erzincan depreminin merkez üssüne yakın alanlarda 7.5 metreden başlayıp, kuzeybatıda Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun Erzincan-Erbaa segmentinin batı ucunda 3.7 metreye kadar değişir (Koçyiğit 1989, Barka, 1996).

1939 Yüzey kırığı zonu geometrik olarak 5 farklı parçadan oluşmaktadır: (1) 60 km uzunlukta Erzincan segmenti; (2) 65 km uzunlukta Mihar-Tümekekar segmenti; (3) 45 km uzunlukta Ortaköy-Suşehri segmenti; (4) 100 km uzunlukta Kelkit vadisi segmenti ve (5) 90 km uzunlukta Ezinepazar segmenti (Barka 1996). Koyulhisar'ın da içinde bulunduğu Kelkit vadisi segmenti boyunca kayma 4 metreye düşmekte ve daha batıda iyice azalmaktadır. Bu dağılım doğuda olan Suşehri segmenti ile Kelkit vadisi segmenti arasında kaymadaki farkın 3.5 metre olduğunu işaret etmektedir.

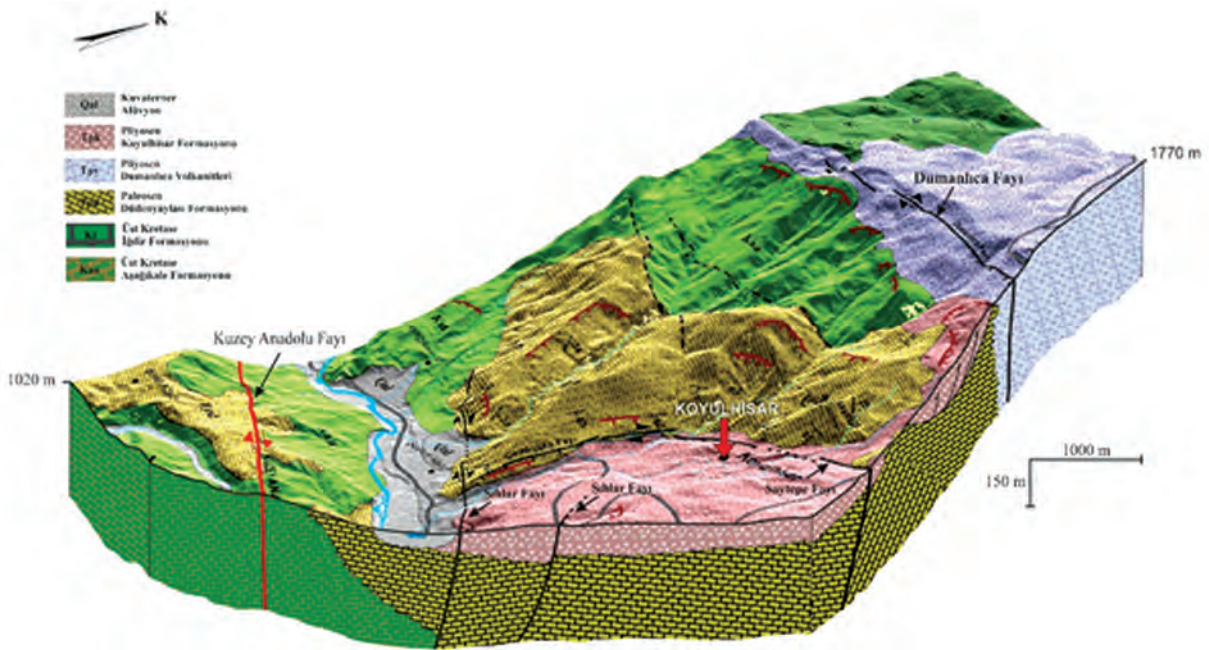
Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun oluşumundan bu yana fayın geçtiği bölgelerde çok sayıda irili ufaklı faylar oluşmuştur. İnceleme alanının bulunduğu Kuzey Anadolu Fay'ına paralel olarak oluşan Kelkit Vadisi içerisinde ve yakın çevresinde gelişmiş faylar ve süreksizlik yapıları bulunmaktadır. Bölgedeki faylar, bölgenin litolojisi de göz önüne alındığında meydana gelen heyelanları tetikler niteliktedir. Özellikle Pliyo-Kuvaterner yaşlı Koyulhisar Formasyonu içerisinde yer alan talus ve fay terası çökelleri bu aktif faylar sayesinde hareketlilik kazanmakta ve suya doyan zeminde hareketlenerek heyelanları oluşturmaktadır (Tatar vd. 2000).

### **İnceleme Alanının Stratigrafik Özellikleri**

Saha gözlemleri ve farklı araştırmacıların yaptığı çalışmaların incelenmesi sonucu inceleme

alanında yüzeyleyen kaya birimleri yaşlıdan gence doğru, Orta-Üst Maestrihtiyen yaşlı Aşağıkale, Üst Maestrihtiyen yaşlı İğdir, Daniyen yaşlı Şihlar, Orta-Üst Paleosen yaşlı Düdenyaylası, Pliyosen yaşlı Dumanlıca (Erdembaba) ve Pliyo-Kuvaterner yaşlı Koyulhisar Formasyonlarından oluşmaktadır. Aşağıkale, İğdir, Şihlar ve Düdenyaylası Formasyonları Geç Kretase-Paleosen sırasında, volkanik yay tipi bir ortamda çökelmiş, üste doğru tane boyu artan kalın bir istif oluşturmuştur. Dumanlıca ve Koyulhisar Formasyonları ise neotektonik dönemin ürünüdür (Toprak 1988).

Neotektonik dönemde oluşan Pliyosen yaşlı Dumanlıca Formasyonu ilk kez Terlemez ve Yılmaz (1980) tarafından adlandırılmıştır. Birim Terzioğlu (1986) tarafından Erdembaba Bazaltı olarak incelenmiştir. Formasyon, andezitik-bazaltik karakterli volkaniklerden oluşmaktadır. Jeokimyasal veriler bu volkanik kayaların kıtasal kabuğun anateksisi sonucunda meydana gelen kalkalkalin karakterli asidik bir magmanın ürünü olduğunu göstermektedir (Terzioğlu 1986). Dumanlıca Formasyonu, Koyulhisar ilçe merkezinin kuzeyinde bulunan Dumanlıca tepesi ve civarında yaygın olarak gözlenmektedir. Pliyo-Kuvaterner yaşlı Koyulhisar Formasyonu ise oldukça gevşek dokulu aglomera-tüf ve gri-yeşil renkli, breşik görünümlü andezitik lav akıntıları ve konglomeralardan oluşmaktadır. Koyulhisar Formasyonu olarak tanımlanan bu birim, Koyulhisar ilçe merkezi ve çevresinde yaygın şekilde yüzeylemektedir. İnceleme alanındaki en genç birimler Kuzey Anadolu Fay Zonu ve Kelkit Nehri boyunca fay denetimli taraça çakılları, Kuvaterner yaşlı alüvyal yelpaze çökelleri ve alüvyon dolguları şeklinde gelişen, çakıl, kum ve siltlerden oluşmaktadır (Şekil 2, Toprak 1988, Uysal vd. 1995).



Şekil 2. Çalışma alanına ait üç boyutlu jeolojik harita ve kesit.

Figure 2. 3D geological map and cross section of the study area.

### İnceleme Alanının Tektonik Özellikleri

Çalışma alanında Koyulhisar ilçe merkezi ve çevresinde Şihlar Fay Takımı, Çamlıyaka Fayı, Saytepe Fayı ve bölgenin kuzeyinde Dumanlıca Fayı bulunmaktadır. Toprak (1988) tarafından adlandırılan bu fay takımları içerisinde Koyulhisar ilçe merkezini çevreleyen faylar Şekil 2 ve 5’de gösterilmiştir.

Kuzey Anadolu Fayı Ana Kolu, bölgede Aşağıkale köyünün yaklaşık 1 km. güneyinden Kelkit Irmağının güney yatağını takip ederek, yaklaşık  $K60^{\circ}-70^{\circ}B$  doğrultusunda Ağilyazı köyünün hemen güneyinden batıya doğru devam etmektedir. Şihlar fayı doğuda Ağilyazı köyünün yaklaşık 1-1.5 km. batısında ana fayın kolu olarak ayrılmıştır. Batıya doğru ana faya paralel olarak hareket etmekte ve Yukarıkale ve Aşağıkale köyleri arasında kollara ayrılmaktadır. Şihlar fayı alüvyal yelpazeleri, basamaklı fay şevleri ve fay kontrollü ırmak çökellerini ötelemiştir. Bu veriler Şihlar fayının aktif olduğunu

göstermektedir. Koyulhisar ilçe merkezinin hemen kuzeyinde bulunan Saytepe’nin yaklaşık 1-1.5 km. batısından başlayarak D-B doğrultuda doğuya doğru devam eden Saytepe fayı, Kayaören köyünün kuzeybatısında iki kola ayrılmaktadır. Fay, Şihlar, Düdenyaylısı, Koyulhisar ve İğdir Formasyonlarını kesmektedir. Çamlıyaka köyünün doğusunda yer alan Çamlıyaka fayı Koyulhisar çöküntüsünün batı kenarını oluşturmaktadır. Çamlıyaka fayı yaklaşık 4 km. uzunluğunda, kuzeydoğu-güneybatı doğrultulu sağ-yanal ve normal bileşene sahip bölgedeki diğer faylara antitetik olarak gelişmiştir. Dumanlıca fayı, Koyulhisar ilçe merkezinin yaklaşık 3 km kuzeyinde olup, yaklaşık D-B yönlü ve doğrultu atımlı sağ-yanal bileşene sahiptir. Fayın bazı bölgelerinde normal bileşenlere rastlanmıştır. KAFZ içerisinde yer alan birincil faylar genelde  $K60^{\circ}-70^{\circ}B$ , Koyulhisar civarında ise yaklaşık D-B gidişlidir. Sintetik faylar ana fay ile  $20^{\circ}-40^{\circ}$  arasında değişen açılar yapmakta, antitetik faylar

ise KKD-GGB doğrultusunda gelişmektedir. Buna göre fayların oluşumuna yol açan en büyük sıkışma yönü K20°B-G20°D doğrultusundadır (Toprak 1988).

İnceleme alanını da içine alan Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun doğu bölümünde Tatar vd. (2012) tarafından yapılan GPS ölçümlerinin modellemesi ilginç sonuçlar vermektedir. Modelleme sonuçlarına göre KAFZ'nun kayma hızı 400 km'lik bir alan içinde doğudan batıya doğru 16.3±2.3 mm/yıl'dan 24.0±2.9 mm/yıla kadar bir artış göstermektedir. Bu durum Reilinger vd. (2006)'nın Anadolu Bloğunun Geç Miyosen döneminde Arap ve Avrasya plakaları arasındaki kıtasal çarpışma sonucu (Şengör ve Yılmaz 1981), Arap plakasının itmesinden daha çok Yunan Makaslama zonu tarafından çekildiği yönündeki görüşü ile uyumluluk göstermektedir.

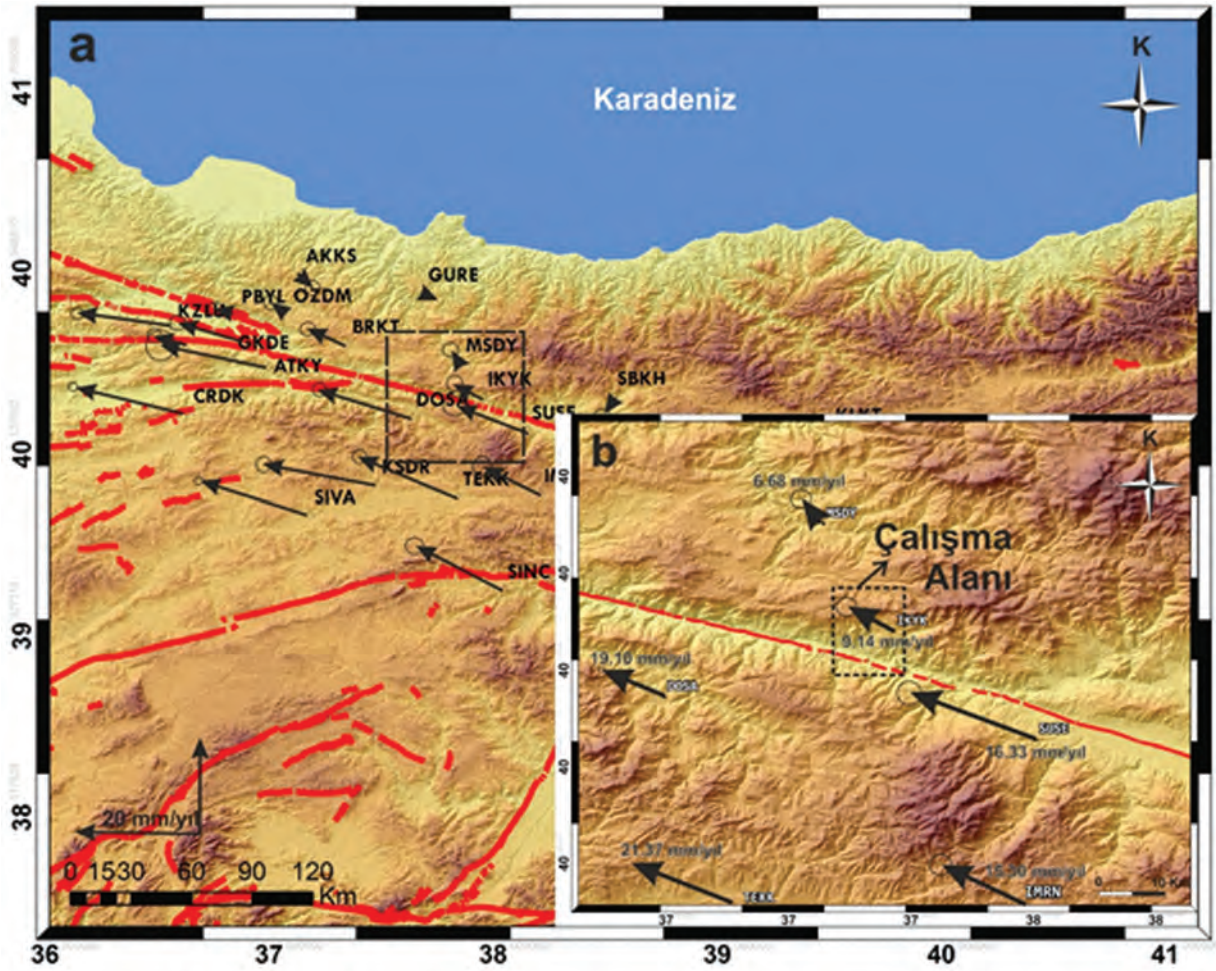
Benzer şekilde fay boyunca kilitlenme derinliği de batıya doğru 8.1±3.3 km'den 12.8±3.9 km'ye kadar değişmektedir. Bu çalışma kapsamında, Koyulhisar ve civarında bulunan GPS noktalarından elde edilen kayma hızı değerleri de benzer özellik göstermektedir (Şekil 3). Tatar vd. (2012) tarafından KAFZ'nun doğu bölümünde yapılan GPS çalışmalarından elde edilen sonuçlar tek bir profil üzerinde modellendiğinde, tüm bölge için ortalama 20.1±2.4 mm/yıl kayma hızı ve 12.5±3.5 km kilitlenme derinliği hesaplanmaktadır. Kilitlenme derinliğindeki 10-16 km'den 5 km'ye kadar olan değişim kaya türü, kabuğun kalınlığı, jeokimyasal bileşim ve güncel sismik aktivite gibi değişik reolojik, sismolojik parametrelere bağlı olarak gelişebilmektedir. KAFZ'nun Niksar ile Erzincan arasında kalan 120 km genişliğindeki bölümü üzerinde GPS ölçümleri ile hesaplanan yüzeydeki deformasyon kuşağı da değişkenlik göstermektedir. Benzer şekilde, KAFZ'nun Niksar-Erzincan segmentini içeren Kuzey Anadolu Makaslama Zonu da (Şengör vd. 2005) doğudan

batıya doğru genişlemektedir. Tatar vd. (2012) tarafından hesaplanan ve Erzincan ve çevresini kapsayan GPS profilinde yüzey deformasyonunun genişliği 3.1±1.6 km olarak hesaplanırken, Suşehri batısında Koyulhisar civarında 4.0±2.7 km, Niksar havzası ve Ezinepazar-Sungurlu fayını kapsayan profile ise 15.1±2.6 km hesaplanmıştır. Bu veriler Şengör vd. (2005) tarafından ortaya konulan verilerle de uyumludur.

İnceleme alanı içinde 1 adet GPS ölçüm noktası bulunmaktadır. Koyulhisar kuzeybatısında İkizyaka'da (IKYK) elde edilen yatay hız değeri 9.14 mm/yıl olarak hesaplanmıştır. Bu nokta dışında, inceleme alanı kuzeyinde Mesudiye'de (MSDY) 6.68 mm/yıl, güneyinde Doğanşar'da (DOSA) 19.16 mm/yıl, Suşehri'nde (SUSE) 16.33 mm/yıl, Teknealan'da (TEKK) 21.37 mm/yıl ve İmranlı'da (IMRN) 15.30 mm/yıl yatay hız değerleri hesaplanmıştır (Şekil 3). Bu değerler Anadolu bloğunun KAFZ güneyinde batıya kaçıışı ile uyumludur.

Çalışma alanı Kuzey Anadolu Fay Zonu üzerinde yer alan sismik aktivitelerin yoğun olduğu bir kuşak üzerinde yer almaktadır. Çalışma alanı ve çevresinde 50 km'lik bir yarıçap içinde 1900-2014 yılları arasında meydana gelen 3 ve üzeri büyüklükteki depremler Şekil 4'te gösterilmiştir. Harita incelendiğinde depremlerin KAFZ ana sistemi üzerinde olduğu gibi, Koyulhisar kuzeyinde yer alan küçük fay segmentleri üzerinde de geliştiğini göstermektedir. Bölge, oluşabilecek orta-büyük ölçekteki depremlerle heyelan oluşturabilecek potansiyele de sahiptir. Bölgenin topografik özellikleri ve aktif fay zonu üzerinde olması nedeniyle küçük ölçekte gelişen fayların yanı sıra yoğun süreksizliklerin olması Kelkit Vadisi boyunca bölgeyi kütle hareketleri açısından olumsuz etkilemektedir.





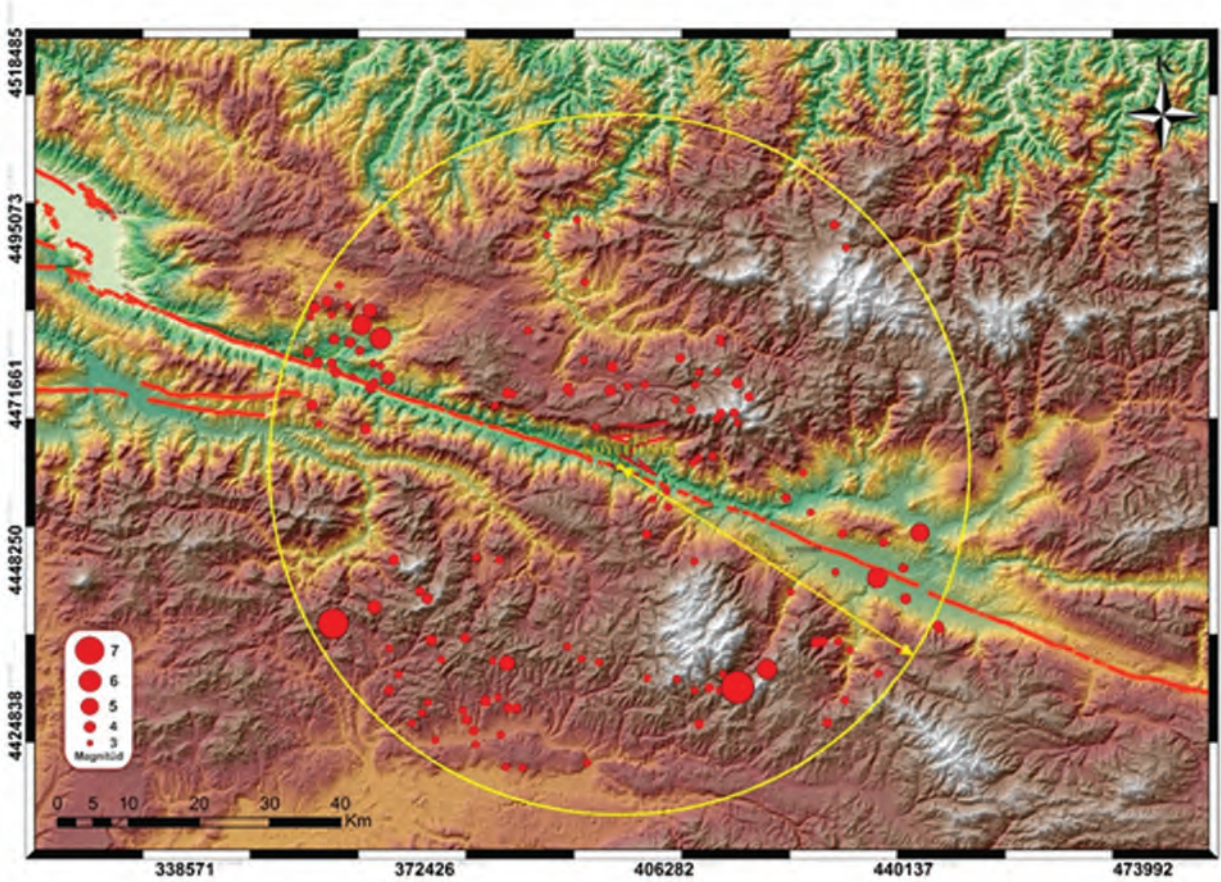
Şekil 3. Koyulhisar ilçe merkezi ve yakın çevresinde bulunan aktif faylar (a) ve GPS noktalarından elde edilen yatay hız değerleri (b). GPS hız değerleri Tatar vd. (2009, 2012) ve Poyraz (2009)'dan düzenlenmiştir.

Figure 3. Active faults in an around Koyulhisar (a) and horizontal GPS vectors (b) taken from Tatar et al. (2009, 2012) and Poyraz (2009).

### Çalışma Sahasındaki Fay Topuluklarının Kinematik Analizi

Kinematik analiz çalışmaları bir bölgedeki fayları oluşturan ana kuvvetlerin ve güncel tektonik rejimin belirlenmesinde önemli veriler sağlamaktadır. Arazi çalışmaları sırasında kinematik analiz yapmak ve dolayısıyla tektonik rejim hakkından bilgi sahibi olmak amacıyla çalışma alanı içerisinde fay izlerinin yoğun olarak gözlemlendiği bölgelerden ölçülen fay

düzlemlerine ait parametreler (fayın doğrultusu, eğim miktarı, eğim yönü, yan yatım açısı (rake) değerleri) derlenmiştir. Derlenen veriler Carey (1979)'in sayısal analiz yöntemi kullanılarak değerlendirilmiştir. Bu yöntem; aktif fay zonları üzerinde görülen kayma vektörlerinin ölçülüp değerlendirilmesi esasına dayanmaktadır. Farklı yaş ve litolojilerden derlenen faylardan özellikle genç döneme ait olanların günümüzde veya son tektonik rejim içerisindeki kinematik durumu belirlenmeye çalışılmıştır.



**Şekil 4.** Çalışma alanı çevresinde 1900-2014 yılları arasında meydana gelen 3 ve üzeri büyüklükteki depremler. Deprem verileri Uluslararası Sismoloji Merkezinden alınmıştır <http://isc-mirror.iris.washington.edu> alınmıştır.

**Figure 4.** Earthquake epicenters over >3 around the study area between 1900-2014. Seismic data are from International Seismological Center.

Bu çalışmada, Koyulhisar ilçe merkezi ve çevresinde yüzeyleyen değişik yaş ve özellikteki formasyonlar içerisinde gelişen faylar yapısal olarak incelenmiş ve bölgenin deformasyon özelliklerini ortaya koymak amacıyla fay düzlemlerinden kinematik veriler elde edilmiştir. Toplanan bu veriler, Carey (1976 ve 1979)'un bilgisayar destekli sayısal analiz yöntemi kullanılarak değerlendirilmiştir. İnceleme alanının farklı bölgelerinde yer alan 16 değişik istasyondan toplam 123 adet fay düzlemi ve kayma vektörü belirlenmiştir. Belirlenen istasyonların özellikleri Çizelge 1'de verilmiştir. Ölçüm yapılan

istasyonların jeoloji haritası üzerinde dağılımı ve kinematik analiz sonuçları ise Şekil 5'de gösterilmektedir.

Yapılan kinematik analiz çalışmaları bölgenin halen aktif olarak KB-GD yönlü sıkışma ve KD-GB yönlü açılma etkisi altında olduğunu göstermektedir. Kinematik ölçüm yapılan noktalardan 7 tanesi neotektonik dönemde oluşmuş genç birimler içinde yer almaktadır. Bunlardan 8, 9 ve 12 nolu ölçüm istasyonları Pliyo-Kuvaterner yaşlı Koyulhisar formasyonu, 13, 14, 15 ve 16 nolu istasyonlar ise Kuvaterner yaşlı Dumanlıca

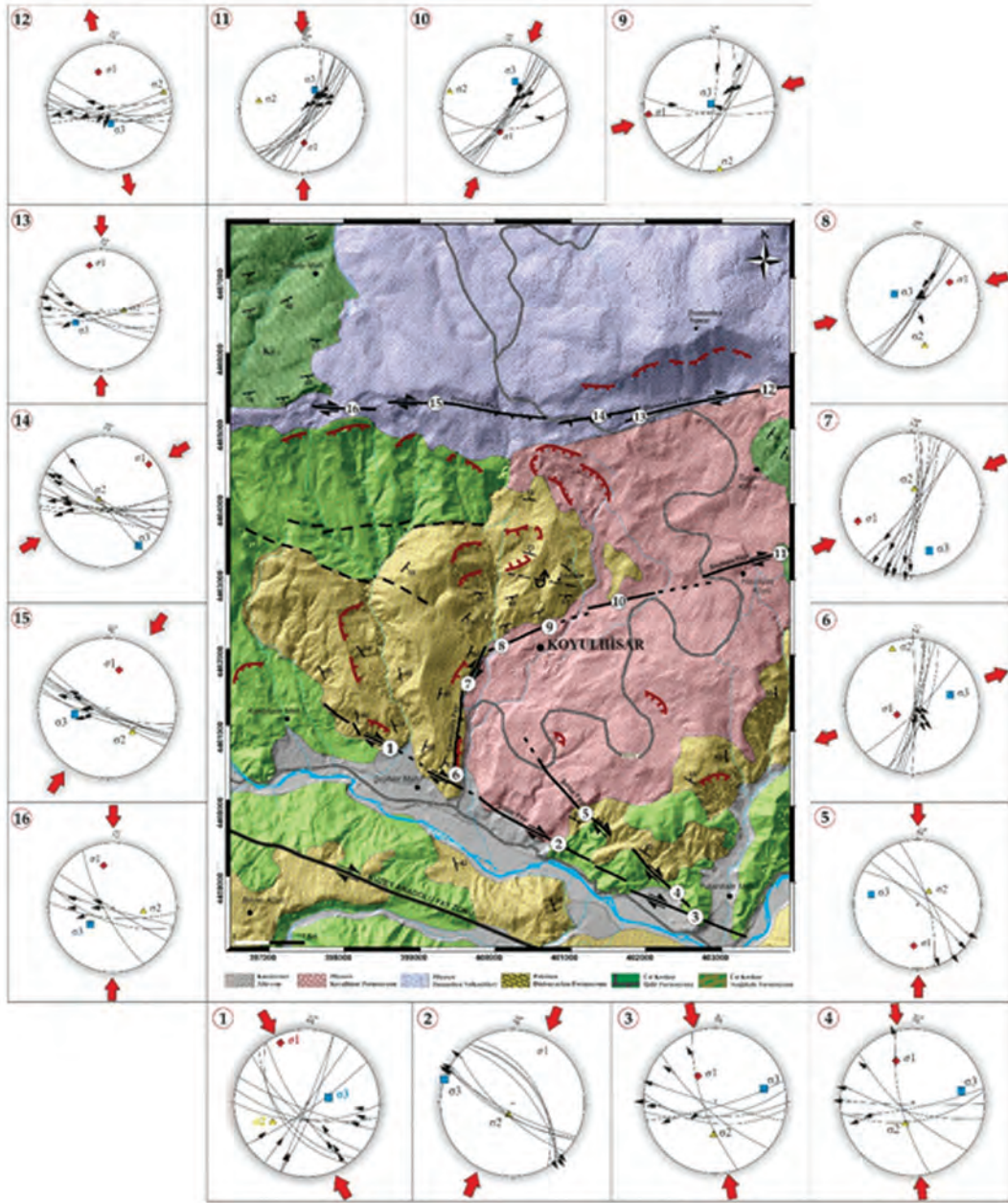
formasyonu içindedir. Pliyo-Kuvaterner yaşlı birimler içinden elde edilen kinematik analiz verileri ise yersel olarak KD-GB yönlü sıkışma, KB-GD yönlü bir açılma vermektedir. Kuvaterner

yaşlı birimler içinden elde edilen kinematik analiz verileri de benzer şekilde K-G/KD-GB yönlü sıkışma, D-B/KB-GD yönlü açılmayı işaret etmektedir.

**Çizelge 1.** Çalışma alanında gözlenen fay düzlemlerine ait kinematik verilerin ölçüldüğü istasyonlar.

**Table 1.** Kinematic measurement sites of the fault planes in the study area.

İstasyon No	Enlem (K)	Boylam (D)	Ölçü Sayısı	Formasyon Adı	Formasyon Yaşı
1	40.293600°	37.801700°	11	Düdenyaylası	Orta-Üst Paleosen
2	40.284400°	37.823200°	8	Aşağıkale	Orta-Üst Maestrihtiyen
3	40.275567°	37.844317°	7	Aşağıkale	Orta-Üst Maestrihtiyen
4	40.281342°	37.842525°	6	Aşağıkale	Orta-Üst Maestrihtiyen
5	40.289705°	37.831069°	4	Düdenyaylası	Orta-Üst Paleosen
6	40.288850°	37.818267°	8	Düdenyaylası	Orta-Üst Paleosen
7	40.302150°	37.820950°	9	Düdenyaylası	Orta-Üst Paleosen
8	40.303533°	37.823550°	6	Koyulhisar	Pliyo-Kuvaterner
9	40.306667°	37.831667°	7	Koyulhisar	Pliyo-Kuvaterner
10	40.309033°	37.842250°	10	Düdenyaylası	Orta-Üst Paleosen
11	40.316983°	37.872483°	11	<b>İğdir</b>	Üst Maestrihtiyen
12	40.334767°	37.878900°	8	Koyulhisar	Pliyo-Kuvaterner
13	40.333750°	37.854250°	6	Dumanlıca	Pliyosen
14	40.331200°	37.835283°	10	Dumanlıca	Pliyosen
15	40.331475°	37.823707°	7	Dumanlıca	Pliyosen
16	40.331171°	37.808489°	5	Dumanlıca	Pliyosen



**Şekil 5.** Ölçüm yapılan istasyonların jeoloji haritası üzerinde dağılımı ve kinematik analiz sonuçları.

**Figure 5.** Location of fault kinematic measurements on the geological map of the study area.

## SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Çalışma alanındaki fay topluluklarının kinematik analizi sonucunda yersel sıkışma ve açılma yönlerinin durumları ortaya çıkarılmıştır. Bölgede gözlenen fayların, özellikle Kuzey Anadolu Fayı'nı oluşturan kuvvetlerin etkisine bağlı olarak

oluştugu anlaşılmaktadır. Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun inceleme alanının da içinde olduğu doğu bölümü üzerinde en kapsamlı GPS çalışması Tatar vd. (2012) tarafından gerçekleştirilmiştir. Erbaa (Tokat) ile Çayırlı (Erzincan) arasında kalan yaklaşık 400 Km uzunluğundaki alanda 36

ayrı noktada, Kuzey Anadolu Fay Zonu'na dik profiller boyunca yapılan bu çalışmada bölgedeki kabuksal deformasyon ve fay zonu'nun hareket hızına yönelik önemli veriler elde edilmiştir. 3 yıllık ölçüm sonuçları, Kuzey Anadolu Fay Zonu boyunca hareket hızının batıya doğru  $16 \pm 2.3$  mm/yıldan,  $24.0 \pm 2.9$  mm/yıla arttığını, ortalama hareket hızının  $20.1 \pm 2.4$  mm/yıl, kilitlenme derinliğinin ise  $12.5 \pm 3.5$  Km olduğunu ortaya koymuştur. GPS çalışmaları ile elde edilen veriler, bu çalışma kapsamında elde edilen jeolojik ve kinematik verilerle uyumlu olup, bölgede belirgin bir kabuksal deformasyonun ve sismik deformasyonun birikimini ortaya koymaktadır. Bölgede yüzey kırığı yaratan en son büyük depremin 1939 yılında meydana geldiği dikkate alınrsa, aradan geçen yaklaşık 75-80 yıllık dönem içinde Kuzey Anadolu Fay Zonu üzerinde 1.5 metre civarında bir gerilme birikiminin olduğu söylenebilir. Bu değer ise bölgede 6.0 ve üzeri büyüklükte, yüzey kırığı oluşturabilecek bir depremi meydana getirecek enerjinin biriktiğini göstermektedir.

### **Katkı Belirtme**

Bu çalışma birinci yazarın Yüksek Lisans çalışması kapsamında gerçekleştirilmiştir. Çalışma Cumhuriyet Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu tarafından M-524 nolu proje ile desteklenmiştir.

### **EXTENDED SUMMARY**

*This study aims to investigate the kinematic characteristics of the faults around Koyulhisar on the North Anatolian Fault Zone. The study area is located on the eastern part of the North Anatolian Fault Zone (NAFZ) around the Koyulhisar (Sivas) region. The region is represented by a 6-8 km*

*wide and 32 km long deformation belt. This belt is divided into 5 fault segments by Toprak (1988) as North Anatolian Master Fault, Koyulhisar Fault Set, Kelkit Fault Set, Şihlar Fault Set and Kuruçay Fault Set. In this study, a detailed fault kinematic analysis were carried out along the Şihlar, Çamlıyaka, Saytepe and Dumanlıca Fault Sets around Koyulhisar and its surroundings. The result of kinematic analysis indicates that the region is under the effect of NW-SE compression and NE-SW extension. Morphotectonic structures and microseismic activity reveals the right lateral strike slip activity of the North Anatolian Fault Zone in this region. Intense landslide activity in the region is seen. One of the severe landslides occurred in the Koyulhisar area in 2000 is still affecting the region. GPS monitoring of this landslide reveals an average of 2.5-7.4 mm/year slip rate. GPS campaigns were also carried out on the eastern part of the North Anatolian Fault Zone including the Koyulhisar region by Tatar et al. (2012). Five GPS sites fall into the study area. GPS analyses show that the fault locking depth increases westwards from  $8.1 \pm 3.3$  in Erzincan to  $12.8 \pm 3.9$  km nearby Niksar. The change in locking depth from 10–16 km down to 5 km may have been caused by several rheological and seismological parameters such as thickness of the crust, rock type, geochemical composition and recent seismic activity. The wideness of deformation belt at the surface calculated by the GPS measurements on a 120 km wide belt along the Niksar–Erzincan segment of the NAFZ forming the boundary between Eurasian and the Anatolian plates varies as well (Tatar et al. 2012).*

*Similarly, the North Anatolian Shear Zone (NASZ, Şengör et al., 2005) including the Niksar–*

*Erzincan segment of the NAFZ widens from east to the west. The wideness of the surface deformation is calculated as  $3.1 \pm 1.6$  km at profile 3 covering the Erzincan and its surroundings,  $4.0 \pm 2.7$  km at profile located to the west of Suşehri and  $15.1 \pm 2.6$  km at profile 1 including the Sungurlu fault zone and the Niksar basin (Tatar et al. 2012). This change is also consistent with the Şengör et al. (2005) observations that the wideness of the NASZ increases towards the west. GPS results obtained from the eastern part of the NAFZ in the study by Tatar et al. (2012) are consistent with geological and fault kinematic data which also show a significant crustal movement in the region. Furthermore, these results also indicate the accumulation of interseismic deformation.*

## DEĞİNİLEN BELGELER

- Akyüz, H.S., Hartleb, R., Barka, A.A., Altunel, E. ve Sunal, G. (2002). Surface rupture and slip distribution of the 12 November 1999 Düzce Earthquake (M 7.1), North Anatolian Fault, Bolu, Turkey. *Bull. Seism. Soc. America*, 92, 61-66.
- Armijo, R., Meyer, B., Hubert-Ferrari A., Barka, A. (1999). Westward propagation of North Anatolian Fault into the Northern Aegean: timing and kinematics. *Geology* 27:267-70.
- Arpat, E. ve Şaroğlu, F. (1975). Türkiye'deki bazı önemli genç tektonik olaylar. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, 18(1), 91-101.
- Ayhan, M.E. ve Kılıçoğlu, A. (1995). Global Konumlama Sistemi (GPS) Baz vektörlerinin Benzerlik ve Afın Dönüşümü ile Üç Boyutta Sıklaştırılması, Türk Haritacılığının Yüzüncü Yılı TUJJB ve TUFUAB Kongreleri Bildiri Kitabı, s.307-320, Ankara
- Barka A. (1992). The North Anatolian Fault zone. *Annales Tectonicae*, 6:164-95
- Barka, A., Akyüz, H.S., Cohen, H.A., Watchorn, F. (2000). Tectonic evolution of the Niksar and Taşova-Erbaa pull-apart basins, North Anatolian Fault Zone: their significance for the motion of the Anatolian Block. *Tectonophysics* 322:243-64
- Barka, A. (1996). Slip distribution along the North Anatolian Fault associated with large earthquakes of the period 1939 to 1967. *Bull. Seis. Soc. Amer.* 86, 1238-1254.
- Barka, A. ve Hancock, P.L. (1984). Neotectonic deformation patterns in the convex-northwards arc of the North Anatolian fault zone. *Geological Society, London, Special Publications*, 17(1), 763-774.
- Barka, A., Akyüz, H. S., Altunel, E., Sunal, G., Çakır, Z. (2002). The surface rupture and slip distribution of the 17 August 1999 İzmit earthquake (M 7.4), North Anatolian Fault. *Bull. Seismol. Soc. Am.* 92:43-60.
- Bozkurt, E. (2001). Neotectonics of Turkey: a synthesis. *Geodinamica Acta* 14, 3-30.
- Oral, M., Reilinger, R. E., Nafi Toksöz, M., King, R. W., Aykut Barka, A., Kınık, I., ve Lenk, O. (1995). Global positioning system offers evidence of plate motions in eastern Mediterranean. *EOS, Transactions American Geophysical Union*, 76(2), 9-11.
- Carey, E. (1976). Analyse numérique d'un modèle mécanique élémentaire appliqué à l'étude d'une population de failles: calcul d'un tenseur moyen des contraintes à partir des stries de glissement (Doctoral dissertation).
- Carey, E. (1979). Recherche des directions principales de contraintes associées au jeu d'une population de failles, *Rev. Geol. Dynam. Geog. Phys.*, 21, 57-66
- Çakır, Z., de Chabaliér, J.B., Armijo, R., Meyer, B., Barka, A. ve Peltzer, G. (2003). Coseismic and early-post-seismic slip associated with the 1999 İzmit earthquake (Turkey) from SAR interferometry and tectonic field observations, *Geophysical Journal International*, 155, 93-110.
- Emre, Ö., Kondo, H., Duman, T.Y., Özalp, S. ve Elmacı, H. (2012). 1:250.000 Ölçekli Türkiye Diri Fay Haritası Serisi, Giresun (NK 37-14) Paftası, Seri No: 40, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara-Türkiye.
- Erturaç M. K. ve Tüysüz O. (2012). Kinematics and Basin Formation Along the Ezinepazar-Sungurlu

- Fault Zone, NE Anatolia, Turkey. Turkish Journal of Earth Sciences (Turkish J. Earth Sci.), Vol. 21, 2012, pp. 497–520
- Hartleb, R. D., Dolan, J. F., Akyüz, H.S. ve Barka, A.A. (2000). Paleoseismologic results from the North Anatolian Fault, Çukurçimen and Ulaşlar, north-central Turkey. Eos, Transactions, American Geophysical Union, United States, Özler, 818.
- International Seismological Centre, *On-line Bulletin*, <http://www.isc.ac.uk>, ve <http://isc-mirror.iris.washington.edu>, International Seismological Center, Thatcham, United Kingdom, 2012.
- Ketin İ. (1968). Relations between general tectonic features and the main earthquake regions in Turkey. Bull. Miner. Res. Explor. Inst. Turk. 71:63–67
- Ketin, İ. (1969). Kuzey Anadolu Fayı Hakkında. Maden Tetkik ve Arama Dergisi 72, 1-27.
- Kiratzı, A.A. (1993). A study of the active crustal deformation of the North and East Anatolian fault zones. Tectonophysics, 225:191–203
- Koçyiğit, A. (1988). Basic geological characteristics and total offset of the North Anatolian Fault zone in Suşehri area, NE Turkey. METU Pure and Applied Sciences, 22, 43-68.
- Koçyiğit A. (1990). Tectonic setting of the Gölova Basin: total offset of the North Anatolian Fault Zone, E Pontide, Turkey. Ann. Tecton. Spec. issue IV: 155–70.
- Koçyiğit, A. (1989). Suşehri Basin: An Active Fault-wedge Basin on the North Anatolian Fault Zone, Turkey, Tectonophysics 167, 11–29.
- Koçyiğit, A. (1990). Tectonic setting of the Gölova basin: total offset of the North Anatolian Fault Zone, E. Pontide, Turkey. Ann. Tectonicae, 4, 155-170.
- McClusky, S, Balassanian, S, Barka, A, Demir, C, Ergintav, S., et al. (2000). Global Positioning System constraints on plate kinematics and dynamics in the eastern Mediterranean and Caucasus. J. Geophys. Res. 105:5695–719
- Okay, A.İ., Satır, M., Zattın, M., Cavazza, W., Topuz, G. (2008). An Oligocene ductile strike-slip shear zone: Uludağ Massif, northwest Turkey-implications for the escape tectonics. Geological Society of America Bulletin.893 p
- Piper, J.D.A., Tatar, O., Gürsoy, H. (1997). Deformational behaviour of continental lithosphere deduced from block rotations across the North Anatolian Fault Zone in Turkey. Earth Planet. Sci. Lett. 150:191–203.
- Poyraz, F. (2009). Kuzey Anadolu Fay Zonu Doğu Kesiminde Yatay Yerkabuğu Hareketleri ve Gerilme Birikiminin Araştırılması. Doktora Tezi, 140 s. Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Reilinger, R., McClusky, S., Vernant, P., Lawrence, S., Ergintav, S., Çakmak, R., ve Nadariya, M. (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: Solid Earth, 111(B5).
- Reilinger, R.E, McClusky, S.C, Oral, M.B, King, R.W, Toksöz, M.N. (1997). Global Positioning System measurements of present-day crustal movements in the Arabia-Africa- Eurasia plate collision zone. J. Geophys. Res. 102:9983–99
- Seymen, İ. (1975). Kelkit Vadisi Kesiminde Kuzey Anadolu Fay Zonunun Tektonik Özelliği: Dr. Eng., İstanbul Tek. Univ., Maden Fak., XIX+192 pp.+2 foldout maps
- Şaroğlu, F. (1985). Doğu Anadolu'nun Neotektonik Dönemde Jeolojik ve Yapısal Evrimi. Ph.D thesis. İstanbul Univ., Fen Bilim. Enst., İstanbul. 240 pp.+7 foldouts
- Şaroğlu, F. (1988). Age and offset of the North Anatolian Fault. METU J. Appl. Sci. 21:65-79
- Şengör, A. M.C., Tüysüz, O., İmren, C., Sakıncı, M., Eyidoğan, H., Görür, N., Le Pichon, X. & Rangin, C. (2005). The North Anatolian Fault: A New Look. Annual Review of Earth and Planetary Sciences 33, 37-112.
- Şengör, A.M.C. and Yılmaz, Y. (1981). Tethyan evolution of Turkey: a plate tectonic approach. Tectonophysics, 75(3), 181-241.
- Şengör, A.M.C., Görür N, Şaroğlu, F. (1985). Strike slip faulting and related basin formation in zones of tectonic escape: Turkey as a case study. In Strike-slip Deformation, Basin Formation, and Sedimentation, Soc. Econ. Paleontol. Miner. Spec. Publ. 37 (in honor of J.C. Crowell), ed. KT Biddle, N Christie-Blick, pp. 227–64

- Şengör, A.M.C. (1979). The North Anatolian Transform Fault: its age, offset and tectonic significance. *J. Geol. Soc. London*, 136:269–82.
- Tatar O., Aykanat D., Koçbulut F., Yılmaz I., Sendir H., Kürçer A., Sağlam B. (2000). Koyulhisar İlçe Merkezi ve İlçe Emniyet Amirliği Hizmet Binası Heyelan Etüd ve Değerlendirme Raporu, Sivas.
- Tatar, O., Gürsoy, H., Altunel, E., Akyüz, H.S., Topal, T., Şahin, M., Kavak, K.Ş., Çakır, Z., Koçbulut, F., Sezen, T.F., Mesci, B.L., Dikmen, Ü., Türk, T., Poyraz, F., Hastaoğlu, K.Ö., Zabcı, C., Karabacak, V., Akın, M., Akpınar, Z., Polat, A., Gürsoy, Ö., Demir, G., Ayazlı, İ.E., Yalçın, Ç., Yavaşoğlu, H., Karaman, H. ve Erden, T. (2009). Aktif Fay Zonları ve Doğal Afetler: Kuzey Anadolu Fay Zonu Üzerinde Kelkit Vadisi Boyunca Yer Alan Yerleşim Alanlarının Doğal Afet Risk Analizi ve Afet Bilgi Sisteminin Oluşturulması, Cilt 1 Neotektonik, Paleosismoloji, GPS, Heyelan Duyarlılık ve Radar Interferometri), DPT Proje No 2006K-120220, 868 s.
- Tatar, O., Poyraz, F., Gürsoy, H., Çakır, Z., Ergintav, S., Akpınar, Z., Koçbulut, F., Sezen, T.F., Türk, T., Hastaoğlu, K.Ö., Polat, A., Mesci, B.L., Gürsoy, Ö., Ayazlı, İ.E., Çakmak, R., Belgen, A. ve Yavaşoğlu, H. (2012). Crustal deformation and kinematics of the eastern part of the North Anatolian Fault Zone (Turkey) from GPS measurements. *Tectonophysics*, 518-521, p.55-62.
- Tatar, Y. (1978). Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun Erzincan-Refahiye arasındaki bölümü üzerinde tektonik incelemeler. *Yerbilimleri Dergisi*, 5(3/4), 201-236.
- Taymaz, T., Jackson, J., and McKenzie, D. (1991). Active tectonics of the north and central Aegean Sea. *Geophys. J. Int.* 106:433–90.
- Terlemez, İ. ve Yılmaz, A. (1980). Ünye-Ordu-Reşadiye-Koyulhisar-Karaçayır-Hafik arasında kalan bölgesinin jeolojisi, MTA. Rapor No: 6671.
- Terzioğlu, N. (1986). Reşadiye-Gölköy ve Koyulhisar arasındaki Tersiyer-Kuvaterner yaşlı volkanitlerinin genel stratigrafik özellikleri, Cumhuriyet Üniv., Müh, Fak, Dergisi, Yerbilimleri, 3/1, 3- 13.
- Toprak, V. (1988). Neotectonic characteristics of the North Anatolian Fault Zone between Koyulhisar and Suşehri (NE Turkey). *METU J. Pure Ap. Sci.*, 21:155-66.
- Tüysüz, O., Yiğitbaş, E., Genç, T. ve Tarı, U. (1998). Batı Karadeniz Bölgesinin Tektonik Birliklerinin Ayırıcı ve 1: 500.000 Ölçekli Jeoloji Haritasının Hazırlanması [Tectonic Units of Western Black Sea Region and Their Geological Mapping at 1: 500.000 Scale]. TÜBİTAK Project Report YDABÇAG-17.
- Uysal, S. (1995). Koyulhisar (Sivas) yöresinin jeolojisi, M.T.A. Rapor No: 9838.
- Westaway, R. (1994). Present-day kinematics of the Middle East and eastern Mediterranean. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 99(B6), 12071-12090.
- Yaltrak, C., Sakıncı, M., Oktay, F.Y. (2000). Westward propagation of North Anatolian Fault into the northern Aegean: Timing and kinematics. *Comment. Geology* 28:187– 89.
- Yaltrak, C. (1996). Ganos Fay Sistemi'nin tektonik tarihi. *Türk. Petrol Jeol. Derneği, Bül.* 8:137–56.

---

Makale Geliş Tarihi : 16 Mayıs 2016  
Kabul Tarihi : 4 Ağustos 2016

*Received* : 16 May 2016  
*Accepted* : 4 August 2016





## TÜRKİYE JEOLOJİ BÜLTENİ

### YAZIM KURALLARI

#### Yazıların hazırlanması

TÜRKİYE JEOLOJİ BÜLTENİ'nin yayın dili Türkçe ve İngilizce'dir. Türkçe makalelerde "Extended Summary", İngilizce makalelerde ise "Genişletilmiş Özet" verilmelidir. Yazarların ana dillerinin Türkçe olmaması durumunda, yazıların başlığı ve özeti ile çizelge ve şekillerin başlıkları Editörlükçe Türkçeye çevrilir. Ana dili İngilizce olmayan yazarlara, yazılarını Editörlüğe göndermeden önce, gramer ve üslup açısından, ana dili İngilizce olan bir kişiden katkı almaları özellikle önerilir. Hazırlanan makaleler orijinal ve daha önce basılmamış araştırma, yorum ya da her ikisine ait sentezi içermeli, veya teknik not niteliğinde olmalıdır. Yazının gönderilmesi, daha önce basılmamış veya başka bir yerde incelemede olmadığını gösterir.

Yazılar, aşağıda verilen düzen çerçevesinde hazırlanmalıdır.

- (a) **Başlık** (Türkçe ve İngilizce)
- (b) **Yazar adları** (koyu ve tamamı büyük harfle) ve **adresleri** (italik ve küçük harfle) ile başvurulacak **yazarın E-posta adresi**
- (c) **Öz** (Türkçe ve İngilizce)
- (d) **Anahtar Kelimeler** (Türkçe ve İngilizce)
- (e) **Giriş** (amaç, kapsam ve yöntem)
- (f) **Ana metin** (kullanılan yöntemler, çalışılan malzemeler, tanımlamalar, analizler vd.)
- (g) **"Tartışma ve Sonuçlar"** veya **"Tartışma ve Öneriler"**
- (h) **"Extended summary"/"genişletilmiş özet"**
- (i) **Katkı Belirtme** (gerekliyorsa)
- (j) **Kaynaklar**
- (k) **Çizelgeler**
- (l) **Şekiller Dizini**
- (m) **Şekiller**
- (n) **Levhalar** (var ise)

Metinde kullanılan değişik türde başlıklar farklı şekillerde ve tüm başlıklar sayfanın sol kenarında verilmelidir. Ana başlıklar büyük harflerle ve koyu yazılmalıdır. İkinci derece başlıklar alt başlık olarak değerlendirilmeli ve birinci ve ikinci derece alt başlıklar küçük harfle (birinci derece alt başlıklarda her kelimenin ilk harfi büyük) ve koyu, üçüncü derece alt başlıklar ise italik olmalıdır. Başlıkların önüne numara veya harf konulmamalıdır. Yazılar (öz, metin, katkı belirtme, kaynaklar, ekler ve şekiller dizini) A4 (29.7 cm x 21 cm) boyutundaki sayfaların bir yüzüne, kenarlardan en az 2.5 cm boşluk bırakılarak, 1.5 cm aralıkla ve 12 puntuyla (Times New Roman) yazılmalı, ayrıca tüm sayfalara numara verilmelidir.

**Başlıklar şu şekilde olmalıdır:**

**ÖZ**

**ABSTRACT**

**GİRİŞ**

**ANA BAŞLIK**

**Birinci Derece Alt Başlık**

**İkinci derece alt başlık**  
**Üçüncü derece alt başlık**  
**SONUÇLAR VE TARTIŞMA**  
**GENİŞLETİLMİŞ ÖZET**  
**KATKI BELİRTME**  
**KAYNAKLAR**

**Kapak Sayfası**

Yazıdan ayrı olarak sunulacak kapak sayfasında aşağıdaki bilgiler yer almalıdır.

- Yazının başlığı
- Yazar(lar)ın ad(lar)ı (ad ve soyadı kısaltılmadan)
- Tüm yazarların açık posta ve e-mail adresleri (Başvurulacak Yazar belirtilerek). Başvurulacak yazarın faks ve telefon numaraları da ayrıca belirtilmelidir.

**Başlık ve Yazarlar**

Yazının başlığı, çalışmanın içeriğini anlaşılır şekilde yansıtmalıdır. Eğer yazı Türkçe hazırlanmışsa, Türkçe başlığı (koyu ve kelimelerin ilk harfleri büyük harf olacak şekilde) İngilizce başlık (italik ve kelimelerin ilk harfleri büyük harf olacak şekilde) izlemelidir. İngilizce hazırlanmış yazılarda ise, İngilizce başlık Türkçe başlıktan önce ve yukarıda belirtilen yazım kuralına göre verilmelidir.

Yazarlara ilişkin bilgi ise aşağıdaki örneğe uygun olarak verilmelidir:

Ahmet Ahmetoğlu                      Ankara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü,  
Tandoğan 06100 Ankara  
A. Hüsnu Hüsnuoğlu                      MTA Genel Müdürlüğü, Jeolojik Etüdler Dairesi, 06520 Ankara  
(e-posta: husnu56@mta.gov.tr)

**ÖZ**

Öz, çalışma hakkında bilgi verici bir içerikle (çalışmanın amacı, elde edilen başlıca sonuçlar) ve 300 kelimeyi aşmayacak şekilde hazırlanmalıdır. Özde kaynaklara atıfta bulunulmamalıdır. Özler, hem Türkçe hem, İngilizce olarak verilmelidir. Türkçe hazırlanmış yazılarda Öz'den sonra "Abstract" (italik) yer almalı, İngilizce yazılarda ise italik yazılmış Türkçe Öz Abstract'ı izlemelidir.

**Anahtar Kelimeler**

Öz ve Abstract'ın altında en az 2, 7 kelimeyi aşmayacak şekilde ve yazının konusunu yansıtan anahtar kelimeler Türkçe ve İngilizce olarak verilmelidir. Anahtar kelimeler, alfabetik sırayla küçük harfle (ilk anahtar kelimenin ilk harfi büyük) yazılmalı ve aralarına virgül konmalıdır. Teknik Not ve Tartışma türü yazılarda anahtar kelimelerin verilmesine gerek yoktur.

**EXTENDED SUMMARY/GENİŞLETİLMİŞ ÖZET**

Genişletilmiş özet 2500 kelimeyi geçmemelidir. Ancak makalenin öz/abstract kısmından daha geniş hacimli olmalıdır. Genişletilmiş özet kısmında yeni bir şekil ve çizelge verilmemelidir. Ancak makalede kullanılan şekil ve çizelgelere bu kısımda atıf yapılabilir. Aynı şekilde, makale içinde atıf yapılan kaynaklara da gerektirdiğinde bu kısımda atıf yapılmalıdır.

**KATKI BELİRTME**

Katkı belirtme, kısa olmalı ve teşekkür edilecek olanlar çalışmaya en önemli katkıyı sağlayan kişilerin ve/veya kuruluşların adlarıyla sınırlandırılmalıdır. Teşekkür edilecek kişilerin açık adları unvanları belirtilmeksizin verilmeli, ayrıca bu kişilerin görevli oldukları kurum ve kuruluşların adları da eklenmelidir.

**DEĞİNİLEN BELGELER**

(aşağıdaki örnekler ile kesinlikle uyumlu olmalıdır)

**(a) Süreli yayınlar :**

Hoek, E. ve David, M., 1990. Estimating Mohr - Coulomb friction and cohesion values from Hoek - Brown failure criterion. International Journal of Rock Mechanics, 27(3), 220 - 229.

Yazar ad(lar)ı, Tarih. Makalenin başlığı. Süreli Yayının Adı (kısaltılmamış), Cilt No. (Sayı No.), sayfa no.

**(b) Bildiriler:**

Ünal, E., Özkan, İ. ve Ulusay, R., 1992. Characterization of weak, stratified and clay bearing rock masses. ISRM Symposium: Eurock'92 - Rock Characterization, Chester, U.K., 14-17 September 1992, J.A.Hudson (ed.), British Geotechnical Society, London, 330-335.

Yazar ad(lar)ı, Tarih. Bildirinin başlığı. Sempozyum veya Kongrenin Adı, Editör(ler) varsa, Basımevi,

Cilt/Sayı No. (birden fazla ciltten oluşuyorsa), Düzenlendiği Yerin Adı, sayfa no.

**(c) Kitaplar:**

Goodman, R.E., 1988. Introduction to Rock Mechanics. John Wiley and Sons, New York, 562 s.  
Ketin, İ. ve Canitez, N., 1972. Yapısal Jeoloji. İTÜ Matbaası, Gümüşsuyu, Sayı:869, 520 s. Yazar ad(lar)ı, Tarih. Kitabın Adı (ilk harfleri büyük). Yayınevi, Basıldığı Şehrin Adı, sayfa sayısı.

**(d) Raporlar ve Tezler:**

Demirok, Y., 1978. Muğla-Yatağan linyit sahaları jeoloji ve rezerv ön raporu. MTA Derleme No:6234, 17 s (yayınlanmamış).

Sönmez, H., 1996. T.K.İ.-E.L.İ. Soma Linyitleri açık işletmelerinde eklemli kaya kütlesi içindeki şevlerin duraylılığının değerlendirilmesi. Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü., Ankara, Yüksek Mühendislik Tezi, 99 s (yayınlanmamış).

Yazar ad(lar)ı, Tarih. Raporun veya tezin başlığı. Kuruluşun veya Üniversitenin Adı, Arşiv No. (varsa), sayfa sayısı (yayınlanıp,yayınlanmadığı)

**(e) Kişisel Görüşme:**

Sözbilir, H., 2005. Personal communication. Geological Engineering Department of 9 Eylül University, İzmir, Turkey.

**(f) İnternette İndirilen Bilgiler:**

ERD (Earthquake Research Department of Turkey), 2005. <http://www.gov.tr>, 3 April 2005. Kurumun Adı , Tarih. Web adresi, Web adresine girildiği tarih.

Türkçe kaynaklar doğrudan Türkçe olarak verilmeli ve Türkçe karakterlerle yazılmalıdır.

**Eşitlikler ve Formüller**

Matematiksel semboller ve formüller el yazısıyla yazılmamalıdır. Eşitlik numaraları eşitliğin hizasında ve sağ kenarına dayandırılarak birbirini izleyen bir sırayla parantez içinde, ayrıca eşitliklerdeki sembollerin anlamı makalede ilk kez kullanıldıkları eşitliğin altında verilmelidir.

Burada; makaslama dayanımı, c kohezyon, normal gerilme ve içsel sürtünme açısıdır". Eşitliklerde kullanılan alt ve üst indisler belirgin şekilde ve daha küçük karakterle yazılmalıdır (örneğin;  $I_d$ ,  $x_2$ ). Karekök işareti yerine parantezle birlikte üst indis olarak 0.5 kullanılmalıdır (örneğin;  $c_{mass} = s0.5$ ). Çarpım işlemi göstermek için herhangi bir işaret kullanılmamalı, ancak gerekli durumlarda "\*" işareti tercih edilmelidir (örneğin;  $y = 5 \cdot 10^{-3}$ ). Bölme işareti olarak yatay çizgi yerine "/" işareti kullanılmalıdır. Kimyasal formüllerde iyonların gösterilmesi amacıyla  $Ca^{++}$  ve  $CO_3^{--}$  yerine  $Ca^{2+}$  ve  $CO_3^{2-}$  tercih edilmelidir. Metinde eşitliklere "eşitlik (1)" şeklinde atıfta bulunulmalıdır. Gerekliyse, bilgisayar programı listeleri de net ve okunur şekilde ekte verilmelidir.

### Çizelgeler

Çizelgeler, başlıklarıyla birlikte, Dergi'nin sayfalarındaki baskı alanını (15.8 cm x 22.5 cm) aşmayacak şekilde hazırlanmalı ve birbirini izleyen sıra numaralarıyla verilmelidir. Çizelgelerin üst kısmında hem Türkçe, hem de İngilizce başlıkları bulunmalıdır (Çizelge başlıkları ayrı bir sayfada liste halinde verilmemelidir). Makalenin Türkçe yazılması halinde İngilizce başlık italik harflerle Türkçe başlığın altında yer almalı, İngilizce makalelerde ise, italik yazılmış Türkçe başlık İngilizce başlıktan sonra verilmelidir. Çizelgeler, "Çizelge 1" vb. şeklinde sunulmalıdır. Metinde çizelgelere Çizelge 1 veya Çizelge 1 ve 2 (eğer birden fazla sayıda çizelgeye atıfta bulunulacaksa) şeklinde değinilmelidir. Çizelgeler, metinde kullanılan karakterlerden daha küçük (10 veya 11 punto) karakterle yazılmalı ve Dergi'nin tek (7.3 cm-Genişlik) veya çift (15.8 cm-Genişlik) kolonuna sığacak şekilde düzenlenmelidir. Çizelgelerde düşey çizgiler kullanılmamalı, yatay çizgiler ise sadece çizelgenin alt ve üstünde, ayrıca çizelgedeki başlıklar ile bunların altında listelenen rakamları ayırmak için kullanılmalıdır (Bunun için Dergi'nin önceki sayılarına bakılması önerilir). Çizelgelerde makalenin diğer kısımlarında verilen bilgi veya sonuçların (örneğin grafikler vb.) tekrar verilmemesine özen gösterilmelidir. Her çizelge ayrı sayfalara bastırılarak metnin sonunda (Kaynaklar dizininin sonra) sunulmalıdır. Çizelgelerdeki kısaltma ve simgeler daha küçük karakterlerle çizelgelerin altında verilmelidir (örneğin; c: tek eksenli sıkışma dayanımı; II: illit;...vd.).

### Şekiller

Çizim, grafik ve fotoğraf gibi tüm şekiller yüksek kalitede basılmış olarak "Şekil" başlığı altında ve metin içinde anıldıkları sırayla numaralandırılarak verilmelidir. Şekiller orijinal çıktılar olup, ayrı sayfalara bastırılarak ve katlanmadan gönderilmelidir. Şekil numaraları sayfanın sağ üst köşesine yazılmalı, ayrıca şekiller küçültülüp büyütülebilecek halde sunulmalıdır. Şekil açıklamaları; şekillerin altına yazılmamalı ve ayrı bir sayfaya bastırılarak "Şekiller Dizini" başlığıyla verilmeli, ayrıca "Şekil 1." olarak başlamalıdır. Çizelgeler için yukarıda belirtilen yazım kurallarına benzer şekilde, şekil başlıkları hem Türkçe, hem de İngilizce hazırlanmalıdır. Ayrı sayfalara bastırılmış olan şekiller, çizelgelerden sonra sunulmalıdır. Şekiller için en büyük boyut, şekil başlığını da içerecek biçimde 15.8 cm (Genişlik) x 22.5 cm (uzunluk) olmalıdır. Tüm şekillerin Dergi'nin tek veya çift kolonuna sığacak boyutlarda hazırlanması ve mümkünse daha çok tek kolona göre tasarlanması önerilir. Katlanmış şekiller ile renkli şekiller Dergi'ye kabul edilmez. Özellikle haritalar, araziyle ilgili çizimler ve fotoğraflar, sayısal ölçek (1:25000 vb.) yerine, metrik sisteme uygun çubuk ölçekle verilmelidir. Tüm haritalarda kuzey yönü gösterilmelidir. Bölgesel haritalarda, uygun olduğu takdirde, ulusal grid veya enlem/boylam değerleri verilmelidir. Harita açıklamaları, şekil başlığıyla birlikte değil, şeklin üzerinde yer almalıdır. Fotoğraflar, çizimler veya bunların birlikteliğinden oluşan şekiller (a), (b) vb. gibi gruplar halinde verilebilir. Bu tür sunumlarda (örneğin; Şekil 5a ve 5b) a, b, c vb. gibi tek bir şekle ait çizimler veya fotoğraflar, ayrı sayfalarda basılması yerine, gruplandırılarak aynı sayfada sunulmalıdır. Şekillerde açık gölge ve tonlarından kaçınılmalı, özellikle bilgisayar programlarından elde edilen grafiklerde bu hususa dikkat edilmelidir. Gölgeleme belirgin, fotoğraflar siyah-beyaz ve iyi bir kontrasta sahip olmalıdır. Tüm şekiller, Şekil 1 veya Şekil 1 ve 2 (birden fazla şekle değiniliyorsa) gibi ve metinde anıldıkları sırayla numaralandırılmalıdır. Bir dizi fosil fotoğraflarını içeren şekiller Levha olarak değerlendirilmeli ve parlak kağıda basılmış orijinal halde verilmelidir. Levha sayısı mümkün olduğunca az tutulmalıdır. Levhalara ilişkin açıklamalar, hem Türkçe hem İngilizce olarak aynı sayfada verilmelidir.

### MAKALELERİN EDİTÖRLÜĞE GÖNDERİLMESİ

Makaleler yazım kurallarına uygun şekilde hazırlandıktan sonra [www.jmo.org.tr](http://www.jmo.org.tr) adresi üzerinden elektronik olarak sisteme yüklenmeli yada doğrudan aşağıdaki e-posta adresine gönderilmelidir.

### TÜRKİYE JEOLJİ BÜLTENİ EDİTÖRÜ

Prof. Dr. Orhan TATAR

Tel : 0346-219 1010 / 1548

e-posta : [orhantatar@gmail.com](mailto:orhantatar@gmail.com)

### **YAYIMA KABUL EDİLEN MAKALELERİN SUNUMU**

Yazarlar, makalelerinin yayıma kabulü halinde, makalenin düzeltilmiş son kopyasını orijinal çıktısıyla birlikte CD'ye de kopyalayarak (metin, çizelgeler ve tablolar) Editör'e göndermelidir. Levhalar iyi kalitede basılmış olarak gönderilmelidir. Metin, çizelgeler ve şekiller elektronik ortamda (internet aracılığıyla) gönderilmemelidir. Makaleler WORD ile hazırlanmalıdır. Diskin üzerinde yazarların adları, kullanılan yazım programının adı ve versiyonu, makalenin başlığı ve dosyanın adı belirtilmelidir. Levhalar hariç, tüm şekiller Corel Draw ile hazırlanmalıdır. Bununla birlikte, şekillerin 300 dpi'dan az olmamak koşuluyla JPG dosyaları da gönderilmelidir.

### **PROVA BASKILAR**

Makalelerin prova baskıları, dizgi ve yazım hatalarının olup olmadığının kontrolü için Başvurulacak Yazar'a gönderilir. Prova baskılarda yapılacak düzeltmeler yazım hataları ile sınırlı olup, yazarların makaleyi kabul edilmiş son halinden farklı bir duruma getirebilecek değişiklikler ve düzeltmeler yapması kabul edilmez. Prova baskılar, yazarlar tarafından alındıktan sonra en geç üç gün içinde Editör'e gönderilmelidir. Gecikmeli olarak yapılacak düzeltmelerin baskıya verilmesi garanti edilmeyeceği için, yazarların prova baskıları göndermeden çok dikkatli şekilde kontrol etmeleri önerilir.

### **AYRI BASKILAR**

Makalenin onbeş ayrı baskısı, makalenin basıldığı sayı ile birlikte ücretsiz olarak Başvurulacak Yazar'a gönderilir. İlave ayrı baskı talep edilmemelidir.

### **TELİF HAKLARI**

Yazar veya Başvurulacak Yazar (birden fazla yazarlı makalelerde), kendisi ve diğer yazarlar adına "Telif Hakkı Devir Formu"nu makalenin baskıya verilmesinden önce imzalamalıdır. Bu sözleşme, Jeoloji Mühendisleri Odası'na yazarlar adına telif hakkı alınmış yayınlarını koruma olanağı sağlamakla birlikte, yazar(lar)ın makalenin sahibi olma haklarından vazgeçtiği anlamına gelmemektedir. Telif Hakkı Devir Formu, en kısa sürede Editör'e gönderilmelidir. Bu form Editör'e ulaştırılıncaya değin, makale yayıma kabul edilmiş olsa bile, baskıya gönderilmez.



## GEOLOGICAL BULLETIN OF TURKEY

### INSTRUCTIONS FOR CONTRIBUTORS

#### Preparation of Manuscripts

The language of the GEOLOGICAL BULLETIN OF TURKEY is both Turkish and English. For manuscripts submitted in English "Genişletilmiş Özet", for manuscripts submitted in Turkish "Extended Summary" should be given. If the author(s) are residents of a non-Turkish speaking country, titles, abstracts, and captions of figures and tables are translated into Turkish by the Editors. It is strongly recommended that authors whose native language is not English, should ask a person whose native language is English to check the grammar and style of manuscript before submission. Papers should be original and comprise previously unpublished research, interpretations, or synthesis of two, or technical notes. Submission implies that the manuscript is not currently under consideration for publication elsewhere.

Manuscripts should generally be structured as follows:

- (a) **Title** (English and Turkish)
- (b) **Names of authors** (bold and in capital), **their affiliations** (italic and lower-case) and the name and E-mail address of the corresponding author.
- (c) **Abstract** (English and Turkish)
- (d) **Key words** (English and Turkish)
- (e) **Introduction** (aim, content and methodology)
- (f) **Main text** (methods, material studied, descriptions, analyses etc.)
- (g) **"Results and Discussion"** or **"Conclusions and Recommendations"**
- (h) **"Extended summary"** / **"Genişletilmiş özet"**
- (i) **Acknowledgements** (if necessary)
- (j) **References**
- (k) **Tables**
- (l) **List of figure captions**
- (m) **Figures**
- (n) **Plates** (if any)

The various levels of headings used in the manuscript should be clearly differentiated. All headings should be in left-aligned. Major headings should be bold capitals. Secondary headings should be considered as sub-headings. Primary- and secondary-subheadings should be given in lower-case and tertiary headings in italics. Headings should not be preceded by numerals or letters. Manuscripts (abstract, main text, acknowledgments, references, appendices and figure captions) should be typed on one side of the paper (A4 size: 29.7 cm x 21 cm) with wide margins (at least 2.5 cm) and 1.5 line-spaced throughout, at a font size of 12 point (Times New Roman) and with all pages numbered.

#### Examples for headings:

**ABSTRACT**

**INTRODUCTION**

**PRIMARY HEADING**

**Primary Sub-Heading**

**Secondary sub-heading**

**Tertiary sub-heading**



**(b) Proceedings and Abstracts:**

Ünal, E., Özkan, İ. ve Ulusay, R., 1992. Characterization of weak, stratified and clay bearing rock masses. ISRM Symposium: Eurock'92 - Rock Characterization, Chester, U.K., 14-17 September 1992, J.A.Hudson (ed.), British Geotechnical Society, London, 330-335.

Author(s), Date. Title of paper. Title of Symposium or Congress, Name of Editor(s), Name and Location of Publisher, Vol. (if any), pages

**(c) Books:**

Goodman, R.E., 1988. Introduction to Rock Mechanics. John Wiley and Sons, New York.

Ketin, İ. ve Canitez, N., 1972. Yapısal Jeoloji. İTÜ Matbaası, Gümüşsuyu, Sayı:869.

Author(s), Date. Name of Book. Name and Location of Publisher

**(d) Unpublished Reports and Thesis:**

Demirok, Y., 1978. Muğla-Yatağan linyit sahaları jeoloji ve rezerv ön raporu. MTA Derleme No:6234. (yayınlanmamış). [Author(s), Date. Title of report. Name of Organization, Report No., Name of City (unpublished).]

Sönmez, H., 1996. T.K.İ.-E.L.İ. Soma Linyitleri açık işletmelerinde eklemli kaya kütleli içindeki şevlerin duraylılığının değerlendirilmesi. Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü., Ankara, Yüksek Mühendislik Tezi, 99 s (yayınlanmamış).

Author, Date. Title of thesis. Type of Thesis (MSc or PhD), Name of University or Institution, City, Country (unpublished).

**(e) Personal Communications:**

Sözbilir, H., 2005. Personal communication. Geological Engineering Department of 9 Eylül University, İzmir, Turkey.

**(f) Information Downloaded from the Internet**

ERD (Earthquake Research Department of Turkey), 2005. <http://www.gov.tr>, 3 April 2005. [Name of the Organization, Date. Web address, date of access to website.]

Turkish references can also be given directly in Turkish. For such references please use Turkish characters.

**Mathematical Expressions**

Mathematical symbols and formulae should be typed. Equation numbers should appear in parentheses at the right-hand side of the equations and be numbered consecutively. For Greek or other non-Roman letters, identify the symbol in words in the left-hand margin just below the equation the first time it is used. In addition, the meaning of symbols used in equations should be given below the equations. "

Where  $\tau$  is the shear strength,  $c$  is cohesion,  $\sigma$  is normal stress and,  $\phi$  is internal friction angle." Subscripts and superscripts should be given clearly and written in smaller character (e.g.  $\text{Id}$ ,  $x^2$ ). Instead of square-root symbol, an indice of 0.5 should be used (e.g.  $y = 5x^{0.5}$ ). For the of multiplication sign do not use any symbol, however if necessary, the symbol "\*" can be preferred (e.g.  $y=5*10^{-3}$ ). Please use "/" for division instead of a horizontal line between numerator and denominator. In the expression of chemical reactions, ions should be given as  $\text{Ca}^{2+}$  and  $\text{CO}_3^{2-}$  (not  $\text{Ca}^{++}$  and  $\text{CO}_3^{--}$ ). In the text, equations should be referred to as equation (1). Computer program listings, if appropriate, must be very clear in an Appendix.

**Tables**

Tables with their titles should not exceed the printed area of the page (15.8 cm (wide) x 22.5 cm (deep)) and be numbered consecutively. Both Turkish and English titles should appear at the top of a table (do not print table captions on a separate sheet). If the manuscript is written in Turkish, English title in italics should follow the Turkish title. For manuscripts in English, a Turkish title should appear below the English title in italics. They should begin "Table 1." etc. Tables should be referred to as Table 1 or Tables 1 and 2 (if more than one table is referred to). Tables can be written in a font size smaller than that of the text (10 or 11 point). Tables should be arranged to fit single column (7.3 cm wide) or double column (15.8 cm wide). No vertical rules should be used.



Horizontal rules should only be used at the top and bottom of the tables, and to separate headings and numbers listed in the tables (Please check the previous issues of the Journal). Tables should not duplicate results presented elsewhere in manuscript (e.g. in graphs). Each table should be separately printed and appear after the text (after references). All abbreviations and symbols must be identified with smaller character underneath the tables (e.g. c: uniaxial compressive strength; II: Illite; etc).

### **Illustrations**

All illustrations, whether diagrams, charts and photographs, should be of high quality, referred to as "Figures" and be numbered consecutively as they appear in the text. They must be originals presented separately from manuscripts, and not be folded. The number of the figure should be given at top on the right-hand side of the paper. Illustrations should be provided in camera-ready form, suitable for reproduction (which may include reduction) without retouching. Figure captions should be supplied on a separate sheet and should begin "Figure 1," etc. As with the rules given for tables, figure captions should also be given both in Turkish and English. All illustrations should be printed on separate pages and given offer tables together with a list of figure captions. The maximum printed size of illustrations is 15.8 cm (wide) x 22.5 cm (deep) together with figure captions. It is recommended that all illustrations should be designed with the Journal's single-column or two-column layout in mind, and where possible, illustrations should be designed for a single column. Foldout and colored illustrations are not accepted. Illustrations, particularly maps, field sketches and photographs should have a metric bar scale rather than magnification factors. All maps should have a north mark. Regional maps may include National Grid or latitude/longitude number where appropriate. Map keys should be given on the figure, not in the figure caption.

Photographs, line drawings, or combinations may be grouped as figure parts (a), (b), etc. It is preferred that these are mounted. Letters or numerals should not be less than 1 mm after reduction. Avoid fine shading and tones, particularly from computer graphics packages. Shading should be distinct. Photographs must be black and white and sharp, and exhibit good contrast.

All illustrations must be numbered in the order in which they are referred to and discussed in the text as Figure 1 or Figures 1 and 2 (if more than one figures is referred to). Illustrations consisting of a set of fossil photographs should be given as "Plates" and submitted as original glossy prints and mounted in the desired layout. The number of plates should be kept to a minimum. Explanations of plates should be given in both Turkish and English on the same page.

### **SUBMISSION OF MANUSCRIPTS**

Papers should be submitted electronically through web site [www.jmo.org.tr](http://www.jmo.org.tr) or directly sent as an e-mail attachment to the editor at below address.

#### **EDITOR**

Prof. Dr. Orhan TATAR

Phone : 0346-219 1010 / 1548

e-mail : [orhantatar@gmail.com](mailto:orhantatar@gmail.com)

be restricted to typesetting errors, change or corrections that constitute departures from the article are not accepted. Proofs should be returned to the Editor within 3 days of receipt. Please note that the authors are urged to check their proofs carefully before return, since the inclusion of late corrections cannot be guaranteed.

#### **REPRINTS**

Fifteen reprints and a copy of the issue are supplied free of charge. They are sent to the corresponding author. Additional reprints must not be ordered.

#### **COPYRIGHT**

The author or corresponding author on behalf of all authors (for papers with multiple authors) must sign the "Copyright Transfer" agreement before the article can be published. This transfer agreement enables the Chamber of Geological Engineers to protect the copyrighted material for the authors, but does not relinquish the authors' proprietary rights. The Copyright Transfer form should be sent to the Editor as soon as possible. Manuscripts accepted for publication will not be sent to print until this form is received by the Editor.

# TÜRKİYE JEOLJİ BÜLTENİ

*Geological Bulletin of Turkey*

Ağustos 2016 Cilt 59 Sayı 3  
August 2016 Volume 59 Issue 3

## İÇİNDEKİLER CONTENTS

- Sariye Duygu ÜÇBAŞ DURAK ve Mehmet Serkan AKKİRAZ**  
**Kalkım-Gönen Havzasındaki Kömürlü Tortulların Paleoeolojik Özellikleri, Kuzeybatı Anadolu**  
*Palaeoecological aspects of coaly sediments from the Kalkım-Gönen Basin, Northwest Anatolia.....239*
- Nazire ÖZGEN ERDEM, M. Yasin CANBOLAT, Derya SİNANOĞLU**  
**Araç Kuzeydoğusu (Kastamonu) Erken Eosen Siğ-Denizel Bentik Foraminifer Topluluğu ve Paleoeolojik Yorum**  
*Shallow Marine Benthic Foraminifera Assemblage of the Early Eocene Succession in the Northern Araç (Kastamonu) and Paleoeological Interpretation.....259*
- Muhterem DEMİROĞLU ve Yüksel ÖRGÜN**  
**Menteş Havzası Yeraltısularının Hidrojeokimyasal Özellikleri (Yahyalı- Kayseri)**  
*Hydrogeochemical Characteristics of Groundwater in Menteş Watershed (Yahyalı- Kayseri-Turkey) .....275*
- Fikret GÖKTAŞ**  
**Ildır Körfezi güneyindeki bölgenin Neojen stratigrafisi Çeşme Yarımadası, Batı Anadolu**  
*Neogene stratigraphy of the region in the south of Ildır Bay, Çeşme Peninsula, Western Anatolia.....299*
- Sema TETİKİER, Hüseyin YALÇIN, Ömer BOZKAYA**  
**Uludere-Uzungeçit (Şırnak) yöresinde (Güneydoğu Anadolu Otoktonu Doğu Bölümü)**  
**Alt Triyas Yaşlı Çiğli Grubu Kayaçlarının Diyajenez/Metamorfizma Tarihçesi**  
*Diagenesis/Metamorphism History of Lower Triassic Çiğli Group Rocks in Uludere-Uzungeçit (Şırnak) area (Eastern Part of the Southeast Anatolian Autochthone) .....323*
- Serap ÇOLAK EROL**  
**Doğrultu Atımlı Fay Sistemlerindeki Traverten Oluşumlarının Jeolojik, Tektonik, Jeokimyasal ve Jeokronolojik Özelliklerine Sivrice (Elazığ) Güneybatısı'ndan Bir Örnek**  
*Geological, Tectonic Geochemical and Geochronological Properties of Travertine Occurrences Along the Strike-Slip Fault Systems:A Case From Southwestern Part of Sivrice (Elazığ) .....341*
- Mehmet DEMİREL, Orhan TATAR, Fikret KOÇBULUT**  
**Kuzey Anadolu Fay Zonu Üzerinde Koyulhisar (Sivas) ve Yakın Çevresindeki Fayların Kinematik Özellikleri**  
*Kinematics of the faults around the Koyulhisar (Sivas) region on the North Anatolian Fault Zone .....357*

### Türkiye Jeoloji Bülteni makale dizin ve özleri:

GeoRef, Geotitles, Geoscience Documentation, Bibliography of Economic Geology, Geology, Geo Archive, Geo Abstract, Mineralogical Abstract, GEOBASE, BIOSIS ve ULAKBİM  
Veri Tabanlarında yer almaktadır.

### *Geological Bulletin of Turkey is indexed and abstracted in:*

*GeoRef, Geotitles, Geoscience Documentation, Bibliography of Economic Geology, Geo Archive, Geo Abstract, Mineralogical Abstract, GEOBASE, BIOSIS and ULAKBİM Database*

#### **Makale Gönderim Adresi**

TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası  
PK. 464 Yenışehir, 06410 Ankara  
Tel: (0312) 434 36 01  
Faks: (0312) 434 23 88  
E-Posta: jmo@jmo.org.tr  
URL: www.jmo.org.tr

#### **Corresponding Address**

UCTEA Chamber of Geological Engineers of Turkey  
PO Box 464 Yenışehir, TR-06410 Ankara  
Phone: +90 312 434 36 01  
Fax: +90 312 434 23 88  
E-Mail: jmo@jmo.org.tr  
URL: www.jmo.org.tr