

TÜRKİYE JEOLojİ BÜLTENİ

Geological Bulletin of Turkey

Ağustos 2017 Cilt 60 Sayı 3

ISSN 1016-9164

August 2017 Volume 60 Issue 3



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 DEMİRAL	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

AKGÜN Funda (İzmir, Türkiye)
AKSOY Ercan (Elazığ, Türkiye)
ALDANMAZ Ercan (Kocaeli, Türkiye)
ALTUNEL Erhan (Eskişehir, Türkiye)
BABA Alper (İzmir, Türkiye)
BATI Zühtü (Ankara, Türkiye)
BOZKURT Erdin (Ankara, Türkiye)
CAPUTO Ricardo (Ferrara, İtalya)
DEMİREL İsmail Hakkı (Ankara, Türkiye)
EKMEKÇİ Mehmet (Ankara, Türkiye)
EYÜBOĞLU Yener (Trabzon, Türkiye)
GENÇ Yurdal (Ankara, Türkiye)
GÜL Murat (Muğla, Türkiye)
GÜLEÇ Nilgün (Ankara, Türkiye)
GÜLER Cüneyt (Mersin, Türkiye)
GÜRİSOY Halil (Sivas, Türkiye)
HELVACI Cahit (İzmir, Türkiye)
JOLIVET Laurent (Orleans, Fransa)
KARAYİĞİT Ali İhsan (Ankara, Türkiye)
KAZANCI Nizamettin (Ankara, Türkiye)
KUSKY Timothy (Wuhan, Çin)
KUŞÇU İlkey (Muğla, Türkiye)
MAMEDOV Musa (Bakü, Azerbaycan)
NAZİK Atike (Adana, Türkiye)
OBERHANSLI Roland (Potsdam, Almanya)
OKAY Aral (İstanbul, Türkiye)
ÖZCAN Ercan (İstanbul, Türkiye)
ÖZDEMİR Yavuz (Van, Türkiye)
ÖZDEN Süha (Çanakkale, Türkiye)
ÖZKUL Mehmet (Denizli, Türkiye)

ÖZMEN Bülent (Ankara, Türkiye)
PARLAK Osman (Adana, Türkiye)
PAVLIDES Spyros (Selanik, Yunanistan)
PIPER John D.A. (Liverpool, İngiltere)
PIPIK Radovan Kyska (B. Bystrica, Slovakya)
POLAT Ali (Windsor, Ontario, Kanada)
ROBERTSON Alastair (Edinburgh, İngiltere)
ROJAY Bora (Ankara, Türkiye)
SAN Bekir Taner (Antalya, Türkiye)
SARI Erol (İstanbul, Türkiye)
SEYİTOĞLU Gürol (Ankara, Türkiye)
SÖZBİLİR Hasan (İzmir, Türkiye)
ŞENGÜLER İlker (Ankara, Türkiye)
TEKİN Uğur Kağan (Ankara, Türkiye)
TEMEL Abidin (Ankara, Türkiye)
TOPUZ Gültekin (İstanbul, Türkiye)
TÜYSÜZ Okan (İstanbul, Türkiye)
ÜNLÜ Taner (Ankara, Türkiye)
ÜNLÜGENÇ Ulvi Can (Adana, Türkiye)
VAŞELİ Orlando (Floransa, İtalya)
YAĞBASAN Özlem (Ankara, Türkiye)
YALÇIN Hüseyin (Sivas, Türkiye)
YALÇIN Gürhan (Antalya, Türkiye)
YALTIRAK Cenk (İstanbul)
YAVUZ Fuat (İstanbul, Türkiye)
YILMAZ İsmail Ömer (Ankara, Türkiye)
YİĞİTBAŞ Erdinç (Çanakkale, Türkiye)
YUSUFOĞLU Halil (Ankara, Türkiye)
ZAGORCHEV Ivan (Sofya, Bulgaristan)

Yazışma 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	: Ağustos 2017
Baskı Adedi	: 1000

TÜRKİYE JEOLJİ BÜLTENİ

Geological Bulletin of Turkey

Ağustos 2017 Cilt 60 Sayı 3
August 2017 Volume 60 Issue 3

- Çağlar Özkaymak, Ahmet Yıldız, Aslı Karabaşoğlu, Metin Bağcı, Can Başaran Seydiler (Afyonkarahisar) ve Çevresinin Jeoturizm Potansiyelinin Belirlenmesi**
Determination of Geoturism Potential of Seydiler and Nearby Area (Afyonkarahisar, Turkey) 259
- Aynur İrmak, Leyla Kalender, Mehmet Yılmaz, Özge Erdoğan Yamaç Palu ve Keban Baraj Gölü Arası, Fırat Nehri Kıyı Sedimanlarının Jeokimyasal Özellikleri ve Endüstriyel Hammadde Olarak Kullanılabilirliğinin İncelenmesi**
Geochemical Features and Study of the Industrial Raw Materials Usability of the Euphrates River Bank Sediments Between Palu and Keban Dam Lake 283
- İsmail Koçak Şeyhler Yöresi Borat Yatağının Jeokimyasal Özellikleri, Emet, Türkiye**
Geochemical Properties of the Şeyhler Borate Deposits (Emet, Turkey)..... 313
- Mehmet Özçelik Belek Kıyısı (Antalya) İçin Kıyı Kenar Çizgisinin Önemi**
Importance of Shoreline for the Belek Coast (Antalya, Turkey)..... 331
- Muhammed İsmail, M. Namık Yalçın, Torhan M. Al-Mufti Khabaz Sahasında (Kuzey Irak) Farklı Rezervuarlardaki Petrollerin Jeostatistiksel Değerlendirilmesi**
Geostatistical Evaluation of Oils in Different Reservoirs of Khabaz Oilfield (Northern Iraq) 347
- Fusun Servin Tut Haklıdır Batı Anadolu'da Yüksek Sıcaklıklı Jeotermal Sistemlerde Gözlenen Kabuklaşma Türleri ve Kabuklaşma Oluşumunun Kontrolünün Sağlanmasında Kullanılan Sistemler; Kızıldere-II (Denizli) Jeotermal Güç Santrali Örneği**
Scaling Types and Systems Used to Provide Controlling of Scale occurrence in High Temperature Geothermal Systems in Western Anatolia; Kızıldere-II (Denizli) Geothermal Power Plant Example..... 363
- Mohammed Al-Wosabi, Munef Mohammed, Fahad Basardah Taxonomy and Distribution of Recent Benthic Foraminifera from Bir Ali Beach, Shabwah Governorate, Arabian Sea, Yemen 383**
- Oya Erenoğlu Çan Taşı Tüfü'nün Mineralojik Özellikleri ve Jeokronolojisi (Biga Yarımadası, KB Türkiye)**
Mineralogical Properties and Geochronology of the Çan Stone Tuff (Biga Peninsula, NW Turkey)..... 433

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 TR Dizin 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 TR Dizin Databases

Yazışma 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



Seydiler (Afyonkarahisar) ve Çevresinin Jeoturizm Potansiyelinin Belirlenmesi
Determination of Geoturism Potential of Seydiler and Nearby Area (Afyonkarahisar, Turkey)

Çağlar Özkaymak^{1,2,*}, Ahmet Yıldız¹, Aslı Karabaşoğlu¹, Metin Bağcı¹, Can Başaran¹

¹ Afyon Kocatepe Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 03200 Afyonkarahisar

² Afyon Kocatepe Üniversitesi, Deprem Uygulama ve Araştırma Merkezi, 03200 Afyonkarahisar

Geliş/Received : 09.01.2017 • Düzeltilmiş Metin Geliş/Revised Manuscript Received : 09.02.2017 • Kabul/Accepted : 17.02.2017 • Baskı/Printed : 01.08.2017
Araştırma Makalesi/Research Article *Türkiye Jeol. Bül. / Geol. Bull. Turkey*

Öz:Batı Anadolu Bölgesinde, Afyonkarahisar-Eskişehir ve Kütahya il sınırları içerisinde geniş bir alanda yer alan Frig vadisi, binlerce yıldır farklı medeniyetlere ev sahipliği yapmış bir alan olarak Türkiye'nin ve Dünya'nın en eski yerleşim alanlarından birisidir. Frig vadisinde kolay aşınabilir/kazılabilir volkanik tüf, aglomera ve ignimbritik kayalarından oluşan volkanik bir istif içerisinde Frigler ve Romalılara ait evler, mezarlar, kaleler ve tapınak izlerinin bir kısmı günümüze kadar gelebilmiştir. Bu izlerin önemli bir bölümü Afyonkarahisar iline bağlı Seydiler ve Döğer kasabaları arasında kalan bölgede yer almaktadır.

Frig yürüyüş yolunun güney ucunda yer alan Seydiler bölgesindeki kültürel özelliklere sahip kaya kütleleri haricinde, lav akıntıları, tüf/kül birikimleri gibi volkanik oluşumlarla beraber, bu jeolojik oluşumlar içerisinde yüzeysel süreçlerle şekillenen peribacaları gibi doğal güzellikler de yer almaktadır. Seydiler ve yakın civarında yapılan incelemeler, tamamı volkanik alan içerisinde gelişen başlıca yedi doğal oluşumun Jeosit özellikleri taşıdığını, Jeoturizm ve Jeolojik Miras potansiyeline sahip olduğunu ortaya çıkarmıştır. Bu alanlar, Seydiler Lav-Tüf oluşumları, Seydiler Hisar Kalesi, Kırkinler Kaya Yerleşimi, Kuzini Kaya Yerleşimi, Seydiler Peribacaları, Leylek Kayası ve Yanarlar Kayalıklarıdır. Bu çalışmada, Frig Vadileri içerisindeki en önemli yerleşim alanlarından birisi olan Seydiler Kasabası ve yakın civarındaki Jeoturizm ve Jeolojik Miras potansiyeline sahip bu alanlarının Jeolojik, jeomorfolojik özelliklerinin analizi ile Jeoturizm ve Jeolojik koruma açısından değerlendirilmesi yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Frig vadisi, jeolojik miras, jeoturizm, kaya yerleşimi, peribacası

Abstract: Phrygian Valley, playing host to many different cultures for a thousand of years in west Anatolia, largely in the Afyonkarahisar, Eskişehir and Kütahya provinces in Turkey, is one of the oldest settlement area in the world. The Phrygians and Romans left behind many carved rock monuments such as house, tombs, castles, temples in easily erodible rocks such as volcanic tufa, agglomerate and ignimbrite in Phrygian Valley. Some of these remarkable monuments are located in the area between Seydiler and Döğer towns in Afyonkarahisar where the southern end of the Phrygian valley is.

Besides these cultural sites, Seydiler region are also characteristics with the natural beauties such as fairy chimneys; an unusual rock formations shaped by the effects of surficial process in the volcanic sequence of the pyroclastic tufa/ash deposits. Field based investigation reveals that seven natural heritage of the volcanic area in Seydiler are the potential geosite areas with geotourism potential. These sites are, Seydiler lava-tufa formation, Seydiler castle, Kırkinler rock settlement, Kuzini rock settlement, fairy chimneys of Seydiler, stork rock, and Yanarlar rocks. In this study we focus on the geologic and geomorphologic analyses of these natural and also cultural sites to interpret the outcomes in terms of the geoheritage and geoturism potential of Seydiler volcanic area which is one of the most remarkable settlement area in Phrygian Valley.

Key Words: Fairy chimneys, geologic heritage, geoturism, Phrygian valley, rock settlement

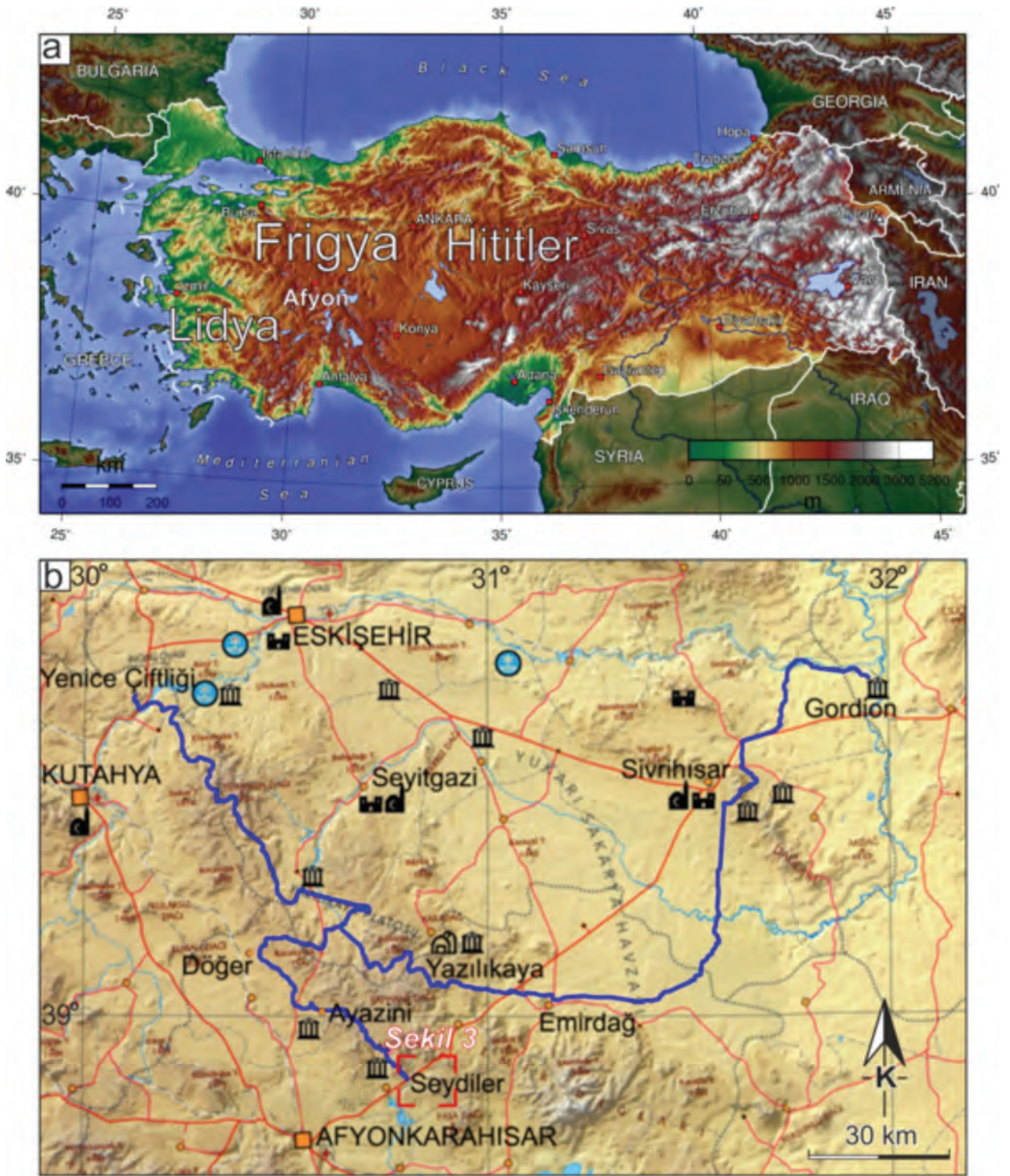
GİRİŞ

Ülkemizin doğal kaynak değerlerinden birisi olan Jeolojik Miras ve Jeoturizm kavramları son yıllarda uluslararası ölçekte popüler hale gelerek yeni bir uzmanlık alanına dönüşmüştür. Jeoturizm, jeolojik süreçler ile şekillenen doğal oluşumları anlamaya odaklanan, bu oluşumları çevresel ve kültürel anlamda değerlendiren, jeolojik korumayı benimseyerek insanların beğenisine sunan sürdürülebilir bir turizmdir (Wimbledon, 1996; ProGEO Group, 1998; Kazancı, 2010; Kazancı, vd., 2015). Yok olması durumunda bulunduğu bölgeye ait bilgi ve jeolojik bir belgenin kaybolacağı, nadir bulunan, yok olma tehdidi altındaki Jeolojik Miras alanlarının belirlenmesi ileri jeoloji bilgisi gerektirmektedir (Kazancı, 2010; Kazancı vd., 2015). Afyonkarahisar-Eskişehir ve Kütahya il sınırları içerisinde geniş bir alanda yer alan Frig vadisi, binlerce yıldır farklı medeniyetlere ev sahipliği yapmış, Türkiye'nin ve Dünya'nın en eski yerleşim alanlarından birisidir (Şekil 1a). Frig vadisinde volkanik bir istif üzerine işlenen yazı ve figür tipi yapılar, M.Ö. 725-675 yılları arasında altın çağını yaşayan Frigyalıların kaya mimarisindeki hünerlerini kanıtlamaktadır. Kolay aşınabilir/kazılabilir tüf, aglomera ve ignimbrit türündeki volkanik kayaları oyararak kendilerine evler, mezarlar, kaleler, tapınaklar yapan Friglere ait izlerin bir kısmı günümüze kadar gelebilmiştir. Bu izlerin önemli bir bölümü Afyonkarahisar iline bağlı Seydiler kasabası ve yakın civarında yer almaktadır (Şekil 1b). Frig Yolunun güney ucunda yer alan Seydiler bölgesindeki kültürel özelliklere sahip kaya kütleleri haricinde, lav akıntıları, tüf/kül birikimleri gibi volkanik oluşumlarla beraber, bu jeolojik oluşumlar içerisinde yüzeysel süreçlerle şekillenen peribacaları gibi doğal güzellikler de yer almaktadır. Bu çalışma, Frig vadisi içerisindeki önemli yerleşim alanlarından biri olan Seydiler Kasabası ve yakın civarının Jeoturizm ve Jeolojik Miras potansiyeline sahip alanlarının belirlenmesi ve Jeoturizm açısından değerlendirilmesini konu almaktadır.

FRİG VADİSİ

Frig vadisi, Afyonkarahisar'da İhsaniye, İscehisar ve Bayat ilçelerinin tamamını ve merkez ilçe, Bolvadin ve Emirdağ ilçelerinin bir kısmını; Eskişehir'de Seyitgazi ve Han ilçelerini; Kütahya'da ise merkez ve Tavşanlı ilçelerinin bir bölümünü kapsamaktadır (FRİGKÜM, 2016). Bölgenin özellikle güney ve güneydoğusu Frig vadileri olarak da adlandırılan ve neredeyse tamamı volkanik çökeller ile kaplı derin vadiler ile tipiktir. Bölgenin alt temel kayalarını, Paleozoyik yaşlı Afyon metamorfiteğine (Afyon Metamorfik Zonu) (Metin vd., 1987; Tolluoğlu vd., 1997) ait kayalar oluşturmaktadır. Temel kayalar üst seviyelerde Mesozoyik yaşlı baskın olarak kireçtaşları ve kumtaşlarından oluşan yer yer metamorfizmaya uğramış bir istif ile tipiktir (Metin vd., 1987). Temel kayaları uyumsuzluk ile üzerleyen Senozoyik birimler karasal kıvrıntılar ve bunlarla girik volkanitler ile temsil edilmektedir (Ercan vd. 1978).

Frigler, M.Ö. 1200'lü yıllarda, Hititlerin parçalanması sırasında, Trakya üzerinden Anadolu'daki bugünkü Frig Vadilerinin bulunduğu alana yerleşmişlerdir (Afyonkarahisar Valiliği, 2015). Özellikle efsanevi Midas döneminde bölgede güçlü bir devlet konumuna gelen Frigler, M.Ö. 9-7. yüzyıllarda mezar ve mezar anıtları biçiminde kaya bloklarını işlemişler ve Ana Tanrıça Kibele kültürüne ait tapınak cepheleri ile aslan kabartmalarının da yer aldığı Dünya'nın en ilginç ve en değerli eserlerinin üretilmesini sağlamışlardır. Özellikle Afyonkarahisar'ın kuzeyinde yer alan Göynüş Vadisi ve Döğür bölgesinde gözlenen Aslantaş, Yılantaş, Kapıkaya I ve Kapıkaya II gibi Frig Kaya Anıtları bunların başlıcalarıdır. Frigler M.Ö. 6. yüzyıl sonlarından itibaren siyasi üstünlüğü yitirmiş olmalarına rağmen Afyonkarahisar ve çevresinde Frig kültürü, dini, mitolojisi yüzlerce yıl daha devam etmiş, bölgede yaklaşık bin yıl Frig dili konuşulmuştur (Afyonkarahisar İÇDR, 2011).



Şekil 1. a) Frigya Devleti'nin Anadolu'daki yerini gösteren harita, b) Frig Vadisi Yürüyüş yollarını (koyu mavi kalın çizgi ile gösterilmiştir) gösteren yer bulduru haritası (FRİGKÜM, 2016)

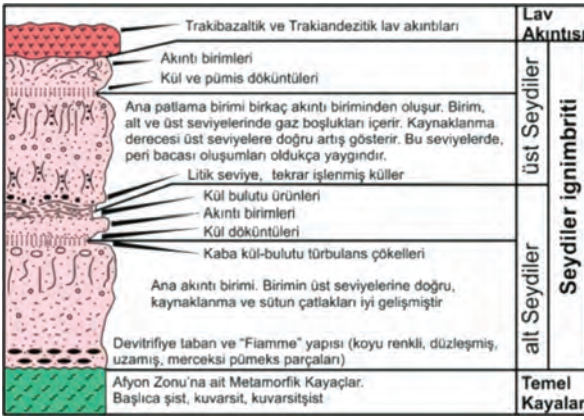
Figure 1.a) The relief map of Turkey shows the location of the Phrygians in Anatolian Province, b) Site location map shows walking routes along the Phrygian Valley (dark blue line) (FRİGKÜM, 2016)

SEYDİLER VE YAKIN ÇEVRESİNİN JEOLJİK ÖZELLİKLERİ

Çalışma alanı, Miyosen döneminde şiddetli volkanik faaliyetlerin etkisi altında kaldığı Afyon Volkanik Sahası (Alıcı vd., 1998; Çoban ve Flower, 2007; Akal vd., 2012) içerisinde yer almaktadır. Afyon Volkanitleri, Türkiye'nin Anatolid-Torid tektonik bloğu içerisinde yer alan Paleozoyik yaşlı Afyon Metamorfik Zonu kayaçlarını uyumsuz olarak üzerler. Üst seviyelerde ise Kuvaterner yaşlı alüvyal çökeller tarafından uyumsuz olarak örtülürler. Kırka-Afyon-Isparta sahasında yapılan yaş hesaplamalarına göre, volkanizmanın yaşı kuzeyden güneye doğru gidildikçe gençleşmektedir. Afyon Volkanitlerinin yaşı 15.5 ± 0.2 ile 8.6 ± 0.2 My arasında hesaplanmıştır (Besang vd., 1977; Prelevic vd., 2012). Seydiler ve yakın çevresinde yüzlek veren Afyon Metamorfik Zonu'na ait kayaçlar baskın olarak şist, kuvarsit, kuvarsit şist ve mermerlerden oluşmaktadır. Şistler gri, yeşilimsi gri renkli, mikaca zengindir, bol çatlaklı, deforme ve yer yer kuvars bantları içerirler.

Çalışma alanında geniş yayılımlar sunan volkanik istif, Aydar vd. (1998) tarafından Seydiler İgnimbriti olarak adlandırılmıştır ve Seydiler'in 6-7 km kuzeyinde yer alan Köroğlu Kalderası'nın ürünleri ile ilişkilendirilmiştir. "Pümis akma çökelleri" olarak da isimlendirilen ignimbritler volkanik alanlarda yaygın olarak gözlenen piroklastik akma çökelleri olup, baskın olarak pümis, lapilli, bloklar ve volkanik cam parçalarından oluşurlar. Aydar vd. (1998)'ne göre, Köroğlu Kalderası'nın volkanolojik evrimi, (1) Dom yükselimi, (2) ignimbrit püskürmesi ve kaldera çökmesi, (3) yeniden yükselen domlaşma,

ve (4) kaldera sonrası lav akışı olmak üzere dört evrede gerçekleşmiştir. 2. evrede gelişen Seydiler İgnimbriti, birbirlerinden yeniden işlenen volkanoklastik sedimanlarla ayrılan alt ve üst seviye olarak ikiye ayrılmıştır (Şekil 2). Aydar vd. (1998)'e göre, aradaki sedimanter seviyenin üzerinde gözlenen paleotoprak seviyesinin varlığı, volkanizmadaki kısa süreli duraklamaya işaret etmektedir. Miyosen yaşlı Seydiler ignimbritinin alt seviyeleri, koyu renkli, düzleşmiş, uzamış, merceksi pümis parçaları (Fiamme yapısı) ile tipiktir (Aydar vd., 1998). Üste doğru pümis akıntı çökelleri içerisinde kaynaklanma ve sütun çatlakları iyi gelişmiştir (Alt Seydiler fasiyesi, Şekil 2). Ana akıntı biriminin üst seviyelerinde kaba kül bulutu türbülans çökelleri yer alır. Alt Seydiler fasiyesinin üst kısımları, kül döküntüleri, akıntı birimleri ve kül bulutu ürünleri ile temsil edilirler (Alt Seydiler, Şekil 2). Bunların üzerinde, yeniden işlenmiş piroklastik kökenli sedimanlardan oluşan seviye yer alır. Üst Seydiler Fasiyesi ise, altta birkaç akıntı birimi ile temsil edilir (Üst Seydiler, Şekil 2). Kaynaklanma derecesi üst seviyelere doğru artış gösterir. Bu seviyelerde peri bacası oluşumları yaygındır. En üst seviyelerde ise (Üst Seydiler, Şekil 2) kül ve pümis döküntüleri ile akıntı birimleri yer alır (Aydar vd., 1998). Köroğlu Kalderası'nın çökmesi ve Seydiler İgnimbritinin püskürme evresi 15.5 my ($^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ yaş analizi) olarak hesaplanmıştır (Prelevic vd., 2012). Yaklaşık 70 metre kalınlığındaki Seydiler ignimbriti üstte Trakibazik ve Trakiandezitik lav akıntıları tarafından örtülürler (Şekil 2), altta ise Metamorfik Temel kayaçları uyumsuz olarak üzerlerler (Şekil 2). Bu lavlar, Köroğlu Kalderası'nın son fazı ile ilişkilendirilmektedir (Aydar vd., 1998).



Şekil 2. Seydiler İgnimbritinin genelleştirilmiş stratigrafik kolon kesiti (Aydar vd., 1998)

Figure 2. Generalised stratigraphic columnar section of the Seydiler Ignimbrites (Aydar et al. 1998)

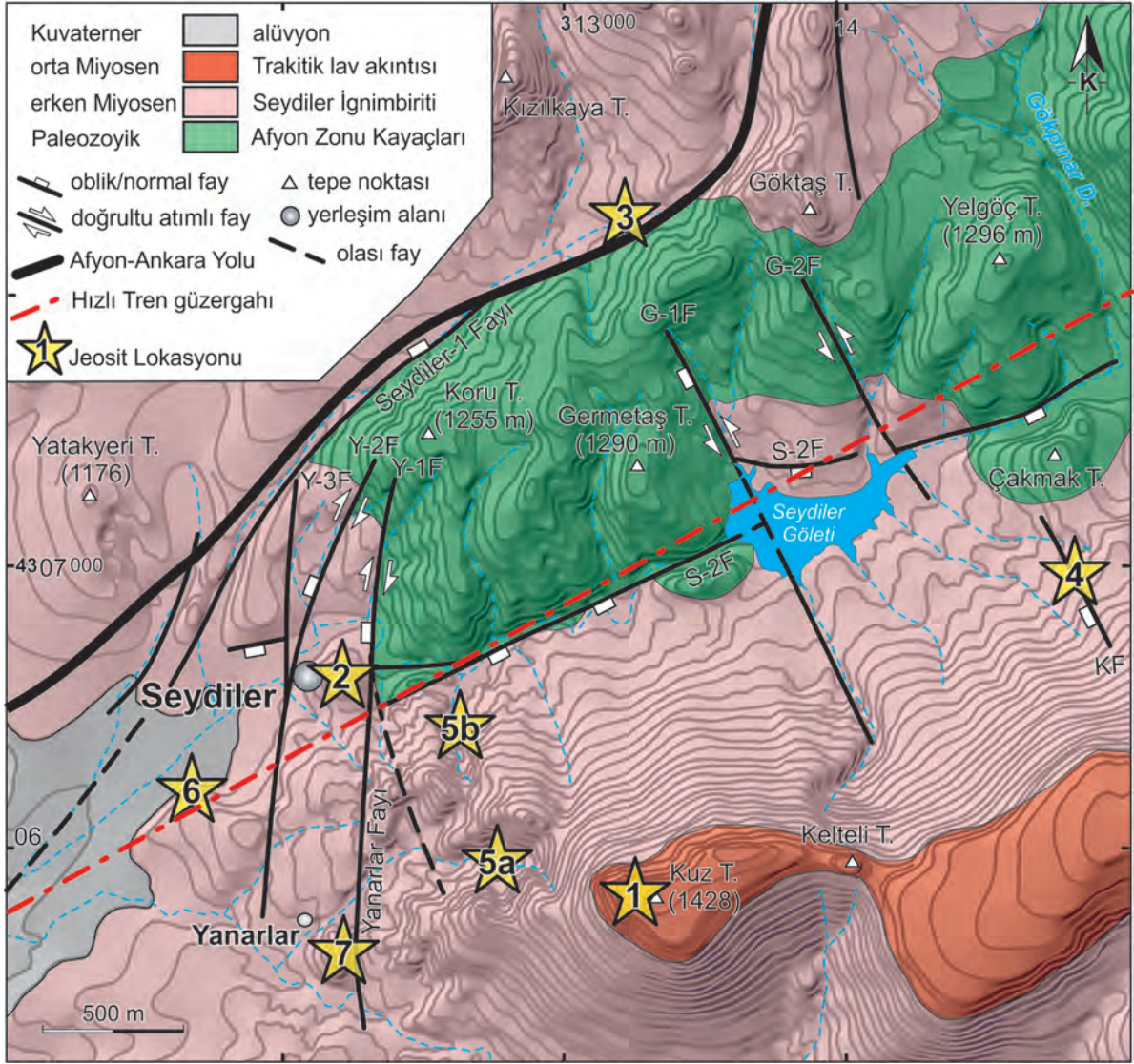
Çalışma alanında yüzlek veren Afyon Metamorfik Zonu'na ait kayaçlar, kuzeyden Seydiler-1 Fayı (S-1F) ve güneyden Seydiler-2 Fayı (S-2F) tarafından yükseltilmişlerdir (Şekil 3). Seydiler-1 Fayı KD-GB uzanımlı, kuzeye eğimli, oblik atımlı normal bir faydır. Çalışma alanında kuzeydoğuda Göktaş Tepe ile güneybatıda Seydiler arasında yaklaşık 4 km boyunca takip edilebilir. Bu alanda morfolojik olarak çizgisellik sunan fay boyunca, belirgin fay sarplıkları, uzunlamasına sırtlar, aksel nehir oluşumları gözlenmiştir. Metamorfikleri güneyden sınırlayan S-2F ise, S-1F ile benzer doğrultulu fakat güneye eğimli, eğim atımlı normal bir faydır (Şekil 3). Seydiler Hisar Kalesi ile Çakmak Tepe arasında yaklaşık 3 km boyunca uzanır. Topoğrafyada çizgisel gidişli derin vadiler oluşturan S-2F, yaklaşık K-G uzanımlı Miyosen sonrası faylar (Y-1F ve S-2F) tarafından kesilerek parçalanmıştır (Şekil 3). Seydiler yerleşim alanının olduğu alanda, bu faylar, metamorfik kayaçları batıdan sınırlayan ve Seydiler İgnimbritini keserek batıya doğru basamaklı bir geometri oluşturan bir birine paralel fay kolları şeklindedir. Bu fay kolları kuzeyde Seydiler ile güneyde Yanarlar yerleşim alanları arasında, yaklaşık 2 km uzunluğunda, KKD-GGB

doğrultusunda haritalanmışlardır. Yanarlar Fayı olarak adlandırılan 3 fay kolundan en doğuda olanı (Y-1F), Paleozoyik yaşlı şistler ile Miyosen yaşlı piroklastikler arasındaki yapısal dokanağı oluşturur (Şekil 3). Seydiler Hisar Kalesinin kuzeydoğusundaki vadi içerisinde ilerleyerek Seydiler ve Yanarlar kalelerini doğudan sınırlarlar. Y-2 kolu, kuzeyde Kuru Tepe batısındaki vadi içerisinde piroklastik kayaçları keserek sağ yönde öterler. Kuzeydoğuda, yer yer Miyosen yaşlı Seydiler İgnimbriti ile Paleozoyik yaşlı Metamorfik Temel birimlerini yanyana getirir, daha güneyde, Seydiler Hisar Kalesinin batısından Yanarlar yerleşim alanına doğru ilerler. Bu aralıkta kestiği dereleri sistematik olarak sağ yönde öterler. En batıdaki Y-3 fayı ise yaklaşık K-G gidişlidir ve güneyde Y-1F ile birleşme eğilimi gösterir. Y-3 fayına ait düzlemlerde ölçülen kinematik veriler bu fayın eğim atım bileşenine sahip sağ yönlü doğrultu atımlı fay karakterinde çalıştığına işaret etmektedir. Çalışma alanının doğusunda ise, S-2 fayını parçalayan faylardan, Germetaş-1 (G-1) ve Germetaş-2 (G-2) fayları, KKB-GGD uzanımlı oblik atımlı normal fay karakterinde çalışırlar. G-1 Fayı, Seydiler Göleti'nin batı bölümünde S-2 Fayını keser ve yaklaşık 250 metre sol yönde öterler. Bu alanda Seydiler İgnimbritini de kesen G-1 Fayı, Paleozoyik yaşlı şistler ile Miyosen yaşlı piroklastikler yer yer tektonik olarak yanyana getirir. G1-F, kuzeybatıda, Germetaş Tepe yakın doğusunda yer alan KKB-GGD doğrultulu çizgisel gidişli vadi boyunca takip edilebilir (Şekil 3). Aynı doğrultuda Seydiler Göleti içerisinde geçerek güneydoğuda Kelketi Tepenin kuzey yamaçları içerisine kadar devam eder. Daha doğudaki G-2 fayı da G-1 fayına benzer şekilde S-2 Fayını keserek sol yönde öterler, ancak burada ötelenme miktarı nispeten düşüktür (yaklaşık 40 metre). Kuzini Kayalıklarını kesen Kuzini Fayı ise KKB-GGD uzanımlı oblik atımlı normal faydır (Şekil 3).

SEYDİLER VE YAKIN ÇEVRESİNİN JEOTURİZM POTANSİYELİNE SAHİP ALANLARI

Seydiler ve yakın civarında yapılan incelemeler, tamamı volkanik çökeller içerisinde gelişen başlıca yedi doğal oluşumun Jeosit özellikleri taşıdığı

ve Jeoturizm potansiyeline sahip olduklarını ortaya çıkarmıştır (Şekil 3). Bu alanlar, Lav-Tüf oluşumları, Seydiler Hisar Kalesi, Kırkinler Kaya Yerleşimi, Kuzini Kaya Yerleşimi, Seydiler Peribacası Oluşumları, Leylek Kayası ve Yanarlar Kayalıklarıdır (Tablo 1).



Şekil 3. Seydiler ve yakın çevresinin jeoloji haritası. Kısaltmalar, Y-1F: Yanarlar-1 Fayı, Y-2F: Yanarlar-2 Fayı, Y-3F: Yanarlar-3 Fayı; G-1F: Germetaş-1 Fayı, G-2F: Germetaş-2 Fayı, S-2F: Seydiler-2 Fayı, KF: Kuzini Fayı. Jeosit lokasyon özellikleri için Tablo 1'e bakınız

Figure 3. Geologic map of the Seydiler and nearby area. Abbreviations: Y-1F: Yanarlar-1 Fault, Y-2F: Yanarlar-2 Fault, Y-3F: Yanarlar-3 Fault; G-1F: Germetaş-1 Fault, G-2F: Germetaş-2 Fault, S-2F: Seydiler-2 Fault, KF: Kuzini Fault.

Çizelge 1. Seydiler ve yakın civarında incelenen ve Jeotürizm potansiyeline sahip olan alanların özelliklerini göstermektedir. Lokasyonlar için Şekil 3'e bakınız.

Table 1. The properties of the potential geosite areas with geotourism potential in Seydiler and nearby area. See Figure 3 for location

No	Jeosit Alanı	Lokasyon	Koordinat (Enlem/Boylam)	Kayaç Tipi	Özellikler
1	Lav-Tüf Oluşumları	Seydiler güneyi, Kuz Tepe ve yamaçları	38.880040°/ 30.845671°	Volkanik	Volkanik süreçler, stratigrafi, mineraloji, aşınma süreçleri, jeomorfoloji, manzara
2	Seydiler Hisar Kalesi	Seydiler merkez	38.886926°/ 30.834097°	Volkanik	Kültürel miras, yapısal süreçler, jeomorfoloji, aşınma süreçleri, manzara
3	Kırkinler Kaya Yerleşimi	Seydiler kuzeydoğusu, Afyon-Ankara karayolu kenarı	38.902729°/ 30.847051°	Volkanik	Kültürel miras, jeomorfoloji, aşınma süreçleri, manzara
4	Kuzin Kaya Yerleşimi	Seydiler Göleti güneydoğusu	38.889387°/ 30.864704°	Volkanik	Kültürel miras, jeomorfoloji, aşınma süreçleri, manzara, yapısal özellikler
5	Seydiler Peribacaları	Seydiler güneydoğusundaki vadi içleri	38.880277°/ 30.840738° 38.885221°/ 30.839662°	Volkanik	Jeomorfolojik yapılar, yerçekimleri, aşınma süreçleri, manzara
6	Leylek Kayası	Seydiler güneybatısı	38.882981°/ 30.827996°	Volkanik	Kültürel miras, jeomorfoloji, aşınma süreçleri, manzara
7	Yanarlar Kayalığı	Seydiler-Yanarlar Mahallesi	38.878428°/ 30.834235°	Volkanik	Kültürel miras, jeomorfoloji, aşınma süreçleri, manzara

Lav-Tüf oluşumları ve Peribacaları dışındaki tüm lokasyonlar, Friglerden günümüze değin farklı uygarlıklar tarafından kaya yerleşim alanları, manastır, şapel olarak kullanılmış olan ve kültürel özelliklere sahip alanlardır. Kaya yerleşimleri, kolay işlenebilen kaya kütlelerinin insanlar tarafından ya da doğal yollarla oyularak, kazılarak yerleşim yeri olarak kullanılması sonucu oluşmuşlardır. Bu alanlar genellikle çok katlı odalar ve bu odaları birbirine bağlayan dar geçitler ve merdivenler şeklinde oluşturulmuştur.

Lav-Tüf Oluşumları

Seydiler bölgesinde gözlenen beyazımsı renkli volkanik tüfler geniş alanlarda yüzlek vermektedir (Şekil 3). Bu kayaçlar, orta Miyosen yaşlı

(15.5 ±0.2 ile 8.6 ±0.2 My arasında) Afyon Volkanitleri ile eşleştirilmektedir (Besang vd., 1977; Prelevic vd., 2012). Seydiler Bölgesinde gözlenen lav akıntıları stratigrafik olarak tüflerin üzerinde yer alır ve Seydiler yerleşim alanının güneydoğusunda topoğrafik olarak en yüksek tepeleri oluşturmaktadır (Şekil 4a). Koyu mavimsi gri, yer yer pembemsi et rengi, gaz boşlukları içeren Andezitik ve Trakiandezitik bileşime sahip volkanik kayaçlar Kuz Tepe (1428 m) (Şekil 3, Lokasyon 1) (Şekil 4b) ve Kelteli tepe boyunca topoğrafik olarak sarplık alanları oluştururlar (Şekil 3 ve 4c).

Seydiler bölgesindeki Lav-Tüf oluşumları, volkanik süreçlerin tipik özelliklerini yansıtmakla beraber, jeolojik anlamda stratigrafik istiflenme ve korelasyon yasaları ile beraber volkanik kayaç

mineralojisi ve dokusu üzerine tipik örnekler sunmaktadır. Bununla beraber milyonlarca yıllık aşınma süreçleri ile şekillenen jeomorfolojik ortam eşsiz doğal manzara fırsatları sunmaktadır. Volkanik jeomorfoloji süreçlerinin etkili olduğu bölge ekolojik ve kültürel değerleri ile beraber, yeryüzü şekillerinin oluşum süreçlerinin anlaşılması bakımından doğa yürüyüşleri için potansiyel bir alandır.

Seydiler Hisar Kalesi

Seydiler Hisar Kalesi, Seydiler Kasabası içerisinde yer almaktadır, 1. derece doğal ve 2. derece arkeolojik sit alanıdır. Seydiler Hisar Kalesi yaklaşık 100 m çapında dairemsi bir geometride, deniz seviyesinden itibaren 1179 metre yüksekliğindeki doğu blok, ve 1173 metre yüksekliğindeki batı blok olmak üzere başlıca iki ana kaya bloğundan oluşur (Şekil 5). Kaya



Şekil 4. a) Kuz Tepe'nin panoramik arazi fotoğrafı (bakış yönü doğu) Seydiler İgnimbrinin üst seviyelerde lavlar tarafından örtüldüğünü göstermektedir, b) Kuz Tepe'de yüzlek veren andezitik lavlar (bakış yönü kuzeybatı), c) Kelteli Tepe kuzey yamaçlarında gözlenen tüfler (bakış yönü güneydoğu)

Figure 4. Panoramic field photograph of the Kuz Hill showing the Seydiler Ignimbrites are covered by lavas (looking direction is east), b) Andesitic lavas outcropping on the Kuz Hill (looking direction is northwest), c) Tuff outcropping on the northern side of the Kelteli Hill (looking direction is southeast)

blokları Miyosen volkanizmasının piroklastik çökellerinden oluşmaktadır. Miyosen sonrasında eklem sistemleri ile parçalanmış olan bu bloklardan batıda olanı, olasılıkla yaklaşık K-G uzanımlı bir kırık boyunca düşmüştür.

yıllardan beri, belirli aralıklarla meydana gelen kütle hareketlerinin varlığına işaret etmektedir. Bu hareketlerden kayıt altına alınan en eskisi, 6 Aralık 1958 (pazar gecesi, saat 01:00) tarihinde meydana gelmiş, Hisar kalesinden düşen kayalar, kalenin batı-güneybatı yamacında kurulu evlerin



Şekil 5. Seydiler Hisar Kalesini gösteren arazi fotoğrafı (bakış yönü, güney)

Figure 5. Field photograph shows the Seydiler Hisar Castle (looking direction is south)

Hisar Kalesi, Miyosen sonrasında, KKB-GGD uzanımlı normal bileşene sahip sağ yönlü doğrultu atımlı Y-1F ve Y-2F arasında kalmış (Şekil 3, Lokasyon 2) ve bu iki fayın sağ yanıl hareketine bağlı olarak makaslanmıştır. Bu makaslama bağlı olarak, KB-GD yönlü sıkışma ve KD-GB yönlü genişleme etkisi altında ortalama $K10^{\circ}D$ ve $K50^{\circ}B$ uzanımlı eklem sistemleri gelişerek Hisar Kalesini parçalamıştır. Özellikle düşen batı blok üzerinde, Kuvaterner boyunca etkili olan genişlemeli tektonizma ve yüzeysel süreçleri etkisinde kalan bu eklem sistemleri boyunca ayrışmalar meydana gelmiş ve kaya düşme olayları gelişmiştir. Seydiler Hisar Kalesi yamaçlarında gözlenen kaya blokları ve döküntüler, uzun

üzerine ilerleyerek, 14 vatandaşımızın hayatını kaybetmesine, 6 vatandaşımızın yaralanmasına neden olmuştur (Yılmaz, 1958).

Yapılan araştırmalar, Hisar Kalesinin Bizans döneminde yapıldığına, bölgede yer alan kaya kütlelerinin geçmiş dönemlerde yerleşim yeri, kilise ve mezar olarak kullanıldığına işaret etmektedir. Bununla beraber, Seydiler Kasabası Yanarlar mevkiinde yapılan kazı çalışmaları sonucunda bu bölgenin Hitit döneminde de kullanıldığına ait izler ortaya çıkartılmıştır (Hititler, M.Ö. 1800-1200) (Afyonkarahisar İÇDR, 2011). Hisar kalesinin batı bloğu üzerinde insanlar tarafından açılan yerleşim yerlerine ait izlerin bir kısmı günümüze kadar korunmuştur.

Kırkinler Kaya Yerleşimi


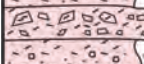





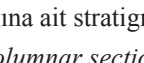
Kırkinler Kayalığı, 114 metre uzunluğunda, yaklaşık 48 metre genişliğinde K20°D uzanımlı volkanik bir kaya kütesidir (Şekil 3, Lokasyon 3). Afyon-Ankara karayolunun hemen kenarında yer alan kayalıklar (Şekil 6), başlıca kuzeydoğu ve güneybatı bloklarından oluşmaktadır. Kırkinler Kayalığı, özellikle Bizans döneminde yapılmış, yerleşim yeri, kilise, şapel ve mezar olarak kullanılmış kaya kütleleri içermektedir. Ancak kaya üzerindeki izler, bu kayalıkların Frigler döneminde de kullanıldığına işaret etmektedir (Afyonkarahisar Valiliği, 2015). Kırkinler kayalığı tamamen volkanoklastik birimlerden oluşmaktadır (Şekil 7). Kayalıkların temelini oluşturan en alt seviyeler, beyazımsı gri renkli kuvars, mika ve feldispat bakımından zengin, kaynaklanması iyi gelişmiş olan tüflerden oluşmaktadır. Bu bölgelerdeki akma düzlemleri, yaklaşık K40°B doğrultulu olup 9-14° arasında

eğim açıları ile güneybatıya doğru eğimlidirler. İstif, üst seviyelere doğru, kahverengi-kirli sarı renkli oksitli bir seviyeye geçiş gösterir (Şekil 7 ve 8a). Bu seviye keskin bir geçişle beyazımsı renkli, küçük pomza parçaları içeren altere olmayan tüf seviyesi ile üzerlenir. Kalenin yamaç döküntüleri olan arakesiti boyunca, baskın olarak şist daha az olarak da trakitik lav çakıl ve blok boyu malzemelerinden oluşan litik bir seviye gözlenmiştir (Şekil 7 ve 8b). Breşik yapıdaki bu parçaların boyutları 40 cm'e kadar ulaşmaktadır. Üst seviyelere doğru açık kahverengi, kirli beyaz renkli yer yer pomza parçaları içeren piroklastik seviyeler yer almaktadır. Daha üst seviyelerde ise, baskın olarak trakitik lav parçaları çok az da metamorfik çakıllar içeren seviyeye geçiş göstermektedir (Şekil 7 ve 8c). Bu alanda breşlerin boyu 10 cm'e kadar ulaşmaktadır. Kırkinler kaya kütesinin en üst seviyeleri ise baskın olarak beyazımsı renkli piroklastik çökeller ile temsil edilmektedir (Şekil 7 ve 8d).



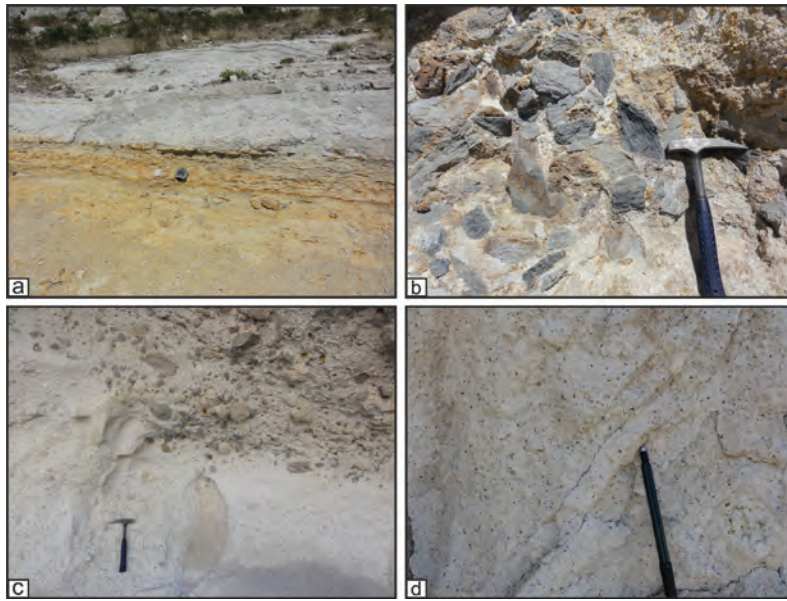
Şekil 6. a) Kırkinler kayalıklarını gösteren Google Earth uydu görüntüsü ve b) panoramik arazi fotoğrafı (bakış yönü, kuzeybatı)

Figure 6. a) Google Earth satellite image, and b) panoramic field photograph of the Kirkinler rock settlements (looking direction is northwest)

Litoloji	Açıklama	Seydiler ignimbriti
	beyazımsı gri renkli tuf, kuvars, mika ve feldispat bakımından zengin, kaynaklanma iyi gelişmiş seviye (Şekil 8d)	
	baskın olarak trakitik lav parçaları, yer yer şist parçaları içeren breşik seviye (Şekil 8c)	
	beyazımsı gri renkli, küçük pomza parçaları içeren seviye	
	açık kahverengi, kirli beyaz renkli tuf seviyesi	
	baskın olarak şist çakıl ve blokları yer yer trakitik parçalar içeren breşik seviye (Şekil 8b)	
	beyazımsı gri renkli, küçük pomza parçaları içeren seviye	
	kahverengimsi, kirli sarı renkli oksitli piroklastik seviye, alterasyon var (Şekil 8a)	
	beyazımsı gri renkli, kuvars, mika ve feldispat bakımından zengin tuf seviyesi	

Şekil 7. Kırkinler Kayalığına ait stratigrafik kolon kesit

Figure 7. Stratigraphic columnar section of the Kırkinler rock settlements



Şekil 8. Kırkinler piroklastik kayaların özelliklerini gösteren arazi fotoğrafları, a) İstifin en alt seviyeleri kirli sarı renkli oksitlenmenin gözlemlendiği altere seviye ile tipiktir, b) alt seviyelere doğru gözlenen litik seviye, baskın olarak şist çakıl ve bloklarından oluşmaktadır, c) daha alt seviyelerde pomza ve trakitik lav parçaları baskındır, d) İstifin en üst kısımlarında gözlenen kuvars, mika ve feldispat mineralleri baskın olarak volkanik tuf seviyeleri içermektedir

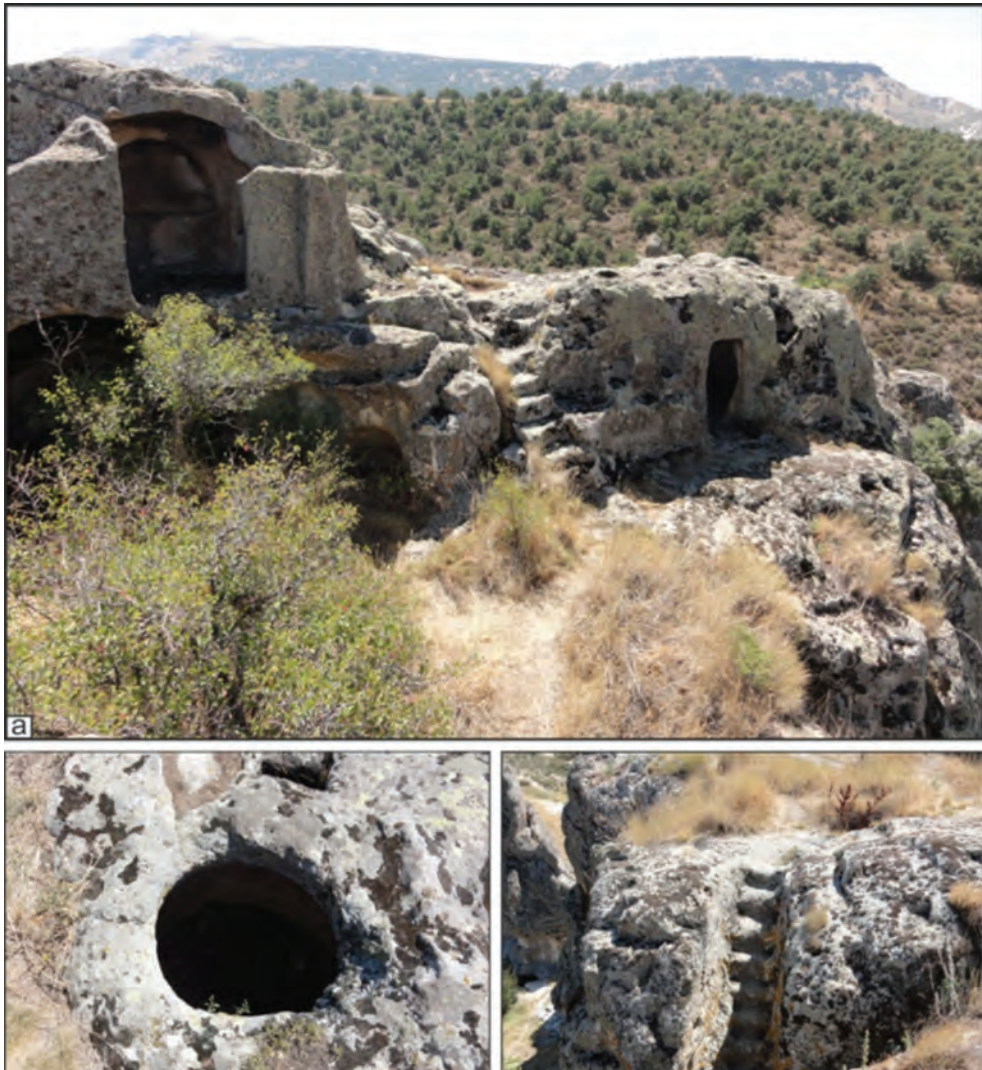
Figure 8. Field photographs showing the lithologic properties of the Kırkinler pyroclastic rocks, a) the lowest part of the section is typically marked with the zone of iron-oxide alteration, b) downward section involves lytic level comprising of gravels and blocks of schist, c) Pumice and trachytic lava fragments are distinct in the middle section, d) the uppermost part of the succession is represented by volcanic tuff comprising dominantly quartz, feldspats and mica minerals

Kırkinler yerleşim alanı içerisinde, kayaya oyma odacıklar, şapeller, mezar odacıkları gözlenmektedir (Şekil 9). Duvar kabartmaları, geç Roma dönemi (M.S. 100) Hıristiyan motiflerini işaret etmektedir. Kırkinler

Kayalığı güneybatı bloğu üzerinde ise kayalar içerisinde oyularak oluşturulmuş su ve adak çukurları, mezar odacıkları, merdiven ve su kanalları gözlenmektedir (Şekil 10).



Şekil 9. Kırkinler Kaya Yerleşimi kuzeydoğu blok içerisindeki odacıkları ve duvar kabartmalarını gösteren fotoğraflar
Figure 9. Photographs show the rooms and wall reliefs in northeast block of Kırkinler rock settlement



Şekil 10. Kırkinler Kaya Yerleşimi güneybatı bloğu üzerinde gözlenen insan yapımı antik dönem yapılar

Figure 10. Photographs show the man-made ancient structures on southeastern block of Kırkinler rock settlement

Kuzini Kaya Yerleşimi

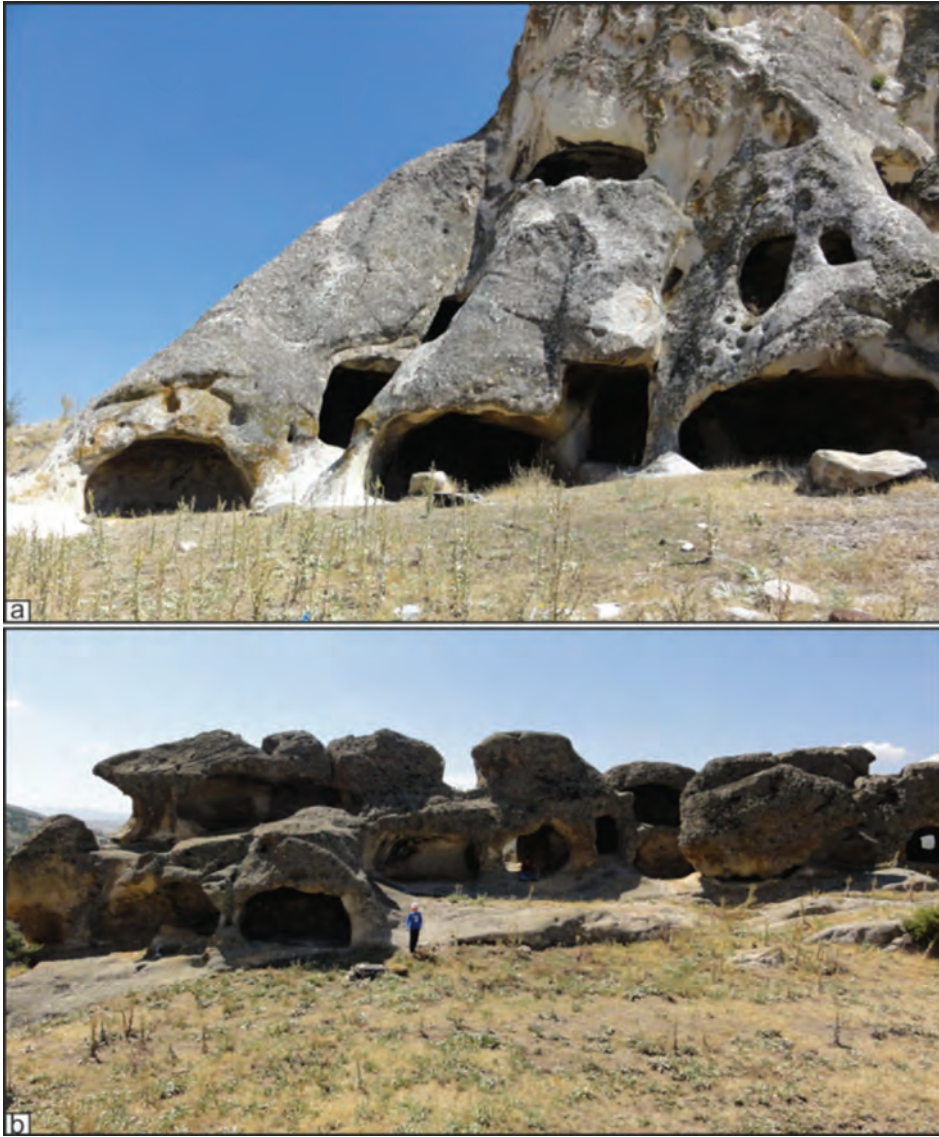
Kuzini Kaya Yerleşimi, Seydiler göletinin güneydoğusunda yer almaktadır (Şekil 3, Lokasyon 4). Kaya kütlesi, K15°D uzanımlı, 68 metre uzunluğunda, ortalama 20 metre genişliğindedir (Şekil 11a). Tam ortasından K15°D uzanımlı oblik atımlı normal bir fay olan Kuzini Fayı tarafından kesilmektedir (Şekil 3 ve 11a). Faya ait devasa kayma düzlemleri ve iyi korunmuş fay çizikleri görülmeye değer özellikler sunmaktadır (Şekil 11b). Kayalıkları oluşturan istif, volkanik

kayaçlardan oluşmakta genel olarak kirli beyaz-krem renkli ince pomza ve volkan camı parçaları içeren piroklastikler ile temsil edilmektedir. Akma yüzeyi düzlemleri K45°B/12°GD olarak ölçülmüştür. Kayalıklar içerisinde odacıklar şeklinde açılmış olan yerleşim alanları Kuzini'nin kültürel özelliklerini ortaya koymaktadır (Şekil 12). Kuzini yerleşim alanının üst seviyelerinde, geçmiş dönemlerdeki insanlar tarafından kayaların oyulması ile yapılan ve kullanılan yapıların varlığı dikkat çekmektedir (Şekil 13).



Şekil 11. a) Kuzini kayalıklarını gösteren Google Earth uydu görüntüsü, b) panoramik arazi fotoğrafı (bakış yönü, doğu)

Figure 11. a) Google Earth satellite image, and, b) panoramic field photograph of the Kuzini rock settlements (looking direction is east)



Şekil 12. Kuzini kayalıklarındaki yerleşim alanlarını gösteren fotoğraflar

Figure 12. Field photographs show the Kuzini rock settlements

Peribacası Oluşumları

Vadi yamaçlarında, süzülen yüzey suları ve rüzgar gibi yüzeysel süreçlerin, genellikle tüflerden oluşan kayalarla aşındırmasıyla 'Peribacası' adı verilen doğal oluşumlar ortaya çıkmaktadır (Le Pennec vd. 1994). Peribacaları konik gövdeli olup, kayaların litolojik yapısına bağlı olarak şapkalı, konili, mantar biçimli, sütunlu ve sivri

şekilli olabilmektedirler. Seydiler bölgesindeki peribacaları, Kuz Tepe'nin batı ve kuzeybatı yamaçlarında oluşan vadiler içerisinde, bu vadilerin yüzeysel süreçlerle aşınması sonucu oluşmuşlardır (Şekil 3, Lokasyon 5a-b). Gövdeleri konik şekilli ve şapkasız, genellikle sivri uçlu peribacalarıdır (Şekil 14). Genişlikleri birkaç metre ile onbeş metre arasında değişmektedir, yükseklikleri yer yer 30 metreye kadar ulaşmaktadır.



Şekil 13. Kuzini yerleşim alanındaki insan yapımı antik dönem yapıları gösteren fotoğraflar
Figure 13. Photographs show the man-made ancient structures on the Kuzini rock settlement



Şekil 14. a) Kuz Tepe'nin batı ve kuzeybatı yamaçlarında gözlenen peribacası oluşumları (bakış yönü, güneydoğu),(Şekil 3, lokasyon 5a), b-c) Aynı bölgedeki peribacası oluşumlarının yakından görünimleri

Figure 14. Fairy chimneys developed on western and northwestern side of the Kuz Hill (looking direction is southeast), (Figure 3, location 5a), b-c) Close-up field views of the fairy chimneys in same location.

Peribacalarının geliştiği vadi yamaçları ve vadi tabanı boyunca toprak oluşumu ve bitki örtüsünün gelişmemiş olması aşındırıcı yüzeysel süreçlerin yüksek hızda geliştiğine işaret etmektedir. Bu durum,

peribacaları boyunca, yer yer kumul oluşumlarına ve çöl ortamına benzer bir manzaranın gelişmesini sağlamıştır (Şekil 15).



Şekil 15. a) Kuz Tepe'nin kuzeyi yamaçlarında gözlenen peribacası oluşumları, (Şekil 3, Lokasyon 5b), b,c,d) Kuz Tepe kuzeybatı yamaçlarında gözlenen farklı peribacası oluşumları ve kumullar

Figure 15. Close-up field views of the fairy chimneys developed on northern side of the Kuz Hill (Figure 3, location 5b), b-c-d) Close-up field views of the fairy chimneys developed on location 5a (see Figure 3 for location)

Leylek Kayalığı

Leylek Kayalığı Seydiler yerleşim alanının batı kenarında yer alan (Şekil 3, Lokasyon 6) konik şekilli bir peribacasıdır (Şekil 16a). Kayalığın yer aldığı alan 1. derece doğal sit alanıdır. Kayalık 3 katlı bir yerleşim alanıdır. Kayalık içerisindeki odacıkların yapısı ve duvarlardaki kabartmalar bu kayalığın bir şapel olarak tasarlandığına işaret etmektedir (Şekil 16b-c).

Yanarlar Kayalığı

Yanarlar Kayalığı, Seydiler Yanarlar mahallesinde yer almaktadır (Şekil 3, Lokasyon 7). Kayalık yaklaşık 224 metre uzunluğunda, 50 metre genişliğinde ve yaklaşık K-G uzanımlıdır (Şekil 17). Volkanik kayalardan oluşan Yanarlar kayalığı yaklaşık K-G uzanımlı Yanarlar Fayı tarafından kesilmektedir. Yanarlar mevkiinde yapılan kazı çalışmaları ile bu bölgenin Hitit döneminde de kullanıldığına ait izler ortaya çıkartılmıştır (Hititler, M.Ö. 1800-1200). (Afyonkarahisar İÇDR, 2011).



Şekil 16. a) Leylek Kayalığı ve b-c) kayalık içerisindeki yerleşim alanlarını gösteren fotoğraflar

Figure 16. Field views of the a) Stork rock and b-c) settlements in rock



Şekil 17. Yanarlar kayalığını gösteren Google Earth uydu görüntüsü, b) panoramik arazi fotoğrafı (bakış yönü, doğu)
Figure 17. a) Google Earth satellite image, and, b) panoramic field photograph of the Yanarlar rock (looking direction is east)

TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Seydiler ve yakın civarında, birbirlerinden uyumsuzluklarla ayrılan üç birim yüzlek vermektedir. Bunlar, Paleozoyik yaşlı Afyon Zonuna ait metamorfik birimler, Miyosen yaşlı Afyon Volkanik Kayaçları ve Kuvaterner yaşlı

alüvyal ve flüvyal çökeller ile temsil edilirler. Çalışma alanında haritalanan Afyon Zonu'na ait kayaçlar baskın olarak şist, kuvarsit, kuvars şist ve mermerlerden oluşur. Metamorfik kayaçların üzerinde uyumsuzlukla yer alan Afyon Volkanik kayaçları, volkanoklastik kayaçlar ve lav

akıntılarından oluşan bir istif ile tipiktir ve çalışma alanında geniş alanlarda yüzlek verir (Şekil 3). Ortalama kalınlığı 70 metre olan volkanoklastik birimler, Aydar vd. (1998) tarafından Seydiler ignimbriti olarak adlandırılmış ve Seydiler'in 6-7 km kuzeyinde yer alan Köroğlu Kalderasının ürünleri ile ilişkilendirilmiştir. Bu birimlerin yaşı Prelevic vd. (2012) tarafından 15.5 my olarak rapor edilmiştir. Seydiler güneyinde yer alan Kuz ve Kelteli Tepe civarında Seydiler ignimbritleri trakiandezitik lavlar tarafından örtülürler. Arazi çalışmaları sırasında Seydiler ve yakın civarında iki fay seti ilk defa 1/25 000 ölçeğinde haritalanmış ve adlandırılmıştır. İlk set, DKD-BGB uzanımlı Seydiler-1 ve Seydiler-2 fayları ile karakterize edilir ve bu faylar genel olarak Afyon Zonu'na ait metamorfik kayalar ile Seydiler ignimbriti arasındaki yapısal dokanağı oluşturur. İkinci sete ait faylar ortalama K-G (KKB-GGD ve KKD-GGB) uzanımlı birbirine paralel/yarı paralel, uzunlukları onlarca metre ile birkaç km arasında değişen birçok fay kolundan oluşur. Yanarlar, Germetaş ve Kuzini Fayları olarak adlandırılan bu yapısal öğeler, oblik atımlı normal karaktere sahiptirler ve Seydiler ignimbritini deforme ederler.

Seydiler ve yakın civarında yapılan incelemeler, tamamı volkanik çökeller içerisinde gelişen başlıca yedi doğal oluşumun Jeosit özellikleri taşıdığı ve Jeoturizm ve Jeolojik Miras potansiyeline sahip olduğunu ortaya çıkarmıştır. Frig vadisi içerisinde kültürel miras varlığı özelliği taşıyan ve jeolojik süreçlerle oluşan bu alanlar, Lav-Tüf oluşumları, Seydiler Hisar Kalesi, Kırkinler Kaya Yerleşimi, Kuzini Kaya Yerleşimi, Seydiler Peribacaları, Leylek Kayası ve Yanarlar Kayalıklarıdır. Lav-Tüf oluşumları ve Peribacaları haricindeki tüm lokasyonlar, Friglerden günümüze değin farklı uygarlıklar tarafından kaya yerleşim alanları, manastır ya da şapel olarak kullanılmış ve kültürel miras özelliklerine sahip alanlardır.

Seydiler'in güneyinde Kuz Tepe ve yamaçlarında gözlenen Lav-Tüf oluşumları,

volkanik süreçlerin tipik özelliklerini yansıtmakla beraber, jeolojik anlamda stratigrafik istiflenme ve korelasyon yasaları ile beraber volkanik kayaç mineralojisi ve dokusu üzerine tipik örnekler sunmaktadır. Bununla beraber milyonlarca yıllık aşınma süreçleri ile şekillenen jeomorfolojik ortam ile eşsiz doğal manzara ortamı sağlamaktadır. Volkanik jeomorfoloji süreçlerinin etkili olduğu bölge ekolojik ve kültürel değerleri ile beraber, yeryüzü şekillerinin oluşum süreçlerinin anlaşılması bakımından doğa yürüyüşleri için potansiyel bir alandır. Hititlerden bu yana yerleşim alanı olarak kullanılan Hisar kalesinin kültürel özelliklerinin yanı sıra, yapısal jeoloji ve kütle hareketlerine ait izlere sahip olması, bu süreçlerin anlaşılması bakımından kaleyi önemli kılmaktadır. Bununla beraber volkanizma, yapısal jeoloji ve aşınma ilişkili yüzeysel süreçlerin ortaya çıkardığı bu kayalıkların sunduğu doğal manzara ile Seydiler yerleşim alanını, doğal peribacaları ve lav-tüf oluşumlarını seyretme imkanı sağlamaktadır. Kalenin tüm bu özellikleri bu alanın "Jeolojik Miras" statüsünde değerlendirilmesini ve gelecek nesillere aktarılmak üzere koruma altına alınmasını gerektirmektedir.

Afyon-Ankara karayolunun hemen kenarında yer alan Kırkinler Kayalığı, özellikle Bizans döneminde yapılmış, yerleşim yeri, kilise, şapel ve mezar olarak kullanılmış volkanik kaya kütleleri içermektedir. Kırkinler Kaya yerleşimi Kültürel Miras özelliği haricinde volkanik piroklastik istif özellikleri ve bu istifin aşınma süreçleri ile ortaya çıkan yapıların anlaşılması bakımından önemlidir. Bununla beraber, Kayalığın kuzeydoğuda Köroğlu kalderası; güneybatıda ise Seydiler vadisinin doğal oluşumlarının gözlenebileceği manzarası dikkat çekmektedir. Ancak, yerleşim alanında ziyaretçilere yönelik herhangi bir düzenlenmenin ve korumanın olmayışı nedeniyle gün geçtikçe tahrip edilmektedir. Özellikle kaçak kazı tahribatının dikkat çektiği alanda, antik dönem kabartmaların olduğu duvarların çizilmesi, üzerine yazılar yazılması ya da yerleşim alanlarının

kirletilmesi şeklinde tahribat izlerine rastlamak mümkündür. Bununla beraber, Kırkinler kayalığında, doğal tahribat izleri de gözlenmiştir. Özellikle kuzeydoğu blok içerisinde gelişen tektonik kökenli çatlak ve yarıklar şeklindeki eklem sistemleri boyunca gelişen ayrışmalar kaya düşmesi tehlikesine neden olmaktadır. Kırkinler kayalıkları kenarı boyunca gözlenen kaya blokları, kaya düşmelerinin önceki zamanlarda meydana geldiğine işaret etmektedir. Bu alanda, son olarak 3 Şubat 2002 Çay depremleri sırasında bazı kaya düşmelerinin gerçekleştiği bilinmektedir. Bu durum Kırkinler Yerleşim alanını gezmeye gelen ziyaretçiler için de risk oluşturmaktadır. Milyonlarca yılda oluşmuş jeoturizm potansiyeli olan ve binlerce yıllık kültürel miras özelliği taşıyan alanların bu gibi tahribatlardan kurtarılacak koruma altına alınması, insanların beğenisine sunulması için gerekli düzenlemelerin bir an önce başlatılması gerekmektedir.

Seydiler göleti güneydoğusunda yer alan Kuzini yerleşim alanının volkanik, yapısal ve kültürel miras özellikleri yanı sıra bölgenin jeomorfolojik özelliklerinin izlenebileceği bir seyir alanı olması bu alana ayrı bir önem katmaktadır. Kayalıkların üzerinden, Kuz Tepe Lav akıntısı ve yamaçlarındaki Akdere peribacaları oluşumları ile Seydiler göletinin oluşturduğu manzara gözlenebilmektedir. Seydiler bölgesinin en dikkat çekici doğal oluşumlarından birisi de Peribacalarıdır. Seydiler bölgesindeki peribacaları, Kuz Tepe'nin batı ve kuzeybatı yamaçlarında Volkanik çökellerden yapılmış vadiler içerisinde, bu vadilerin yüzey suyu ve rüzgar gibi yüzeysel süreçler ile aşınması sonucu oluşmuşlardır. Gövdeleri konik şekilli ve şapkasız, genellikle sivri uçlu peribacalarıdır. Genişlikleri birkaç metre ile on beş metre arasında değişmektedir. Peribacalarının geliştiği vadiler boyunca aşındırıcı yüzeysel süreçlerin yüksek hızda gelişmesi, vadi boyunca yer yer kumul oluşumlarına ve çöl ortamına benzer

eşsiz bir manzaranın gelişmesini sağlamıştır. Leylek kayalığı, Seydiler yerleşim alanının batı kenarında yer alan, içi oyularak yapılmış çok katlı bir şapel olarak kullanıldığı bilinen, konik şekilli bir peribacasıdır. Bu yapı, kültürel miras özelliği ile beraber jeolojik ve aşındırma süreçleri ile oluşan doğal bir yapı olması nedeni ile jeoturizm potansiyeline sahiptir. Hititler döneminden beri yerleşim alanı olarak kullanıldığı bilinen bir diğer doğal oluşum Yanarlar Kayalığıdır. Seydiler Peribacalarının yanı sıra başındaki önemli volkanik kayalıklardan birisidir.

Bununla beraber, Seydiler yerleşim alanı içerisinde (Hisar kalesinin yaklaşık 250 metre güneyinde, peribacalarının 150 metre kuzeyinde) inşaatı devam eden Yüksek Hızlı Tren Projeleri çalışmaları sırasında yapılan yapay patlatmalar ve sarsıntılar, ayrıca sonraki yıllardaki tren geçişleri sırasında meydana gelecek olan tren titreşimleri, harmonik titreşimler, bölgede tanımlanan ve jeoturizm potansiyeli olan özellikle Seydiler Hisar Kalesi, Kuzini Kayalıkları, Leylek Kayası ve Peribacaları üzerinde tahribatlara neden olabilecektir.

Seydiler ve yakın çevresinde milyonlarca yıl önce volkanik süreçlerle oluşan ve oluşumundan itibaren yüzeysel aşındırma süreçleri ile şekillenen aynı zamanda binlerce yıldır insanoğlu tarafından kullanılarak geçmişe ait eşsiz izler taşıyan bu alanların tamamı Jeolojik ve Kültürel Miras özelliği taşımaktadır. Dolayısıyla, bu alanların koruma altına alınması, insanların beğenisine sunulmak üzere turizme kazandırılmaları gerekmektedir. Bu kapsamda, jeolojik koruması, bölgenin turizme yönelik tasarlanması, ziyaretçi yönetimi konularında çalışmaların yürütülmesi gerekmektedir. Ziyaret merkezleri belirlenmeli, ziyaretçilere yönelik konaklama, dinlenme alanları belirlenmeli, aktiviteler düzenlenmeli, rehberli ya da rehbersiz gezi güzergahları belirlenmeli, broşürler ve gezi kitapçıkları hazırlanmalıdır.

KATKI BELİRTME

Bu çalışma, Seydiler Belediyesi'nin talebi üzerine bölgede yapılan bir araştırma faaliyetinin verilerini içermektedir. Araştırmacılar çalışmaya destek olan Seydiler Belediye Başkanı Sayın İbrahim Akkaya'ya ve arazi çalışmaları sırasında ekibimize yardımcı olan Belediye çalışanı Sayın Davut Mamak'a teşekkür eder. Yazarlar, makaleye yapıcı katkı sağlayan hakemlerden Azad Sağlam Selçuk (Yüzüncü Yıl Üniversitesi) ve B. Levent Mesci'ye (Cumhuriyet Üniversitesi) teşekkürü bir borç bilir.

EXTENDED SUMMARY

Phrygian Valley, playing host to many different cultures for a thousand of years in west Anatolia, largely in the Afyonkarahisar, Eskişehir and Kütahya provinces in Turkey, is one of the oldest settlement area in the World. The Phrygians and Romans left behind many carved rock monuments such as house, tombs, castles, temples in easily erodible rocks such as volcanic tufa, agglomerate and ignimbrite in Phrygian Valley. Some of these remarkable monuments are located in the area between Seydiler and Döğer towns in Afyonkarahisar where the southern end of the Phrygian valley is.

The region in which the Seydiler and nearby area is located contains three unconformity-bounded units; Paleozoic metamorphic rocks of the Afyon Zone, Miocene Afyon volcanic rocks and Quaternary alluvial and fluvial deposits. The rocks of Afyon Zone are mainly composed of schist, quartzites, and quartz schists in the study area. Afyon volcanic rocks, which lie above the metamorphic rocks with an angular unconformity, consist of volcanoclastic rocks and lava flows and cover large areas in the study area (Figure 3). The volcanoclastic rocks of the unit is named as the Seydiler ignimbrites and eruption of the unit is associated with the Köroğlu Caldera by Aydar et al., (1998). The eruption time of the Seydiler ignimbrites is reported by Prelevic et al.,

(2012) with age of 15.5 Ma. Average thickness of ignimbrites mainly consisting of flow units, ash and pumice falls is about 70m (Aydar et al., 1998). Trachyandesitic lava flows overlie the Seydiler ignimbrites on Kuz and Kelteli Hills located in the southeast of Seydiler.

During the field studies, two fault sets have been mapped at a scale of 1:25 000 and are here named, for the first time. First set is represented by the ENE-WSW-trending Seydiler-1 and Seydiler-2 faults that form the structural contact between the metamorphic rocks of Afyon Zone and the unconformably overlying volcanic succession of the Köroğlu Caldera in eastern part of the Seydiler. The faults that belong to second set, strike average N-S (NNW-SSE and NNE-SSW). Namely Yanarlar, Germetaş and Kuzini faults consist of many parallel/sub-parallel dipslip/oblique slip normal faults that cut and deform the rocks of Seydiler ignimbrites. Length of these faults varies from tens of metres to several kilometres.

Field based investigation reveals that seven natural heritage of the volcanic area in Seydiler have geosite and geotourism potential. These sites are, Seydiler lava-tufa formation, Seydiler castle, Kirkinler rock settlement, Kuzini rock settlement, fairy chimneys of Seydiler, Stork rock, and Yanarlar rocks. Lava-tufa formation developed around Seydiler reflect the typical features of the volcanic processes, texture and mineral composition. Besides this, geologic and surficial processes that began millions of years ago on Seydiler ignimbrites provide an unique natural landscapes. One of them is formation of fairy chimneys that are typically consist of thin spire of rock without of hat up to 30 metres high. Their width ranges from a few to 15 metres. Furthermore, along the valley of chimneys, some dune formations can be observed that formed by interaction with the flow of air or water. Ancient rock settlement that carved on easily erodible ignimbrites are also common in Seydiler area. The wall relief of christian art and architecture in Kirkinler, Kuzini and Stork rock settlements indicate that these places were used

as a church and a chapel during the Byzantine Period. Yamanlar and Seydiler Hisar castle is a rock castles that utilize the natural rock outcrops of Seydiler ignimbrites. Besides this archeologic researches in Yamanlar district reveal that these rock settlements were also used during the Hittite period (Hittites, 1800-1200 B.C.) (Afyonkarahisar İÇDR, 2011). In Seydiler and nearby area, these places that have been formed as a result of volcanic and surficial processes for a millions of years and that have been used by humans for a thousand of years as a settlement have a potential of geological and cultural heritage. So, these places need to geological and cultural heritage conservation, need to be listed as geosite and need to be designed as a touristic places.

DEĞİNİLEN BELGELER

- Afyonkarahisar Valiliği, 2015. Frig Vadisi Tanıtım Kitapçığı, Afyonkarahisar İl Kültür ve Turizm Müdürlüğü yayını, İleri Ofset matbaa, Afyonkarahisar, 34s.
- Afyonkarahisar İÇDR, 2011. 2011 Yılı Afyonkarahisar İl ve Çevre Durum Raporu. T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Afyonkarahisar Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü, 508s. Afyonkarahisar.
- Akal, C., Candan, O., Koralay, E., Oberhänsli, R., Chen, F. ve Prelević, D., 2012. Early Triassic potassic volcanism in the Afyon Zone of the Anatolides/Turkey: implications for the rifting of the Neo-Tethys, International Journal of Earth Sciences 101 (1), 177-194
- Alıcı, P., Temel, A., Gourgaud, A., KieVer, G. ve Gündoğdu, M.N., 1998. Petrology and geochemistry of potassic rocks in the Gölcük area (Isparta, SW Turkey): genesis of enriched alkaline magmas. Journal of Volcanology and Geothermal Research 65, 1–24.
- Aydar, E., Bayhan, H. ve Gourgaud, A., 1998. Koroglu caldera, mid-west Anatolia, Turkey: volcanological and magmatological evolution. Journal of Volcanology and Geothermal Research 85, 83–98
- Besang, C., Eckhardt, F.J., Harre, W., Kreuzer, H. ve Müller, P., 1977. Radiometrische altersbestimmungen an neogenen eruptivgesteinen der Türkei. Geol Jahrb B, 25, 3–36
- Çoban, H. ve Flower, M.F.J., 2007. Late Pliocene lamproites from Bucak, Isparta (southwestern Turkey): Implications for mantle ‘wedge’ evolution during Africa-Anatolian plate convergence. Journal of Asian Earth Sciences, 29, 160-176.
- Ercan, T., Dinçel, A., Metin, S., Türkecan, A. ve Günay, E., 1978. Uşak yöresindeki Neojen havzaların jeolojisi?. Türkiye Jeoloji Bülteni, 21, 97-106.
- Frigya Kültürel Mirasını Koruma ve Kalkınma Birliği (FRIGKÜM). 2016, Frig sanatı ve Uygarlığı, 2016, www.frigvadis.gov.tr
- Kazancı, N., 2010. Jeolojik Koruma; Kavram ve Terimler. Jeolojik Mirası Koruma Derneği yayını, Ankara, 60 s.
- Kazancı, N., Şaroğlu, F. ve Suludere, Y., 2015. Jeolojik Miras ve Türkiye Jeositleri Çatı Listesi. MTA Dergisi, 151, 263-272.
- Le Pennec, J.-L., Bourdier, J.-L., Froger, J.-L., Temel, A., Camus, G. ve Gourgaud, A., 1994. Neogene ignimbrites of the Nevşehir Plateau (Central Turkey), stratigraphy, distribution and source constraints. J. Volcanol. Geotherm. Res. 63, 59–87.
- Metin, S., Genç, İ. ve Bulut, V., 1987. Afyon ve Dolayının Jeolojisi, M.T.A. Rapor No: 2113, Ankara, 105-115.
- Prelević, D., Akal, C., Foley, S.F., Romer, R.L., Stracke, A. ve van Den Bogaard, P., 2012. Ultrapotassic mafic rocks as geochemical proxies for postcollisional mantle dynamics of lithosphere: the case of SW Anatolia-Turkey. J Petrol 53, 1019–1055
- ProGeo Group,1998. A first attempt at a geosites framework for Europe -an IUGS initiative to support recognition of World heritage and European geodiversity. Geologica Balcanica 28, 5-32.
- Tolluoğlu, Ü. Erkan, Y., Sümer, E. Ö., Boyacı, N. ve Yavaş, F., 1997. Afyon metasedimanter grubunun Mesozoyik öncesi metamorfik evrimi. Türkiye Jeo. Bülteni, 40-1, 1-1.
- Wimbledon, W.A.P. 1996. National site election, a stop on the road to a European Geosite List. Geologica Balcanica 26, 15-27.
- Yılmaz, A., 1958. Seydiler Köyünün Destanı, Temizleş Matbaa, Afyonkarahisar.



Palu ve Keban Baraj Gölü Arası, Fırat Nehri Kıyısı Sedimanlarının Jeokimyasal Özellikleri ve Endüstriyel Hammadde Olarak Kullanılabilirliğinin İncelenmesi

Geochemical Features and Study of the Industrial Raw Materials Usability of the Euphrates River Bank Sediments Between Palu and Keban Dam Lake

Aynur İrmak¹, Leyla Kalender^{1*}, Mehmet Yılmaz², Özge Erdoğan Yamaç²

¹ Fırat Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 23119 Elazığ

² Fırat Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 23119 Elazığ

Geliş/Received : 09.01.2017 • Düzeltilmiş Metin Geliş/Revised Manuscript Received : 16.03.2017 • Kabul/Accepted : 14.04.2017 • Baskı/Printed : 01.08.2017

Araştırma Makalesi/Research Article

Türkiye Jeol. Bül. / Geol. Bull. Turkey

Öz: Palu ve Keban Baraj gölü arası Fırat Nehri kıyısı sedimanlarının kimyasal bileşimleri, Fırat Nehir sedimanlarının sub-litaranit ve feldispatlı litaranit olarak adlandırılabilmesine işaret etmektedir. Ana oksit içerikleri bakımından, Holosen Fırat Nehir sedimanlarının, Fe₂O₃, MgO, CaO ve TiO₂ konsantrasyonlarının, UCC (üst kıtasal kabuk)'dan yüksek ve SiO₂, Al₂O₃, Na₂O ve P₂O₅ bakımından ise tüketilmiş olduğu söylenebilir. Söz konusu sedimanların Pb izotop bileşim oranlarının büyük çoğunluğu, nehir sedimanlarının yerel litolojik birimlerin ayrışmasının doğal sonucu olduğunu göstermektedir. Özellikle, ²⁰⁶Pb/²⁰⁷Pb (=1,20 – 1,22) oranı dikkate alındığında, P2, P4, P13, P17, P30, P43, P44, P46 ve P49 kodlu örnek noktalarında nehir sedimanlarının daha çok mafik volkano-sedimenter kayalardan gelen doğal kurşun değerleri aralığında olduğu belirlenmiştir. Fırat Nehri akım yönü boyunca yüzeyleyen, Pliyo-Kuvaterner yaşlı Palu Formasyonu, Üst-Miyosen-Pliyosen yaşlı Çaybağı Formasyonu ve Üst Kretase yaşlı Elazığ Magmatitlerinin litolojik özelliklerini taşıdığını göstermektedir. Fiziko-mekanik deneyler Fırat Nehri kıyısı sedimanlarının; görünür özgül ağırlıklarının 2,6 gr/cm³, optimum bitüm içeriğinin % 4,6, karışım türü stabilite değerlerinin >2300 kg olduğunu göstermektedir. Bu çalışma, Doğu Anadolu Fay Zonu batısından alınan sediman örneklerinin (P39'dan P50'ye kadar), fiziko-mekanik özellikleri, kil boyu malzeme içeriğinin, P1 den P38'e kadar alınan nehrin doğusundaki sediman örneklerinden yüksek olduğunu göstermektedir. Elde edilen tüm sonuçlar, P1 nolu örnek noktasından P39'a kadar, Doğu Anadolu Fay Zonu doğusunda, nehir sediman örneklerinin, agrega olarak hem beton hammaddesi hem de bitümlü sıcak karışım üretiminde, inşaat endüstrisinde hammadde olarak kullanımının stabilite ve akma açısından uygun olduğunu göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Agrega, Endüstriyel hammadde, Fırat Nehir Sedimanları

Abstract: Chemical composition of the Fırat River bank sediments which are located between Palu and Keban Dam Lake show that the Fırat River's sediments can be named as sub-litharenite and felspar litharenite. In terms of the major oxide contents in the Holocene Euphrates River sediments, the concentrations of Fe₂O₃, MgO, CaO, and TiO₂ are higher than UCC (Upper Continental Crust), and SiO₂, Al₂O₃, Na₂O, and P₂O₅ concentrations are depleted. Pb isotope composition ratios of the studied sediment samples show that the natural weathering of the local lithologic unites is to be more effective on the river sediment chemistry than anthropogenic effects. Especially, at the P2, P4, P13, P17, P30, P43, P44, P46 and P49 sample locations are determined that the river sediments are mostly between natural lead values which come from the mafic volcano-sedimentary rocks due to ²⁰⁶Pb/²⁰⁷Pb (1.205 – 1.22) ratio. The units have characterization of Plio-Quaternary Palu Formation, Upper Miocene Çaybağı Formation, and Upper Cretaceous Elazığ Magmatic rocks. Physico-mechanical experiments show that the sediments of the Fırat River have 2.6 gr/cm³ specific weight and sediments' optimum bitumen is 4.6 % and their mixture type stability value is 2300 kg. The physical-mechanical features of the sediments at the sample sites from P39 to P50 in the western East Anatolian Fault Zone show that clay size fractions are higher than the updown river sediment samples which

are taken from P1 to P38 in the eastern fault zone. The obtained results indicate that the river sediment samples from P1 to P39 at the west of East Anatolian Fault Zone are suitable for both raw material for cement or aggregate and bituminous hot mixture production as raw materials in the construction industry in terms of stability and fluxing.

Key Words: Aggregate, industrial raw material, The Fırat River sediments,

GİRİŞ

Palu ve Keban Baraj Gölü arasındaki Fırat Nehri kıyı sedimanlarının, kaynak kayaların ve endüstriyel hammadde olarak kullanılabilirliğinin belirlenmesi bu araştırma makalesinin konusunu oluşturmaktadır. Bu çalışma, sözkonusu sedimanların jeokimyasal özellikleri ile beton hammaddesi agrega ve BSK (Bitümlü Sıcak Karışım) olarak endüstriyel alanda kullanılabilirliğinin belirlenmesi için yapılan fiziko-mekanik deney sonuçları ve yorumlarını içermektedir. Çalışma alanı, Palu ilçe merkezinin kuzey doğusundan başlayıp Keban Baraj gölüne kadar uzanan Fırat Nehri boyunca uzanan kıyı sedimanlarını kapsamaktadır (Şekil 1). Fırat Nehri, kuzeyde Murat Nehri ve Karasu Nehrinin, Elazığ-Palu ilçesinin güneyinde birleşmesi ile başlayıp, Malatya, Adıyaman, Urfa illerini geçerek, Suriye sınırından Türkiye'yi terk etmektedir (Şekil 1). Kırıntılı sedimanlar, daha önceden var olan mağmatik, sedimanter ve metamorfik kayaların ayrışmasından türeyen taşınmış kırıntılardan oluşmaktadır. Yeryüzünün yaklaşık olarak %70'i sedimanter (çökel) kayalarla kaplıdır. Bunlar; çoğunlukla çakıltası, kumtası, silttası, kireçtası, şeyl ve görece daha az miktarlarda tuz oluşumları, demirtaş, kömür ve çörtten oluşmaktadır (Tucker, 1981). Bir sedimanter oluşum için çok farklı malzemeye ihtiyaç vardır. Kum ve çakılın bu malzemeler arasındaki önemi çok büyüktür. Kırıntılı sedimanlar diyajenez geçirinçeye kadar sediman olarak adlandırılırlar. Diyajenezden sonra, sedimanter kayaç adını alırlar. Toprak oluşumundan farkları, organik maddeleri hiç ya da çok az içermeleridir (<% 0,5). Kum ve çakılın doğada bir arada bulunmasına karışık (tüvenan) agrega denir (Beare vd. 1994; MEGEP, 2001). Bu kapsamda, kıyı sedimanlarının endüstriyel

hammadde olarak kullanılmasıyla ilgili literatür kapsamında birçok çalışma bulunmaktadır. Örneğin; kâğıt sanayiinde kullanılan kaolen (kil) dolgu görevi yapar, Fe_2O_3 ve CaO miktarı çok az olmalıdır. Öğütülmüş olarak kullanıldığında % 80'i 40 mikron iriliğinde olup, beyazlığı yüksek olmalıdır. Kağıt sanayiinde, kaplama alanında kullanılan, (Kuşe) Kaolenin Al_2O_3 oranı yüksek, demirsiz olması ve % 80'in 2 mikronun altında öğütülmesi gerekir. Cam endüstrisinde züccaciye cam kalitesi kuvars kumunun Fe_2O_3 miktarı maksimum % 0,02 düz cam kalitesi kuvars kumunun Fe_2O_3 miktarının ise maksimum % 0,1 olması istenmektedir, dökümde kullanılan kum ise tipik olarak yarı-köşeli veya yuvarlak şekillidir. Tane boyutu dağılımı uniform ve % 85-95'i 0,6 mm ile 0,15 mm arasında, % 5-12'si ise 0,075 mm'den küçük olmalıdır. Döküm kumunun özgül ağırlığı ise 2,39 ile 2,55 arasında ve su emme kapasitesi düşük olması gerekmektedir (Başar ve Aksoy, 2012). Nehir, deniz, çöl, eski göl ve dere yataklarından elde edilen agregalara (kum ve çakıllar) doğal agrega denir. Bu agrega çeşitleri içinde en yaygın kullanılanı, akarsu yatağından elde edilen agregalardır. Çünkü; bunlar temiz ve düzgün danelerden oluşur. Son yıllarda, Fırat Nehir sedimanlarının, nadir toprak element dağılımları ve kirlilik indis değerleri kullanılarak metal zenginleşmeleri üzerine yapılan çalışmalar bulunmaktadır (Kalender ve Çiçek Uçar, 2013; Kalender ve Aytımur, 2016). Ancak, söz konusu sedimanların, endüstriyel alanlarda kullanılabilirliği üzerine detaylı çalışma bulunmamaktadır. Bu araştırma makalesi ile, Palu ve Keban Barajı arası, Fırat Nehri kıyı sedimanlarının jeokimyasal özellikleri, kaynak kayaları ve beton hammaddesi agrega ile BSK (Bitümlü Sıcak Karışım) olarak endüstriyel

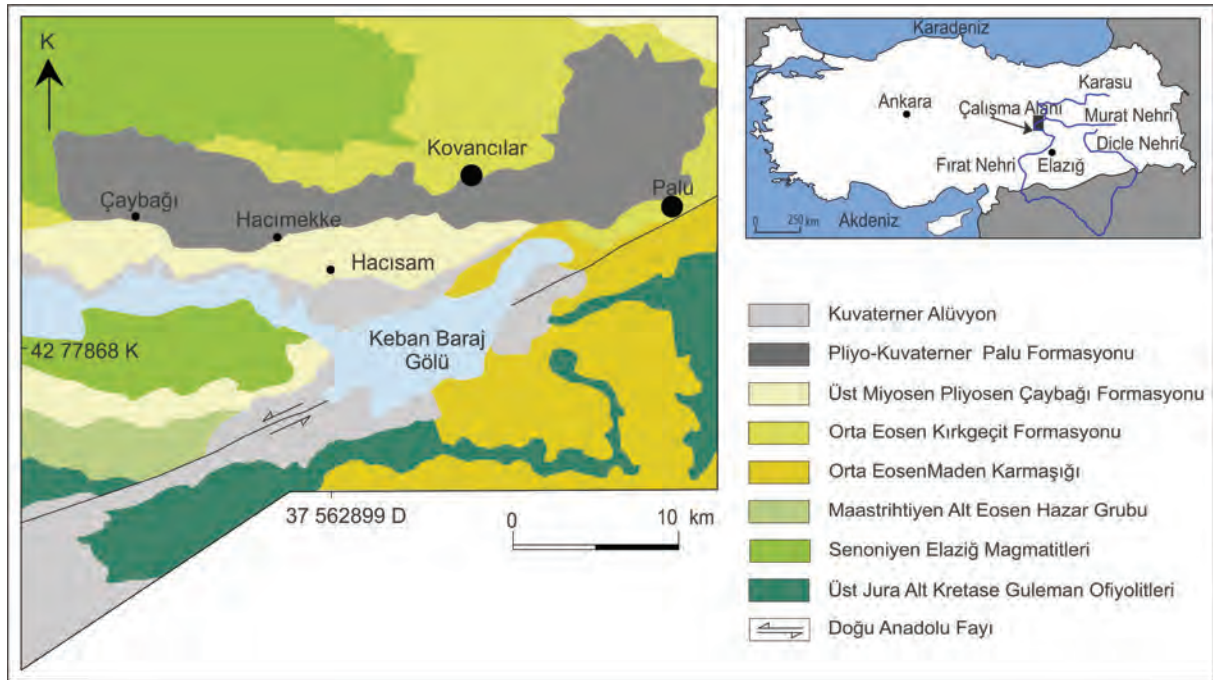
alanlarda kullanılabilirliğinin, fiziko-mekanik deneyler yardımıyla, ortaya çıkarılması hedeflenmektedir.

COĞRAFİK DURUM

Elazığ'ın Palu ilçesinin arazisi Murat Nehri civarındaki düzlükler ile güneydeki Doğu Toros silsilesini oluşturan Akdağlar'dan meydana gelmektedir. Dalgalı ve dağınık arazi ilçe topraklarının % 86,9 gibi bir oranını oluşturmaktadır. Doğu Toros silsilesi içinde bulunan Akdağlar en yüksek noktası 2500 metre rakımlıdır. Murat nehri ilçe topraklarının içinden

geçmekte olup, vadisi genellikle dik ve sarpıtır. Palu karasal iklim bölgesinde olup yıllık sıcaklık ortalaması 13°C civarındadır.

Yağışlar genellikle ilkbahar ve sonbahar aylarında görülür. Yıllık yağış miktarı 427 mm'dir. Keban Barajı'nın yapılmasından sonra Palu ve çevresinde iklim hissedilir derecede yumuşamıştır. Yaz mevsimindeki sıcaklık farkı 3°C olarak belirirken, kış mevsimindeki sıcaklık farkı sadece 1°C olarak görülmektedir. Bunun başlıca sebebi bölge üzerinde hakim olan hava kütlelerinin karakterleri ve bölgesel yer şekilleridir (Akkan, 1972).



Şekil 1. Çalışma alanının yerbulduru ve jeoloji haritası (Kerey ve Türkmen, 1991; Çelik, 2008'den yeniden düzenlenerek).

Figure 1. Location and geology map of the studied area (modified from Kerey and Türkmen, 1991; Çelik, 2008).

GENEL JEOLJİ

İnceleme alanı Doğu Toros orojenik kuşağında yer almaktadır. Çalışma alanı ve yakın çevresinde yaşlıdan gence doğru Guleman Ofiyoliti (Üst Kratase), Elazığ Magmatitleri (Senoniyen), Hazar Grubu (Maastrichtiyen-Alt Eosen), Maden Karmaşığı (Orta Eosen), Kırkgeçit Formasyonu (Orta Eosen), Çaybağı Formasyonu (Üst Miyosen –Pliyosen) ve Pliyo-Kuvaterner yaşlı Palu Formasyonu ile alüvyal malzeme yüzylemektedir (Şekil 1). Guleman Ofiyoliti; Birim çalışma alanında, Hazar Gölü'nün doğu ve güneyinde yüzlekmektedir (Şekil 1). Guleman ofiyolitlerinin, inceleme alanındaki diğer birimlerle olan stratigrafik ve tektonik ilişkisi oldukça değişkenlik sunmaktadır. Hazar Gölü'nün doğusunda, Maden Karmaşığı, yer yer devamsız olan çakıltaşlarıyla birimin üzerinde uyumsuz olarak gözlenir. Birim litolojik olarak; harzburjit, dünit, verlit, piroksenit, gabro, bantlı gabro ile bunları kesen diyabaz dayklarından oluşan ofiyolitik bir istifdir. Birim, tektonik hatlara yakın yerlerde tamamen serpantinleşmiştir. Çeşitli yazarlar tarafından, Guleman ofiyolitlerinin, sedimanter birim içermeyen Geç Kratase yaşlı okyanusal kabuğun yayönü kalıntılarından oluşan allokton konumlu birim olduğu belirtilmektedir (Yazgan ve Chessex, 1991; Beyarlan ve Bingöl 2014; Rizeli vd. 2016). Elazığ Magmatitleri; Çalışma alanının batısında geniş yüzlekler sunar ve irili ufaklı bir çok cevherleşmeler içermektedir. Magmatik ve volkano-sedimanter özellikteki kayaçlardan oluşan birim, tabandan tavana doğru düzenli bir değişim göstermektedir. Bu nedenle, yapılan araştırmada, «Elazığ Magmatitleri» adının kullanılması önerilmiştir (Bingöl ve Aydoğdu, 1994; Turan vd. 1995); Bingöl ve Beyarlan, 1996). Birim, Elazığ güneyinde geniş yayılıma sahipken, Elazığ yakın batısındaki yüzlekler ise daha dar alanlar şeklindedir. İnceleme alanında çok geniş yer kaplayan Elazığ Magmatitlerinin litolojik birimleri, başlıca derinlik (diyoritik, granitik) kayaçları ve yüzey kayaçları (bazaltik yastık lavlar) ile temsil edilmektedir (Şekil 1).

Hazar Grubu; Tabanda kırıntılılar ile başlayıp üste doğru kumtaşı-çamurtaşı ardalanması ve üst seviyelerde ise karbonatlı birimlerden oluşmaktadır (Şekil 1). Hazar Gölü çevresinde gözlenen birim adını buradan almıştır. İnceleme alanın güney doğusunda küçük bir alanda Maden Karmaşığı üzerinde tektonik dokanaklı olup, inceleme alanının doğusunda ise, Guleman Ofiyolitleri üzerinde uyumsuz olarak bulunmaktadır. Formasyon, altta yeşilimsi-gri renkli ince-orta tabakalı, yer yer kumlu kireçtaşı mercek ve bantları içeren kumtaşı-şeyl-marn ardalanması ile başlayıp üste doğru koyu gri renkli kalın tabakalı kireçtaşları ile son bulur (Sungurlu 1974). Birimin en alt seviyelerinde, Guleman ofiyolitlerinden türemiş gabro, serpantin ve bazaltlardan oluşan yarı yuvarlaklaşmış, eliptik şekilli, kırmızı-kahverenkli çakıltaşları yer alır. Az da olsa, inceleme alanının batısındaki Pütürge metamorfiteğine ait çörtlerden türeyen çakıllara da rastlanır. Birim, yüzlekedığı alanda yanal yönde devamsız olup üste doğru tane boyu küçülen kırmızı-kahverenkli kumtaşı-silttaşı litolojisine geçer. Çelik (2003), Hazar Grubunun yaşını, alt grupların göreceli ilişkisine dayanarak Orta Eosen olarak önermiştir. Ertürk (2016) ise, Orta Eosen yaşlı birimlerin Maden Karmaşığına dahil edilebileceğini bu yüzden Hazar Grubunun Maastrichtiyen-Alt Eosen yaş aralığında oluşmuş olabileceğini belirtmektedir. Maden Karmaşığı; Birimin genel dağılım alanı, doğuda Palu ilçesinin doğusu ve Arıcak ilçesinin kuzey kesimlerinden başlayarak, Malatya'nın güneyi ve Adıyaman'ın kuzey kesimlerine kadar uzanan yaklaşık KD-GB doğrultusunda ve Doğu Anadolu Fayı'na paralel bir zonu kapsar (Şekil 1). Bu zon içerisinde Palu-Hazar gölü arasında fayın güney kesimlerinde daha geniş bir dağılım gösterirken, bu geniş yüzylemeler Hazar Gölü'nün güneybatı kesiminden itibaren Adıyaman ilinin kuzeyine kadar devam etmektedir (Çelik, 2003; Çelik, 2008). Çalışma alanında yüzyleyen birim, bazik volkanik lavlar, dayklar, piroklastik kayaçlar ve

havza içi kökenli kireçtaşı bloklarından oluşmaktadır (Turan vd. 1995). İnceleme alanında yüzlek veren bu birim üzerine çalışma yapan araştırmacılar tarafından içerdiği fosillere bağlı olarak, birim için, Orta Eosen yaşı önerilmiştir (Perinçek ve Özkaya, 1981; Özkan, 1982; Hempton, 1984; Perinçek ve Kozlu, 1984; Sungurlu vd. 1985; Özçelik, 1985; Yılmaz vd. 1993, Turan vd. 1995). Kırkgeçit Formasyonu; Palu çevresinde yapılan arazi çalışmalarında, birimin, çalışma alanının kuzeyinde yüzlek verdiği gözlenmektedir (Şekil 1). Birim genellikle konglomera, kumtaşı ve çamurtaşı araldanmasından oluşmuştur (Aksoy, 1993). Birimin tabanını teşkil eden konglomeralar yanal yönde devamlılık göstermemekte olup merceksi geometrilidir. Konglomeralar yer yer düzlemsel yer yer teknesmi çapraz tabakalıdır. Çoğunlukla dane destekli olan konglomeralarda, matriks kum ve çakıl boyu malzemedir. Çok kötü boylanmış konglomera merceklerin elemanları baskın olarak Elazığ Magmatitleri'nden daha az oranda ise Keban Metamorfitleti'nden türemiştir. Kumtaşları içerisinde bol olarak bulunan başlıca Nummulites, Discocyclina ve Assilina gibi bentik foraminiferlere dayanarak birime Orta Eosen yaşı verilmiştir (Turan ve Bingöl 1991; Çelik, 2003). Çaybağı Formasyonu; Birim güneyde Keban baraj gölü ile kuzeyde Çaybağı, Hacimekke ve Hacısam köyleri arasında doğu-batı doğrultusunda geniş yayılım gösterir (Şekil 1). Birimin tabanı, Keban Baraj Gölü altında kalmış olup bölgesel stratigrafik konum dikkate alındığında, Orta Eosen yaşlı Kırkgeçit Formasyonuna ait birimlerden oluşmaktadır (Koç Taşgın, 2009). Çaybağı batısında ise, Kırkgeçit ve Palu Formasyonları birim üzerine tektonik olarak gelmektedir. Birim, konglomera, kumtaşı, çamurtaşı, kömür arakatıklı kilttaşları, marn, tüfit ve kireçtaşlarından oluşmuştur. Konglomeralar genellikle kırmızı renkli, andezit, bazalt, kumtaşı ve kireçtaşı çakıllarından oluşmuştur. Bunların büyük çoğunluğunu volkanik kökenli çakıllar oluşturur.

Genellikle iyi yuvarlaklaşmış ve iyi boylanmışlardır. Kumtaşları açık gri renkli, zayıf çimentolu ve masif yapılıdır. Bunların bazı seviyelerinde 3-4 cm. boyutunda saçılmış halde çakıllar görülür. Çamurtaşları kırmızı renkli olup kömür damarları içerirler. Kilttaşları ise kömürlerle araldanmalı olarak görülür. Bunlarda çok iyi korunmuş yaprak izleri bulunur. Gri, sarı renkli, bol çatlaklı ve çatlaklar ikincil jipsle doldurulmuştur. Marnlar ise masif yapılı olup yer yer laminalanma gösterir. Tüfitler formasyonun üst seviyelerinde görülmekte olup fosil, kömür parçaları ve piroklastik kayaç parçaları içerirler. Doğu Anadolu'da Üst Eosen'den Alt Miyosen sonuna kadar volkanizma oldukça kıt olup bu tüffü seviyeler genellikle Üst Miyosen ve daha sonra gelişen volkanizmanın ürünüdür (Şaroğlu ve Güner, 1981). Çaybağı Formasyonu ise konglomera, kumtaşı, çamurtaşı, kilttaşı, marn, kireçtaşı ve tüfitlerden oluşmuş olup bazalt içermektedir. Bu nedenle birim için Üst Miyosen-Pliyosen yaşı önerilmiştir (Kerey ve Türkmen, 1991). Palu Formasyonu; Birim, ilk defa Çetindağ (1985) tarafından adlandırılmış olup, konglomera, kumtaşı ve çamurtaşlarından oluşmaktadır. Çakılların litolojik bileşimi yerel olarak değişmektedir. Çalışma alanının kuzeyinde, yol yarmalarında volkanik çakılların yoğunluk kazandığı görülürken, Hacimekke köyü çevresinde kireçtaşı ve kumtaşı gibi sedimanter kökenli çakılların yoğunluğu göze çarpmaktadır (Şekil 1). Konglomera ile başlayıp yukarıya doğru bazen kumtaşı bazen de killi seviyelere kadar geçen dereceli yapıların, akarsu yatağının gittikçe dolması nedeniyle azalan akım hızlarına bağlı olduğu belirtilmiştir. Çakıllar, Elazığ Magmatitlerinin volkano-sedimanter birimleri ve Kırkgeçit Formasyonundan kaynaklanmış olup andezit, bazalt, kumtaşı ve kireçtaşlarından oluşmuştur (Kerey ve Türkmen, 1991). Pliyo-Kuvaterner yaşlı Palu Formasyonu tarafından uyumsuz olarak örtülen Üst Miyosen-Pliyosen yaşlı Çaybağı Formasyonu yoğun tektonik etkiler

altında kalmış ve kanatlarının eğimi 70-80 dereceye varan antiklinal ve senklinaller oluşmuştur. Palu Formasyonu ise bu antiklinal eksenlerine paralel olarak uzanmaktadır. Donjek ve Scott tipi fasiyes geçişi yörede etkin bir tektonizmayı işaret eder (Kerey ve Türkmen,1991). Palu antiklinalinin eksenine paralel olarak uzanan ve geniş alanda yayılım gösteren alüvyon yelpazesi ve akarsu çökellerinin bu antiklinalin yükselmesine bağlı olarak oluştuğu söylenebilir. Palu Formasyonu içerisinde iç ve orta yelpaze ast-fasiyeslerinden oluşan alüvyon yelpazesi fasiyesleri ile Donjek ve Scott tipi örgülü nehir çökelleri ayrılmıştır. Alüvyon yelpazelerinin taşınma yönünün kuzeyden güneye, örgülü nehirlerin taşınma yönünün ise doğudan batıya doğru olduğu belirtilmiş ve Donjek ve Scott tipi litofasiyes geçişlerinin oluşturduğu çevrimsel depolanma ile Pliyosen-Kuvaterner’de yörede etkin bir tektonizmanın varlığı saptanmıştır (Kerey ve Türkmen,1991).

ANALİTİK YÖNTEM

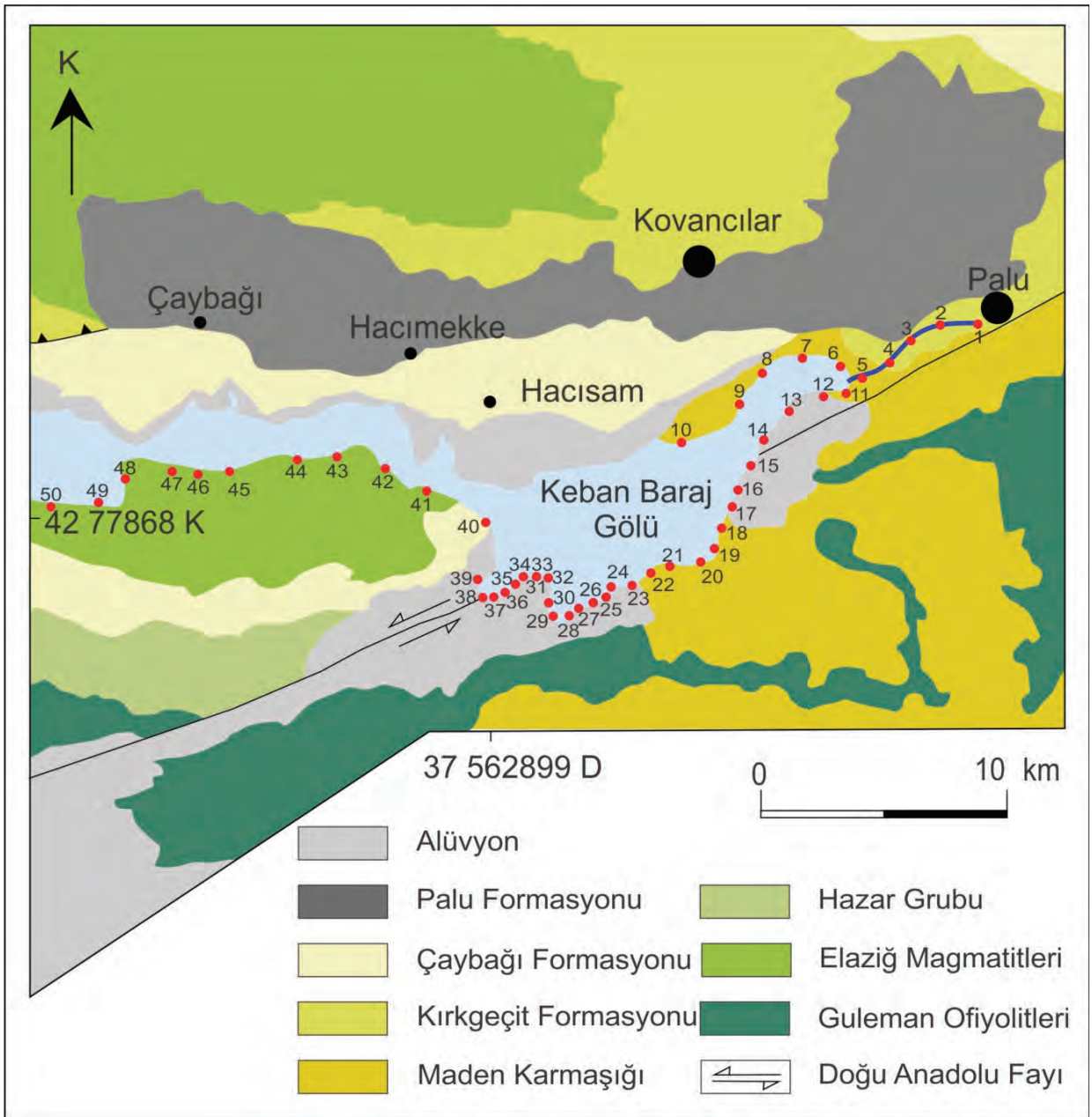
Örnek Alımı ve Örnek Hazırlama İşlemleri

Bu çalışmada, örnek alım yöntemlerini geliştirmek, uygun tane boyu ve analiz yöntemlerini saptamak için yönlendirme çalışmaları önceden yapılmamıştır. Önceki çalışmalar ışığında (Kalender ve Bölücek, 2007, 2009) morfolojik yapının, mümkün olduğunca uygun olduğu, aktif dere yataklarının Fırat Nehri’ne karışım noktalarının üst ve alt noktalarından nehrin akım yönü boyunca toplam 50 adet nehir sediman örneği alınmıştır (Şekil 2, Çizelge 1). Çok iri taneli kırıntıların bulunmaması için örnekler, delik çapı yaklaşık 2mm’lik elekten geçirilmiştir. Dere boyunca 50-100 km aralıklarla alınan yaklaşık 2 kg ağırlığındaki dere sediman örnekleri naylon

torbalara konularak her biri numaralandırılmış ve oda sıcaklığında kurutulmuşlardır. Kurutulduktan sonra, analize uygun tane boyu fraksiyonlarının belirlenmesi için farklı elek boyutlarına (-80 + 200 mesh) ayrıştırılarak elenmiştir. Çok iri tanelerin homojenliği bozarak hatalara neden olabileceği düşünülerek, sediman örneklerinin -80 +200 mesh boyutu analize hazırlanmıştır. Eleme işleminde yaklaşık 15 g örnek tartılarak poşetlere bırakılmış ve numaralandırılmıştır.

Kimyasal Deneylemler

Örneklerin tamamında, kurşun izotopları (^{204}Pb , ^{206}Pb , ^{207}Pb ve ^{208}Pb) ve her beş örneğe bir örnek karşılık gelecek şekilde, on örnek ise ana oksit ve iz element analizleri için seçilmiştir (Çizelge 1 ve 2). 80 mesh (180 μm) dane boyutundaki sediman örneklerinden yaklaşık 15 gr alınarak AQ ($1\text{HNO}_3:1\text{HCl}:1\text{HF}$) yöntemi ile çözdürüldükten sonra, ana oksit ve bazı iz element (Ba, Ni, Sr, Zr, Y, Nb, Sc) analizleri, XRF (X-Ray Floresans) yöntemi kullanılarak yapılmıştır. Pb izotop bileşimlerinin saptanması için; 130 mg ve 80 mesh dane boyutundaki sediman örnekleri 4 ml HF, 1 ml HNO_3 , 15 M HNO_3 bitinceye kadar, 7 gün boyunca 140 $^\circ\text{C}$ ‘de sıcak levhada çözdürülmüş, Söz konusu örnekler, organik ve inorganik kirleticilerden AG-MP1-M iyon değişim yöntemi (Analytical Grade Anion Exchange) ile hidrobromik asit içerisinde saflaştırılmıştır. Tüm izotop analizleri, ICP-MS (Inductively Couple Plasma-Mass Spectrometre) ile yapılmış olup, izotop oranları hesaplanmıştır. Element analizlerinde, NIST (National Institute of Standards and Technology) 981-1Y, 983-1Y ve STD DS 10 standartları kullanılmıştır. XRF ve ICP-MS analizleri, Acme Analitik Laboratuvarlarında yapılmıştır.



Şekil 2. Örnek lokasyon haritası.

Figure 2. The sample location map.

Çizelge 1. Palu (Murat ve Karasu Nehirlerinin birleşme noktası) ve Keban Baraj gölü arasından alınan Fırat Nehri kıyı sediman örneklerine ait UTM-50 koordinatlar.

Table 1. UTM -50 coordinates of the Euphrates River bank sediment samples between Palu (mixing point of Murat and Karasu Rivers) and Keban Dam Lake.

Örnek kodları	Koordinatlar	Örnek kodları	Koordinatlar
P1	37 582713 D - 42 83339 K	P38	37 566334 D - 42 73559 K
P2	37 582675 D - 42 83598 K	P39	37 562899 D - 42 77868 K
P3	37 582650 D - 42 83711 K	P40	37 562890 D - 42 77865 K
P4	37 580930 D - 42 82628 K	P41	37 562884 D - 42 77859 K
P5	37 580868 D - 42 82603 K	P42	37 562872 D - 42 77867 K
P6	37 580766 D - 42 82860 K	P43	37 562872 D - 42 77856 K
P7	37 580684 D - 42 82493 K	P44	37 562859 D - 42 77858 K
P8	37 580642 D - 42 82505 K	P45	37 562855 D - 42 77859 K
P9	37 580597 D - 42 82491 K	P46	37 562855 D - 42 77878 K
P10	37 580593 D - 42 82446 K	P47	37 562800 D - 42 77897 K
P11	37 580544 D - 42 82475 K	P48	37 562265 D - 42 77932 K
P12	37 580511 D - 42 82475 K	P49	37 562083 D - 42 77946 K
P13	37 580519 D - 42 82494 K	P50	37 561810 D - 42 77968 K
P14	37 580505 D - 42 82496 K		
P15	37 580494 D - 42 82474 K	Fiziko-Mekanik Deneyleer için seçilen	
P16	37 580480 D - 42 82480 K	örnekler	
P17	37 580442 D - 42 82476 K	P1	A1
P18	37 580408 D - 42 82463 K	P6	A2
P19	37 580362 D - 42 82455 K	P14	A3
P20	37 580337 D - 42 82442 K	P25	A6
P21	37 580294 D - 42 82414 K	P28	A7
P22	37 580180 D - 42 82410 K	P39	A8
P23	37 580161 D - 42 82406 K	P42	A9
P24	37 580123 D - 42 82409 K	P46	A10
P25	37 580088 D - 42 82415 K	P34	A11
P26	37 576907 D - 42 82445 K	P50	A12
P27	37 576443 D - 42 82346 K		
P28	37 575498 D - 42 80064 K		
P29	37 575672 D - 42 78874 K		
P30	37 574109 D - 42 77953 K		
P31	37 570183 D - 42 77016 K		
P32	37 568432 D - 42 74590 K		
P33	37 566666 D - 42 73492 K		
P34	37 566662 D - 42 73522 K		
P35	37 566667 D - 42 73540 K		
P36	37 566676 D - 42 73544 K		
P37	37 566661 D - 42 73540 K		

Fiziko-Mekanik Deneyleer

Toplanan sediman örnekleri üzerinde, zararlı kil minerallerinin miktarı hakkında fikir sahibi olmak için *metilen mavisi* deneyi, gerçekleştirilmiş, bu deney sonucuna göre kullanılabilir olduğu belirlenen agrega numunelerine elek analizi

deneyi uygulanarak gradasyonları tespit edilmiştir. Ayrıca, özgül ağırlık deneyi ile, numunelerin deformasyona karşı maksimum dayanımını (stabilite) ve maksimum yüke ulaşıldığı anda örnekte meydana gelen düşey deformasyonu (akma) tespit etmek için Marshall stabilite ve akma deneyi uygulanmıştır.

JEOKİMYASAL BULGULAR

Çalışma alanından toplanan, sediman örneklerinden elde edilen kimyasal analiz bulguları Çizelge 2’de verilmiştir. Fırat Nehri akım yönü boyunca A1’den A12’ye ana oksit dağılımı incelendiğinde; SiO₂ içeriği % 42,77 ile 53,49 aralığında değişmektedir. Minimum SiO₂ içeriği A1 kodlu, maksimum içerik ise A12 (P 50) kodlu örneklerde saptanmıştır. En düşük Al₂O₃ (% 9,12) bileşimi, A7 (P28) kodlu örnekte elde edilirken, minimum Fe₂O₃ içeriği (% 8,89) A10 (P 46) kodlu lokasyondan elde edilmiştir. Söz konusu, örnek noktasında Fe₂O₃ içeriği ile birlikte K₂O (% 0,19), TiO₂ (% 0,38) ve P₂O₅ (% 0,01) düşmesine karşın, aynı örnekte MgO ve CaO içeriklerinin (% 12,84 ve 10,53) maksimum değerlerine ulaştığı görülmektedir. İz element dağılımları dikkate alındığında, A9 (P42) ve A 10 (P 46) nolu örneklerde, yüksek Ni (379 ve 609 ppm) içerikleri görülmektedir. Bu lokasyonlarda asidik magmatik kaynaklı bazı iz elementler (örneğin Ba, Sr, Zr ve Y) en düşük derişim seviyesine ulaşmaktadır. Sedimanlar içerisindeki ana oksit içeriklerinin akım yönü boyunca düzenli bir değişim tanımlamadığı görülmektedir. Fırat Nehir yatağının yer yer farklı litoloji ve tektonik hatları takip etmesi sedimanlardaki element derişimlerinin düzenlidağılımını etkilemektedir. Nehir yatağı eğimi, morfolojik olarak bu noktada killi sedimanların depolanma koşullarında etkili olabilir. En düşük demir oksit içeriğinin görüldüğü örnek noktasının fay zonu üzerinde olması tesadüfi bir durum değildir. Zira bu nokta, Fırat Nehir suyunu, farklı kaynaklardan suların karışma oranının yüksek olduğunu düşündürmektedir. Hazar Gurubunun üst seviyelerini temsil eden karbonatlı birimlerin, A10 (P46) nolu örnek noktasında, fay zonu içerisindeki su sirkülasyonlarının, suların ve sedimanların kimyasal bileşimlerini etkileyerek MgO ve CaO içeriklerinin artmasına neden olduğu anlaşılmaktadır. A9 (P42) nolu örnek noktasından itibaren A12 (P50) Keban Baraj gölü güeybatısında yeralan sedimanlardaki yüksek Ni içeriği, Elazığ Magmatitlerine ait bazik volkanik kayaların ayrışmasına bağlı olmalıdır. Çizelge

3’de, Fırat Nehri akım yönü boyunca toplanan kıyı sediman örneklerindeki kurşun izotop bileşim oranları verilmiştir. Minimum ²⁰⁶Pb/²⁰⁴Pb oranı (17,00) P 35 kodlu örnek noktasında, minimum ²⁰⁷Pb/²⁰⁸Pb oranı (0,38) P 2, P9 ve P37 kodlu örnek noktalarında minimum ²⁰⁶Pb/²⁰⁷Pb oranı (0,13) sadece P39 nolu örnek noktasında gözlenmektedir. Minimum ²⁰⁷Pb/²⁰⁶Pb oranı 0,81 ila P9, P41 ve P43 kodlu örneklerde gözlenirken; minimum ²⁰⁸Pb/²⁰⁶Pb oranları P43 (2,00) ve P44 (2,02) örnek noktalarında görülmektedir. Maksimum ²⁰⁶Pb/²⁰⁴Pb oranları (≥ 20,00) P2, P14, P30, P33, P34 ve P 43 kodlu örnek noktalarında ve maksimum ²⁰⁷Pb/²⁰⁸Pb oranı ise (0,42) P35 kodlu örnek noktasında gözlenmektedir. Maksimum ²⁰⁶Pb/²⁰⁷Pb oranı (1,24) P9 kodlu örnek noktasında dikkat çekmektedir. Maksimum ²⁰⁷Pb/²⁰⁶Pb (0,89) ve ²⁰⁸Pb/²⁰⁶Pb (2,21) oranları P25 kodlu örnekte gözlenmektedir. Bu örnek noktaları, litoloji ve tektonik oluşumlar ile ilişkilendirildiğinde; P2’nolu örneğin Palu Formasyonunun, P9’un Kırkgeçit ve Çaybağı Formasyonlarının, P 25’in güneyde Guleman ofiyolitlerinin ve P40 ila P 50’nin ise Elazığ Magmatitlerinin ayrışma ürünlerine bağlı olarak sedimanların kimyasal bileşimlerinin değişebileceğini söylemek mümkündür. P29 ila P 39 arasındaki sedimanların Pb-bileşimlerinin, nehir suyunu, Doğu Anadolu Fay Zonu’ndan kaynaklı farklı kökenli su karışımı nedeniyle değişmiş olması mümkündür.

FİZİKO-MEKANİK BULGULAR

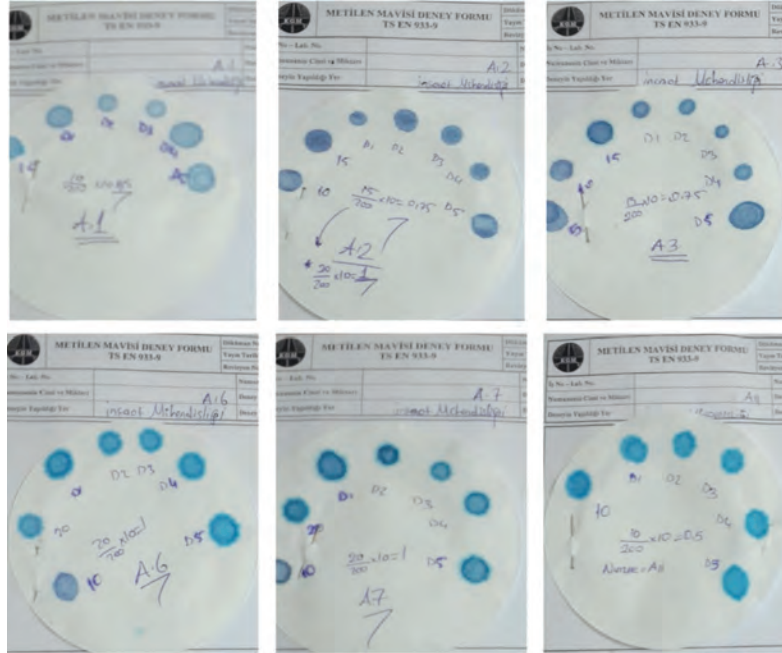
Metilen Mavisi Deney Bulguları

Yapılan metilen mavisi deneyi sonucunda elde edilen veriler Çizelge 4’de verilmiştir. Şekil 3’de bazı kıyı sedimanlarına ait örneklerin (A1, A2, A3, A6, A7 ve A11) TS EN 933-9 (2010)’da belirtilen şartname kriterlerine uyduğu, ancak Şekil 4’de A8, A9, A10 ve A12 kodlu örneklere ait metilen mavisi deney sonuçlarının metilen mavisi şartname kriterini sağlamadığı görülmektedir. Bu nedenle çalışmanın devamı olan elek analiz deneylerinde A1, A2, A3, A6, A7 ve A11 no.lu örnekler kullanılmıştır.

Çizelge 2. Palu ve Keban Baraj Gölü arası Fırat Nehir sedimanlarının anaoksid (yüzde ağırlık) ve bazı iz element (ppm) analiz sonuçları.

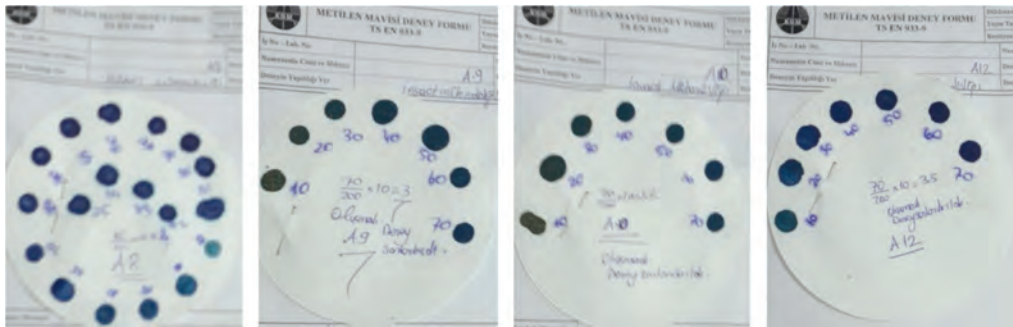
Table 2. Analysis results of the major oxides and some trace elements of the Euphrates River sediments between Palu and Keban Dam Lake.

Örnek kodları	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	MnO	Cr ₂ O ₃	Ba	Ni	Sr	Zr	Y	Nb	Sc	
P1	A1	42,77	12,03	20,17	4,14	9,02	2,15	0,58	3,11	0,13	0,23	0,203	191	80	214	549	32	23	30
P6	A2	47,87	12,66	11,72	4,10	9,54	2,42	0,89	1,83	0,13	0,17	0,098	144	82	251	231	29	12	26
P14	A3	50,94	13,31	9,29	4,21	9,05	2,87	0,87	1,47	0,13	0,16	0,059	169	72	237	143	25	10	25
P25	A6	43,81	11,92	19,20	4,04	8,68	2,23	0,73	2,98	0,12	0,22	0,165	235	81	224	363	29	15	28
P28	A7	49,90	13,34	11,06	4,27	9,22	2,69	0,81	1,77	0,13	0,18	0,082	170	71	228	209	28	8	28
P39	A8	51,70	12,90	10,31	4,30	9,00	2,77	0,82	1,98	0,16	0,18	0,064	171	73	242	154	35	12	28
P42	A9	44,81	9,12	16,15	11,05	5,02	0,88	0,48	1,27	0,04	0,15	1,029	81	609	105	114	11	6	22
P46	A10	47,77	11,41	8,89	12,84	10,53	1,01	0,19	0,38	0,01	0,14	0,649	30	379	90	26	7	5	44
P34	A11	52,24	14,81	10,72	4,40	5,12	1,89	0,85	1,82	0,11	0,18	0,083	185	114	185	159	25	10	30
P50	A12	53,49	13,69	10,56	4,21	6,39	2,26	0,82	1,98	0,10	0,17	0,109	156	100	206	171	26	8	28



Şekil 3. Şartname limitlerini sağlayan örneklerin metilen mavisi deneyi sonuçları.

Figure 3. Methylene blue test results of allowing the specification limits samples.



Şekil 4. Şartname limitlerini sağlamayan numunelerin metilen mavisi deneyi sonuçları.

Figure 4. Methylene blue test results of the samples which don't comply with the specification limits.

Çizelge 3. Palu ve Keban Baraj Gölü arası Fırat Nehir sedimanlarının Pb izotop analiz sonuçları.

Table 3. Pb isotope analysis results of the Euphrates River sediments between Palu and Keban Dam Lake.

	²⁰⁶ Pb/ ²⁰⁴ Pb	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁸ Pb	²⁰⁶ Pb/ ²⁰⁷ Pb	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	²⁰⁸ Pb/ ²⁰⁶ Pb
P1	19,24	0,40	1,18	0,85	2,11
P2	20,00	0,38	1,20	0,83	2,17
P3	17,71	0,40	1,16	0,86	2,18
P4	18,70	0,40	1,20	0,83	2,10
P5	19,09	0,40	1,18	0,85	2,13
P6	18,85	0,40	1,17	0,86	2,15
P7	19,55	0,39	1,19	0,84	2,13
P8	18,17	0,40	1,15	0,87	2,17
P9	19,22	0,38	1,24	0,81	2,10
P10	19,40	0,40	1,22	0,82	2,05
P11	19,09	0,40	1,17	0,85	2,11
P12	18,40	0,41	1,18	0,85	2,09
P13	19,92	0,40	1,20	0,83	2,10
P14	20,63	0,40	1,18	0,85	2,13
P15	18,19	0,40	1,16	0,86	2,16
P16	19,60	0,39	1,18	0,84	2,14
P17	19,38	0,39	1,20	0,83	2,14
P18	19,42	0,39	1,23	0,82	2,08
P19	18,45	0,40	1,17	0,85	2,14
P20	18,82	0,40	1,18	0,85	2,15
P21	18,88	0,39	1,22	0,82	2,08
P22	18,67	0,39	1,17	0,85	2,17
P23	19,67	0,39	1,22	0,82	2,10
P24	19,00	0,40	1,15	0,87	2,18
P25	18,95	0,40	1,12	0,89	2,21
P26	19,11	0,41	1,19	0,84	2,05
P27	19,00	0,40	1,16	0,86	2,15
P28	18,67	0,40	1,19	0,84	2,12
P29	18,77	0,40	1,17	0,85	2,12
P30	20,25	0,39	1,21	0,83	2,14
P31	18,50	0,41	1,14	0,88	2,14
P32	19,75	0,40	1,17	0,85	2,14
P33	20,44	0,40	1,16	0,86	2,16
P34	20,17	0,40	1,15	0,87	2,17
P35	17,00	0,42	1,15	0,87	2,08
P36	19,50	0,41	1,18	0,85	2,06
P37	17,57	0,38	1,19	0,84	2,20
P38	19,00	0,40	1,17	0,85	2,14
P39	17,41	0,42	1,13	0,88	2,13
P40	19,15	0,40	1,15	0,87	2,15
P41	18,75	0,40	1,23	0,81	2,02
P42	19,46	0,41	1,18	0,85	2,07
P43	20,55	0,41	1,23	0,81	2,00
P44	19,00	0,41	1,21	0,83	2,02
P45	18,80	0,40	1,20	0,83	2,06
P46	19,17	0,39	1,21	0,83	2,13
P47	19,27	0,40	1,23	0,82	2,03
P48	17,31	0,39	1,22	0,82	2,08
P49	19,36	0,39	1,20	0,83	2,13
P50	19,17	0,41	1,16	0,87	2,11

Çizelge 4. Örneklerin metilen mavisi deney sonuçları.**Table 4.** Methylene blue test results.

Örnek Kodu	Örnek Kodu Akım yönünde	Deney Standardı	Deney sonucu (ml/gr)			Şartname Limiti (ml/gr)	Kullanılabilirlik
			Kaba	İnce	Filler		
A1	P1	TS EN 933-9	-	0,5	-	Maks. 1,5	Uygun
A2	P6	TS EN 933-9	-	0,75	-	Maks. 1,5	Uygun
A3	P14	TS EN 933-9	-	0,75	-	Maks. 1,5	Uygun
A6	P25	TS EN 933-9	-	1,0	-	Maks. 1,5	Uygun
A7	P28	TS EN 933-9	-	1,0	-	Maks. 1,5	Uygun
A8	P39	TS EN 933-9	-	4,0	-	Maks. 1,5	Uygun Değil
A9	P42	TS EN 933-9	-	3,0	-	Maks. 1,5	Uygun Değil
A10	P46	TS EN 933-9	-	3,5	-	Maks. 1,5	Uygun Değil
A11	P34	TS EN 933-9	-	0,5	-	Maks. 1,5	Uygun
A12	P50	TS EN 933-9	-	3,5	-	Maks. 1,5	Uygun Değil

Örneklerin Görünür Özgül Ağırlıkları

Kıyı sediman örneklerinin, TS EN 1097-6 (2013) standardına göre belirlenen zahiri özgül ağırlıkları Şekil 5’de verilmiştir. Referans olarak önceden Fırat Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Ulaştırma Laboratuvarı’nda karayolu malzemesi olarak denenmiş ve uygun olduğu belirlenmiş olan kalker türü agreganın zahiri özgül ağırlık değeri alınmıştır. Bu değer 2,618 gr/cm³ olarak bulunmuştur. Çalışmada kullanılan malzemelerle karşılaştırıldığında agregaların zahiri özgül ağırlıkları arasında önemli bir fark bulunmadığı tespit edilmiştir.

Elek Analizi Deneyi Bulguları

Çizelge 5’de, çalışılan tüm kıyı sediman örneklerinin dane boyutlarının 4,75 mm’den küçük olduğu, A6 ve A11 malzemelerinde filler malzemesinin (<0,075 mm) olmadığı dolayısıyla ince malzeme olduğu belirlenmiştir. A1, A2, A3 ve A7 gradasyonlarında ince agregayla birlikte killerden oluştuğu tespit edilmiştir. Kıyı sedimanlarının orijinal gradasyonlarına sadık kalınarak aynı gradasyona sahip karışım örnekleri hazırlanmıştır. Referans karışım olarak kırmataş agrega ve B 160/220 penetrasyon sınıfı bitüm kullanılarak Fırat Üniversitesi İnşaat Mühendisliği

**Şekil 5.** Örneklerin zahiri özgül ağırlıkları.

Figure 5. The apparent specific gravity of the samples.

Bölümü Ulaştırma ABD’nda önceden yapılmış bir yüksek lisans tezinde kullanılan karışımla aynı gradasyona sahip karışım numuneleri kullanılmıştır (Erdoğan, 2015). Yapılan çalışmada optimum bitüm içeriği %4,61 olarak bulunmuştur. Bitüm içeriğinin karışımların mukavemetine etkisini ortadan kaldırabilmek amacıyla bütün karışımlar aynı bitüm içeriğinde hazırlanmıştır.

Marshall Stabilite ve Akma Deneyi Bulguları

Söz konusu deneyler; Türk Standartları Enstitüsü ve bazı literatür çalışmaları kapsamında, BSK örneklerinin stabilite ve akma değerleri elde edilerek bunların ortalamaları hesaplanarak yapılmıştır (TS EN 12697-34, 2004; Alshamsi, 2006; Asphalt Institute, 1996). Çizelge 6’da stabilite-akma değerleri ve bunların ortalamaları görülmektedir. Şekil 6’da farklı agrega karışımlarıyla oluşturulan her bir BSK örneğine ait Karışım türü- stabilite ve Karışım türü- akma

grafikleri görülmektedir. Ayrıca Çizelge 7’de Karayolları Teknik Şartnamesi (KTSŞ) bitümlü sıcak karışım tasarım kriterleri görülmektedir. Çalışmada bitümlü sıcak karışım aşınma tabakası tasarım kriterleri dikkate alınmıştır. Çizelge 7’de görüldüğü üzere Marshall stabilite değerinin en az 900 kg olması gerekmektedir. Şekil 6a’da görüldüğü üzere bütün karışımların Marshall stabilite değeri 2300 kg’dan yüksek çıkmış dolayısıyla kullanılan bütün malzemeler stabilite şartname kriterlerini sağlamıştır. Özellikle A2 türü kıyı sediman örnekleri stabilite açısından kontrol karışımına göre çok yakın değerler vermiştir. Diğer kıyı sediman örneklerinin kullanılmasıyla stabilite değerlerinde az da olsa azalma meydana gelmiştir. Bunun nedeni; kontrol karışımında kırmataş kullanılmasından ötürü köşeliliğin fazla olmasıdır. Karayolları Teknik Şartname’ye göre akma değerleri; 2-4 mm arasında olmalıdır. Şekil 6b’de görüldüğü üzere bütün karışımlar akma şartname kriterlerini de sağlamıştır.

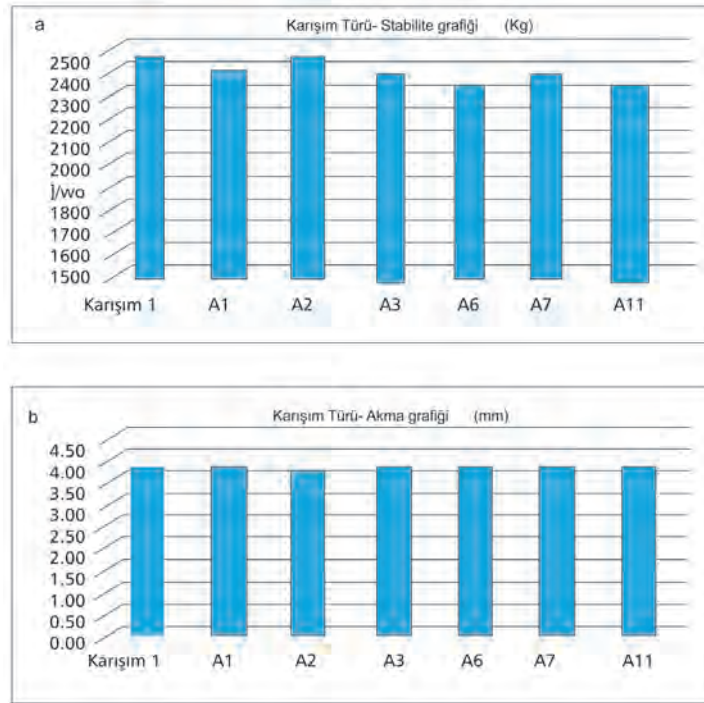
Çizelge 5. Kullanılan agrega türlerinin elek analizi sonuçları.

Table 5. The results of sieve analysis of the used aggregates.

Gradasyon	Elek Üzerinde Kalan Malzeme Miktarı (gr)						
Elek Boyutu (mm)	Karışım-1	A1	A2	A3	A6	A7	A11
19 (3/4'')	-	-	-	-	-	-	-
12,5 (1/2'')	55	-	-	-	-	-	-
9,5 (3/8'')	77	-	-	-	-	-	-
4,5 (No:4)	253	-	-	-	-	-	-
2,36 (No:8)	330	-	-	-	-	-	64
1,18 (No:16)	132	-	-	-	-	35	252
0,6 (No:30)	99	-	-	-	108	114	724
0,3 (No:50)	44	830	292	147	827	553	1322
0,15 (No:100)	22	843	694	450	545	628	288
0,075(No:200)	22	153	193	228	24	250	-
Filler	66	9	28	49		55	

Çizelge 6. BSK Örneklerinin hacimsel özellikleri ve Marshall deney sonuçları.**Table 6.** Volumetric properties and Marshall test results of the BSK samples.

Örnek No	Yükseklikler, Mm				Havada Ağırlık, g	Sudaki Ağırlık g	Doy.Yüz. Ağırlık g	Hacim cm ³	Hacim Özg. Ağırl. (mm)	Akma (kg)	Stabilite (kg)	Düzltn. Faktörü	Düzeltilmiş Stabilite (kN)	Marshall Oranı (MQ) (kN/mm)
	1	2	3	Ort.										
A1-1	63,36	63,27	63,35	63,33	1143,08	662,75	1148,50	485,75	2,353	3,89	2463	1,023	2519	6,25
A1-2	62,87	62,97	62,87	62,90	1144,27	664,09	1148,90	484,81	2,360	3,83	2316	1,034	2395	
A1-3	63,14	63,12	62,93	63,06	1146,89	664,46	1150,90	486,44	2,358	3,86	2263	1,030	2330	
A1ort									2,357	3,86			24,15	
A2-1	62,76	62,88	62,8	62,81	1145,94	665,50	1149,90	484,40	2,366	3,81	2453	1,036	2542	6,50
A2-2	62,86	62,98	62,81	62,88	1144,12	664,07	1148,00	483,93	2,364	3,86	2359	1,035	2440	
A2-3	62,83	62,84	62,86	62,84	1144,66	666,28	1148,85	482,57	2,372	3,78	2385	1,036	2470	
A2ort									2,367	3,82			24,84	
A3-1	63,17	63,17	63,04	63,13	1145,91	663,60	1149,40	485,80	2,359	3,81	2316	1,028	2381	6,20
A3-2	63,57	63,55	63,46	63,53	1146,50	664,64	1152,00	487,36	2,352	3,88	2315	1,017	2355	
A3-3	62,77	62,94	62,86	62,86	1147,29	666,83	1151,40	484,57	2,368	3,86	2344	1,035	2427	
A3ort									2,360	3,85			23,88	
A6-1	62,68	62,68	62,74	62,70	1146,07	665,00	1149,40	484,40	2,366	3,88	2313	1,039	2404	6,13
A6-2	62,65	62,71	62,63	62,66	1145,52	664,86	1148,90	484,04	2,367	3,80	2207	1,040	2296	
A6-3	62,91	62,79	62,89	62,86	1144,63	663,47	1148,80	485,33	2,358	3,89	2314	1,035	2395	
A6ort									2,364	3,86			23,65	
A7-1	62,57	62,56	62,58	62,57	1145,35	661,08	1145,20	484,12	2,366	3,84	2377	1,043	2479	6,17
A7-2	62,64	62,83	62,67	62,71	1144,03	664,84	1147,90	483,06	2,368	3,89	2354	1,039	2446	
A7-3	62,63	62,63	62,61	62,62	1143,71	664,40	1147,70	483,30	2,366	3,87	2155	1,041	2244	
A7ort									2,367	3,87			23,90	
A11-1	62,25	62,24	62,25	62,25	1142,28	665,42	1145,60	480,18	2,379	3,86	2357	1,052	2479	6,16
A11-2	62,37	62,25	62,47	62,36	1143,75	665,57	1147,00	481,43	2,376	3,78	2158	1,048	2263	
A11-3	62,17	62,25	62,22	62,21	1144,78	667,91	1148,60	480,69	2,382	3,88	2246	1,053	2364	
A11ort									2,379	3,84			23,68	

**Şekil 6.** BSK örneklerine ait karşım türü- stabilite (a) ve karşım türü- akma (b) grafikleri.**Figure 6.** The graphs show (a) mixture type stability, and (b) mixture type flow of the BSK samples.

Çizelge 7. Karayolları teknik şartnamesi bitümlü sıcak karışım dizayn kriterleri.

Table 7. Highways technical specification of bituminous hot mix design criteria.

Özellikler	Binder		Aşınma TİP-1, TİP-2		Aşınma TİP-3		Deney Standardı
	min.	maks.	Min.	Maks.	Min.	Maks.	
Briket Yapımında Uygulanacak Darbe Sayısı	75		75		75		TS EN 12697-30
Marshall Stabilitesi, kg	750	-	900	-	400	-	TS EN 12697-34
Boşluk, %	4	6	3	5	5	12	TS EN 12697-8
Asfaltla Dolu Boşluk, %	60	75	65	75	-	-	TS EN 12697-8
Agregalar Arası Boşluk, (VMA) %	13	15	14	16	-	-	TS EN 12697-8
Akma, mm (10 ² in)	2(8)	4(16)	2(8)	4(16)	2(8)	4(16)	TS EN 12697-34
Filler, Bitüm Oranı	-	1,4	-	1,5			
Bitüm (ağırlıkça, 100'e)	3,5	6,5	4,0	7,0	5,0	8,0	TS EN 12697-1
Sıkıştırılmış Bitümlü Karışımların Sudan Kaynaklanan Bozulmalara Karşı direnci, İndirekt Çekme Mukavemeti (İÇM) Oran, Min. %		80		80		80	AASHTO T 283
Tekerlek İzinde Oturma (30.000 devirde, 60°C'de), maks.%		-		8		-	TS EN 12697-22
Tekerlek İzinde Oturma (3.000 devirde, 60°C'de 5 cm kalınlığında numune), maks.%						7	TS EN 12697-22

Not: Tabakalar arası yapışma dayanımı TS EN 12697-48'e göre yapılabilecektir.

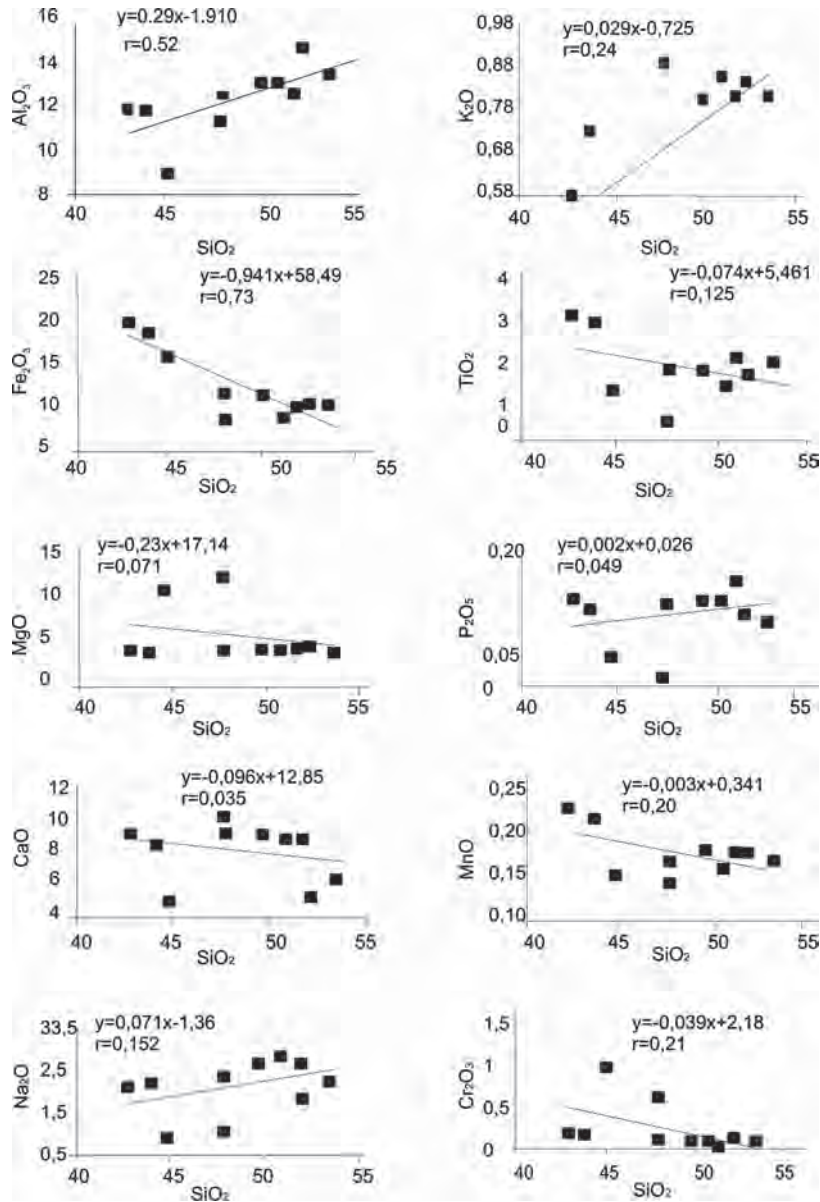
TARTIŞMA

Bu çalışma kapsamında, ana oksit bileşimleri arasında ve anaoksitler ile bazı iz elementler arasındaki korelasyon ilişkisi dikkate alındığında, SiO₂ ile Al₂O₃ (r= 0,52), SiO₂ ile K₂O (r=0,24) ve SiO₂ ile Na₂O (r=0,15) arasında orta - zayıf; Al₂O₃ ile Sr (r= 0,36), Al₂O₃ ile Y (r= 0,32), Al₂O₃ ile Ba (r=0,27) arasında ise zayıf pozitif korelasyonun varlığı görülmektedir (Şekil 7 ve 8). SiO₂'in K₂O ve Na₂O ile pozitif korelasyon ilişkisi göstermesi, ancak CaO ile aynı ilişkinin görülmemesi sedimanların bileşimi üzerinde kısmen feldispatların ve Na'lu plajiyoklasların ayrışma oranlarının, karbonat kayaçlar ve Ca'lu plajiyoklaslardan daha etkili olduğunu göstermektedir. Ancak Al₂O₃ ile Sr arasındaki pozitif korelasyon, Sr'un kil boyu malzemede yüksek olduğu fikrini desteklemektedir (Hossain vd., 2014). Al₂O₃ ile K₂O (r=0,54) pozitif korelasyon ilişkisinin, SiO₂ ile K₂O (r=0,24) ilişkisinden daha yüksek olması sedimanlardaki major element bileşiminin k-feldispat kontrolünde olduğunu göstermektedir. Örneklerdeki Na₂O

içeriği %0,88 ile 2,87 arasında değişmektedir. Bu değer üst kıtasal kabuk (UCC: 3,50) ve Arken Sonrası Avustralya Şeylleri (PAAS:1,20) ile karşılaştırıldığında UCC'ye göre tüketilmiş ancak PAAS'a benzerlik gösterdiği anlaşılmaktadır. K₂O değerleri, %0,58 ile 0,89 arasında değişmektedir. K₂O içeriğinin UCC (%3,44) ve PAAS (%3,70) göre oldukça düşük oranda olduğu görülmektedir. Bu durum sedimanların K₂O açısından tüketilmiş olduğuna işaret etmektedir (Condie,1993; Taylor ve McLennan, 1985, Hossain vd., 2014). SiO₂/ Al₂O₃ (3,88) kuvars oranının, feldispat oranından düşük olduğunu göstermektedir (Potter,1978). Na₂O/ K₂O (3,03) sedimanların olgunlaşma derecesinin yüksek olduğuna işaret etmektedir (Pettijohn vd., 1972; Roser ve Korsch, 1986; Fedo vd., 1995; Paikaray vd., 2008). P₂O₅ (%0,11) değerlerinin, UCC (%0,17) ve PAAS (%0,16) değerlerinden düşük olması apatit ve diğer aksesuar minerallerinin sedimanlar içerisinde az bulunmasından kaynaklanmış olmalıdır (Condie, 1993). Şekil 8, Al₂O₃ ve Y arasındaki

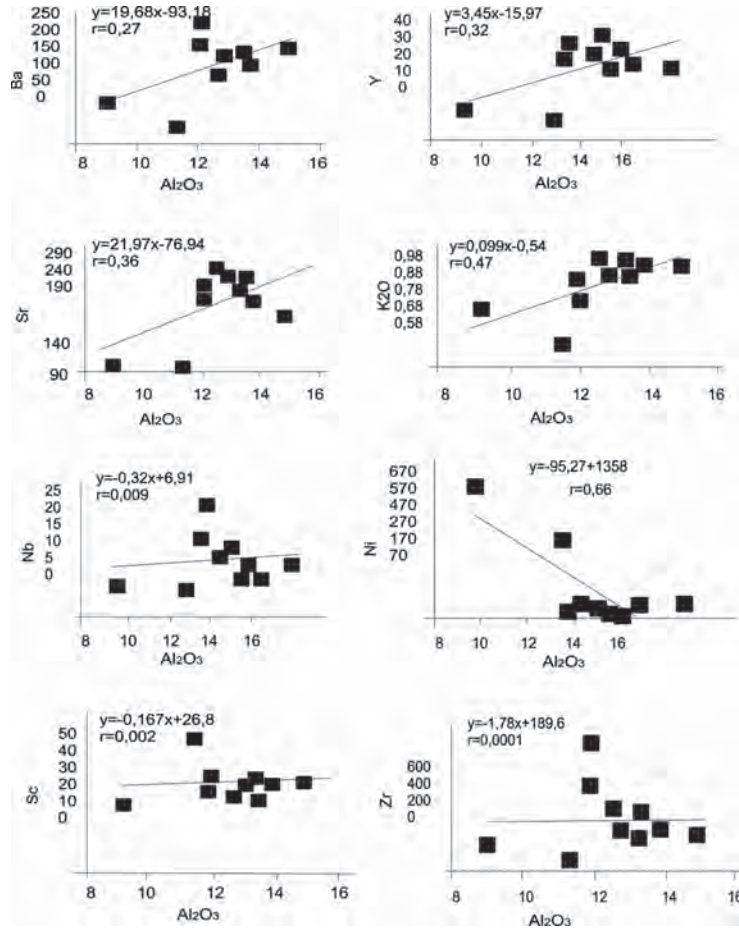
pozitif korelasyon ilişkisi ($r=0,32$) kil mineralleri içerisinde Y'un kısmen zenginleşmiş olabileceğini düşündürmektedir. Al_2O_3 ile Zr arasındaki korelasyon, Zr'un sedimanlar içerisinde daha çok asidik bileşimli kayalardan kaynaklanabileceğini, ancak aşınmaya karşı dirençli olmasından dolayı, iri daneli sedimanlardaki bolluk oranının ince danelilere göre, daha fazla olabileceğini düşündürmektedir (Kalender ve Aytimur, 2016). Diğer iz elementlere oranla Al_2O_3 ile Ba arasındaki pozitif korelasyon; Ba'un ince daneli minerallerde, adsorbsiyon- sonucu, nehir suyu ile kolaylıkla ayrışabileceğini göstermektedir. Bu durum, Roy ve Roser, (2012) tarafından belirtilen hidrolik ayırılma yoluyla olmalıdır. Ortalama TiO_2 (%1,86) değerlerinin Şekil 9'da UCC (%0,5) ve PAAS (%1) değerlerinden yüksek olması kaynak kayacın daha çok mafik bileşimli olduğuna işaret etmektedir (Hossain vd., 2014). Çalışma konusunu oluşturan Palu-Keban Barajı arası Holosen Fırat Nehir sedimanlarının ana element bakımından Fe_2O_3 , MgO, CaO ve TiO_2 UCC'ye göre zenginleştiği ancak, SiO_2 , Al_2O_3 , Na_2O , P_2O_5 bakımından ise tüketildiği görülmektedir (Şekil 9). Sadece Na_2O bakımından PAAS normalizasyon değerinin >1 olduğu görülmektedir. Kimyasal olarak değerlendirilen örneklerin ana oksit içerikleri dikkate alındığında sözkonusu nehir sedimanlarının sublitaranit (A8, A7, A6 ve A5) ve feldispatlı litaranit (A1, A2, A3, A4, A9, A10) olarak adlandırılabilirliği belirlenmiştir (Şekil 10). A8 nolu örnek şeyl alanına düşmekte diğer örnekler ise kalk-alkalin granit (CAS) özelliği göstermektedir (Şekil 11). Wronkiewicz ve Condie (1987), sediman kimyası üzerinde tektonik aktivetelerin yanı sıra iklimsel özelliklerin etkili olduğunu ve ılık ve yağışlı iklimin kaynak kayaların kimyasal ayrışmasını

artırdığını belirtmektedir. Şekil 12 çalışma alanı içerisinde alınan sediman örneklerinin, kurak ve yarıkurak iklim koşullarında depolandığını göstermektedir. Hossain vd. (2014)'e göre, yüksek Sr değerleri kaynak alanının ayrışma derecesini belirlemektedir. Bu durum dikkate alındığında, A8 (90 ppm), A7(105 ppm) ve A9 (185 ppm) en düşük Sr değerleridir ve bu noktalarda en düşük dereceli kaynak kayac ayrışmasının varlığından söz etmek mümkündür. Diğer örneklerin Sr içeriği 206-251 ppm arasında değişmektedir ve kaynak kayac ayrışma derecesinin bu noktalarda arttığı söylenebilir. A8 nolu sublitaranit örneğinin düşük Fe_2O_3 , P_2O_5 , MnO, TiO_2 , Y ve Nb ile yüksek MgO, CaO, yüksek Cr_2O_3 ve Ni değerleri bu nehir sedimanının, asidik bileşimli kayalardan çok bazik bileşimli kayaların etkisinde kaldığını göstermektedir. $K_2O/Na_2O <1$ ve $Al_2O_3/TiO_2 <6$ oranları kuvars içeriğinin düşük olduğu sedimanlara işaret etmektedir (Keskin, 2011; Hossain, vd., 2014). A7 örnek noktasında, düşük Al_2O_3 %9,12 ve yüksek MgO içeriği %11,04 sedimanlar içerisinde bazik kayac ayrışma etkisinin yüksek olduğunu düşündürmektedir. A8 nolu örnekte Al_2O_3 (%11,41) ve MgO (%12,84) içeriği bu örnekte kil oranının arttığını ve bazik kayac ayrışma ürünlerinin katkısının hala devam ettiğini düşündürmekte, ancak A10 ve A11 nolu örneklerde sırasıyla %14,81 ve %13,69 olan Al_2O_3 içeriği kil oranının giderek arttığına işaret etmektedir. Bu durum, neredeyse Doğu Anadolu Fay Zonu üzerinden alınan nehir sediman örneğinin, kimyasal bileşimi üzerinde fay zonu boyunca hareket eden yüzey sularının bolluk oranları ve taşıyabilecekleri iyon yük kapasitelerinin yüksek olması nedeniyle, diğer örneklerden ayrılması gerekliliğini düşündürmektedir.



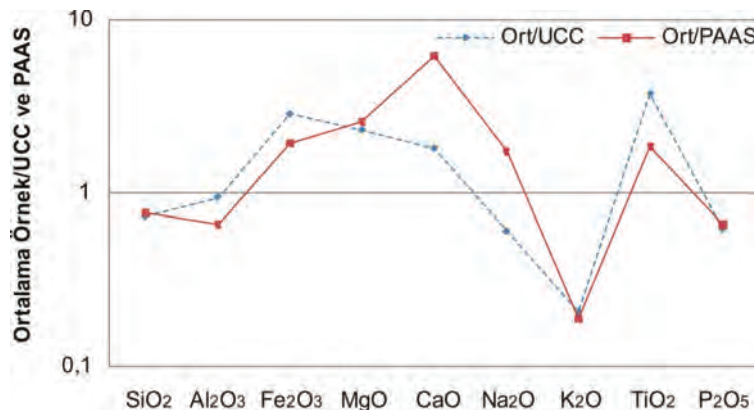
Şekil 7. Bazı ana oksitler arasındaki regresyon ilişkisi.

Figure 7. Regression relationship between some of the major oxides.



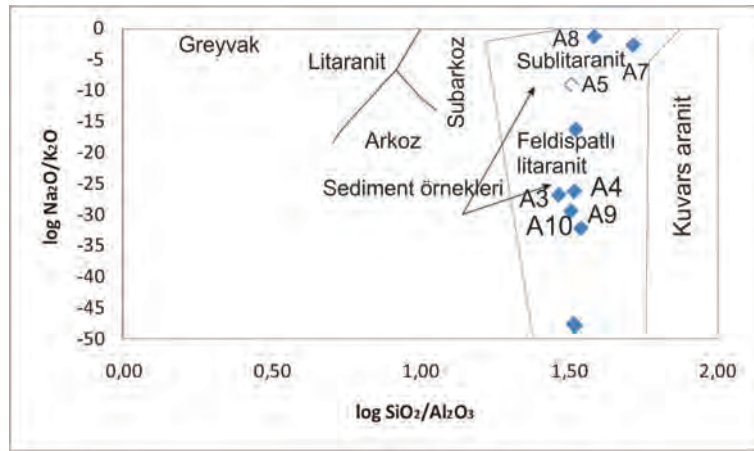
Şekil 8. Bazı ana oksit ve iz elementler arasındaki regresyon ilişkisi.

Figure 8. Regression relationship between the major oxides and some trace elements.



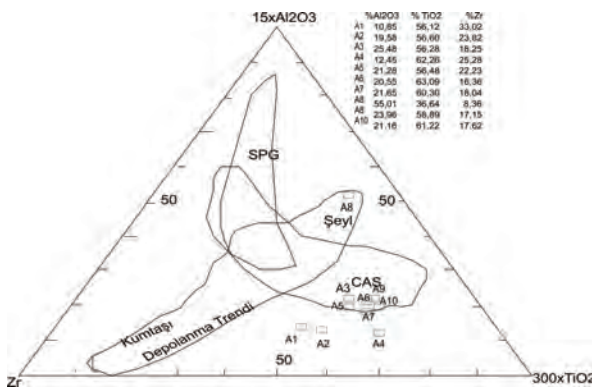
Şekil 9. Ortalama ana oksit değerlerinin UCC ve PAAS değerlerine göre normalize diyagramı (Üst Kıtasal Kabuk (UCC) ve Arken Sonrası Avustralya Şeylleri (PAAS) değerleri Taylor ve McLennan,1985'den alınmıştır).

Figure 9. Normalized diagram; The average values of the major oxides were normalized to UCC and PAAS values (UCC and PAAS (Upper Continental Crust and Post Archean Australian Shales) values taken from Taylor and McLennan,1985).



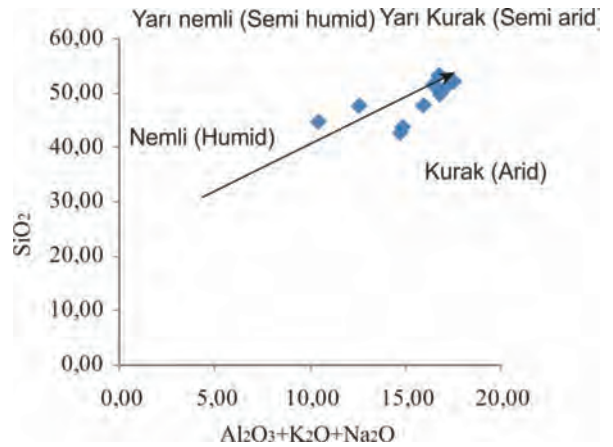
Şekil 10. Holosen sedimanların $\log \text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$ ve $\log \text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ oranına göre jeokimyasal sınıflaması (Diyagram Pettijhon vd. 1972’den alınmıştır).

Figure 10. Geochemical classification of the studied Holocene sediments according to $\log \text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$ and $\log \text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ ratios (Diagram taken from Pettijhon et al., 1972).



Şekil 11. İncelenen sediman örneklerinin hesaplanmış $15*\text{Al}_2\text{O}_3-\text{Zr}-300*\text{TiO}_2$ değerlerine göre çizilen diyagram, CAS: Kalk-alkalin granit alanı; SPG: per alüminyum granit alanı (Garcia vd. 1994).

Figure 11. Diagram was drawn according to calculated $15*\text{Al}_2\text{O}_3-\text{Zr}-300*\text{TiO}_2$ values. CAS: Calc-alkaline suites field; SPG:strongly peraluminous granite field (Garcia et al., 1994).



Şekil 12. Holosen sedimanlarının depolanması sürecinde paleoklimsel koşulların SiO_2 ve $\text{Al}_2\text{O}_3+\text{K}_2\text{O}_3+\text{Na}_2\text{O}$ içeriklerine göre sınıflandırılması (Suttner ve Dutta, 1986 diyagramı üzerine çalışma alanı verileri eklenmiştir).

Figure 12. The classification of Holocene sediments according to SiO_2 and $(\text{Al}_2\text{O}_3+\text{K}_2\text{O}_3+\text{Na}_2\text{O})$ contents to discriminate paleoclimatic condition during the deposition of the studied sediments (Data were added on diagram from Suttner ve Dutta, 1986).

Fırat Nehri sedimanlarının kimyasal bileşimini etkileyebilecek en önemli litolojik birim, inceleme alanı içerisinde yer alan Üst Miyosen-Pliyosen yaşlı Çaybağı Formasyonu olmalıdır. Zira bu birim, kırmızı renkli konglomeralar, andezit, bazalt, kumtaşı ve kireçtaşı çakıllarından oluşmuştur. Bunların büyük çoğunluğunu volkanik kökenli çakıllardır. Bu durum, kurşun izotop bileşim oranları ile desteklenmiş görülmektedir. Çaybağı Formasyonu, yüksek oranla, Doğu Anadolu Fay Zonu'nun hem kuzey hem de güneyinde yüzeyleyen Orta Eosen yaşlı Maden Karmaşığının ayrışma ürünü olmalıdır. Pliyo-Kuvaterner yaşlı Palu Formasyonuna ait çakılların, Elazığ Magmatitlerinin volkano-sedimanter birimleri ve Kırkeçit Formasyonundan kaynaklanmış olduğu ve andezit, bazalt, kumtaşı ve kireçtaşlarından oluştuğu belirtilmektedir (Kerey ve Türkmen,1991). Çalışma alanının batısına doğru Fırat Nehri akım yönü boyunca volkanik ayrışma ürünlerinin katkısını artırmış olmalıdır. Bununla birlikte, Doğu Anadolu Fay Zonu'nun güney batısı ve Keban Baraj Gölünün güneyinde yüzeyleyen Maastrichtiyen-Alt Eosen yaşlı Hazar Grubu, Guleman ofiyolitlerinden türemiş gabro, serpantin ve bazaltlardan oluşan yarı yuvarlaklaşmış, eliptik şekilli, kırmızı-kahverenkli çakıltaşlarından oluşmuş olup, ayrışma ürünlerinin Fırat Nehir sedimanlarına katkıda bulunmuş olabileceği düşünülmektedir.

Şekil 13'de Cicchella vd. (2016) tarafından, İtalya'daki zirai topraklardan elde edilen $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ ve $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ verilerine dayanılarak çizilen jeojenik ve antropojenik regresyon doğruları üzerinde bu çalışmadan elde edilen veriler yorumlanmaya çalışılmıştır. Grafik üzerinde; Pb'nin kaynağı olarak, büyük çoğunlukla jeojenik (doğal köken) ancak az oranda antropojenik olmak üzere iki uç üye arasında dağılımının varlığı görülmektedir. Şekil 14'de ise, Cicchella vd. (2008) tarafından üretilmiş $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 'ye göre $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ kurşun izotopik bileşim oranlarına göre çizilen regresyon doğruları üzerinde,

Fırat Nehri sediman örneklerine ait Pb izotop bileşim oranlarının dağılımı görülmektedir. Bu diyagram ile sadece jeojenik ve antropojenik etki ortaya konulurken; Şekil 15'de, Pb izotop bileşimleri yardımı ile kurşunun kaynağını belirlemek mümkün olmaktadır. Grafik; Kentsel/Endüstriyel alanlardaki aerosol kaynaklı kurşun ($^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}=1,13-1,18$) ile volkanik ve sedimanter kayaç kaynaklı doğal kurşun ($^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}=1,20-1,22$) alanlarını göstermektedir (De Vivo vd. 2001). Özellikle, çalışılan nehir sediman örneklerinin, $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ ($=1,20-1,21$) oranları dikkate alındığında, P2, P4, P13, P17, P30, P43, P44, P46 ve P49 kodlu örnek noktalarında nehir sedimanlarının daha çok mafik volkano-sedimanter kayaçlardan gelen doğal kurşun değerleri aralığında olduğu belirlenmiştir (Şekil 15). Çalışılan sediman örneklerinin tamamı $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ ve $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ oranları bakımından değerlendirildiğinde; Endüstriyel alan içerisine sadece üç örneğin düştüğü görülmektedir [P3: 1,16 ila 17,71; P15: 1,16 ila 18,19 ve P25: 1,12 ila 18,95]. Endüstriyel etkinin en fazla olduğu P25 kodlu örnekte, en düşük $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ (1,12), maksimum $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ (0,89) ve $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ (2,21) oranları tespit edilmiştir. Şekil 16a'da, farklı kurşun izotop bileşim değeri ve oranlarının Fırat Nehri akım yönü boyunca değişimi izlenmektedir. Şekil 16b'de, aynı örnek noktalarındaki $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ oranı dağılımı görülmektedir. Bu oran dikkate alındığında, P9, P17, P21, P23, P30, P41, P43 ve P47 nolu örnekler $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}>1,20$ değerleri işaret etmektedir. Bu nedenle, volkanik kayaçların ayrışma etkilerinin bu örnek noktalarında yüksek olduğunu söylemek mümkündür. Volkanik malzeme katılım noktalarında, Pb bileşim değerlerinin nispeten düşük olduğu görülmektedir (Şekil 16 a, b). Pb izotop bileşim oranları dikkate alındığında, örnek lokasyonlarının bu oranlar üzerinde etkili olduğu ve sedimanlardaki iz element bileşimlerinde bu durumdan etkilendiği anlaşılmaktadır. P39 nolu örnekte; $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}=1,13$ ' kadar düşmesinin nedeni; sadece litolojinin

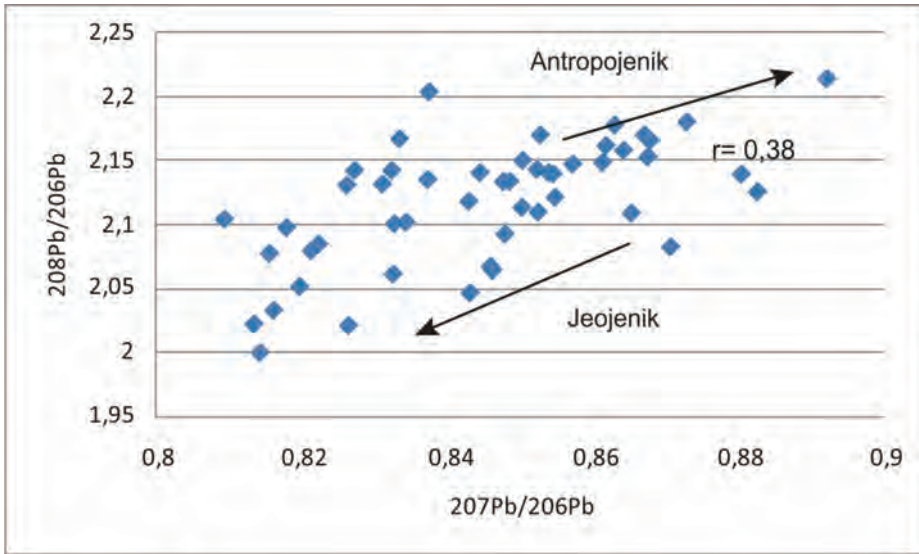
değil aynı zamanda, tektonik hat boyunca, nehir yatağına karışan suların da izotop kimyası üzerinde etkili olduğunu göstermektedir. Özellikle bazı örnek lokasyonlarında, (A25) (37580088 D ve 4282415 K) no.lu örnekte izlendiği gibi, $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ (0,87281) ve $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ (2,17982) izotop bileşim oranları, antropojenik alan içerisinde yer almaktadır. Çalışma alanı, Neolitik ve Erken Bronz çağında yukarı mezapotamya alanı içerisinde yer almaktadır. Palu Kalesinin hemen güneyinde yer alan Fırat Nehri bu dönemlerde eski medeniyetlerin (Urartu Krallığı) yaşam alanlarını oluşturması nedeniyle, çeşitli metal atıklarının ayrışması ve oksidasyonundan etkilenmiş olmalıdır. Zira yukarı Fırat Havzasından elde edilen Cu-As alaşımlı kraliyet araç gereçlerinde saptanan Pb izotop oranları $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ (0,8404) ve $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ (2,0690) bu fikri desteklemektedir (Frangipane vd., 2001; Palmieri vd. 2002). Buna ilaveten P25 kodlu örnek lokasyonunun hemen güneyinde yüzlek veren Gulemen Ofiyolitleri içerisinde bulunan eski dönemlerdeki krom madenciliğinden kaynaklı pasaların ayrışması ve nehir sedimanları içerisine taşınması antropojenik etkiye sebep olmuş olabilir. Genel olarak kurşun izotop bileşim oranları ($^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ ve $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$) örneklerin büyük çoğunluğunun doğal kökenli (Jeojenik) olduğunu göstermektedir (Cicchella vd., 2016; Monna vd., 1999; Teutsch vd., 2001; Ayuso vd.1998; Gilg vd., 2001 ve Somma vd., 2001).

Fiziko-mekanik deneyler ile kıyı sedimanlarının, beton hammadesi olarak ve BSK (bitümlü sıcak karışım) üretiminde agrega olarak kullanılabilirliği araştırılmıştır. Bunun için öncelikle nehir sedimanlarının zararlı kil mineral miktarlarını tespit etmek amacıyla metilen mavisi deneyi uygulanmıştır. Bunun sonucunda Nehir akım yönü boyunca P39 (A8), P42 (A9), P46 (A10) ve P50 (A12) kodlu örneklerin yüksek oranda kil içerdiği ve görünür özgül ağırlık ve karışım türü stabilite deneyleri için kullanılmayacağı anlaşılmıştır. Bu durum fay zonunun nehir suyu

döngüsünde etkili olduğunu göstermektedir. Su sirkülasyonunun artması ile çözülmesi olarak taşınabilecek süspansiyon madde miktarının da artabileceği ve bu yüzden sedimanlardaki kil oranının artabileceği düşünülmektedir. Bir nolu örnek lokasyonunda nehir yatağının eğiminin düşük ve akımın yavaş olması enerjinin azlığına ve kum boyu malzemenin kaynağa yakın ortamlarda depolandığına işaret etmektedir, ancak kil boyu malzemenin P39 nolu örnek noktasından sonra arttığı belirlenmiştir. Söz konusu örnekler dışında agrega olarak kullanılmaya uygun olan (6 çeşit) malzemeler seçilerek elek analiziyle gradasyonları tespit edilmiştir. A1, A2, A3 ve A7 nolu örneğin gradasyonlarının ince agregalı olduğu belirlenmiştir. Elde edilen BSK örneklerinin hacimsel özellikleri belirlenerek örnekler, TS EN 12697-34 standardı ve Çolak (2006)'ya göre, Marshall stabilite ve akma deneyine tabi tutulmuş ve örneklerin akma deney sonuçlarının 6,13 ila 6,50 kN/mm arasında değiştiği belirlenmiştir. Buna göre Fırat Nehir sedimanlarının karışım türü stabilite değerleri, >2300 Kg olarak ve görünür özgül ağırlıkları ise 2,6 gr/cm³ olarak belirlenmiştir. Bu çalışma, P1 nolu örnek noktası ile P 39 nolu örnek noktası arasında bulunan Fırat Nehir sedimanlarının; alınıp kullanılabilirliği uygun bulunan ve asfalt karışımında agrega olarak değerlendirilen malzemelerin tamamının BSK'larda kullanılması durumunda şartname ve çeşitli araştırmalarca kabuledilen kriterleri sağladığı belirlenmiştir (Lavin, 2003; Mc Gennis vd. 1995; Yılmaz ve Kök, 2008; Zoorob ve Suparma, 2000). Her bir karışım türü referans karışımıyla karşılaştırıldığında stabilite değerlerinde genel bir düşüş görülmesine rağmen bu azalmanın şartname kriterleri içinde kaldığı belirlenmiştir. Aynı şekilde akma değerlerinde de genel bir artış izlenmiş fakat bu artışın da yine şartname kriterlerini sağladığı görülmüştür. Bu sonuçlar, farklı bölgelerden alınarak BSK'larda kullanılabilirliği araştırılan agrega malzemelerinin, asfalt yol sektöründe inşaat malzemesi olarak

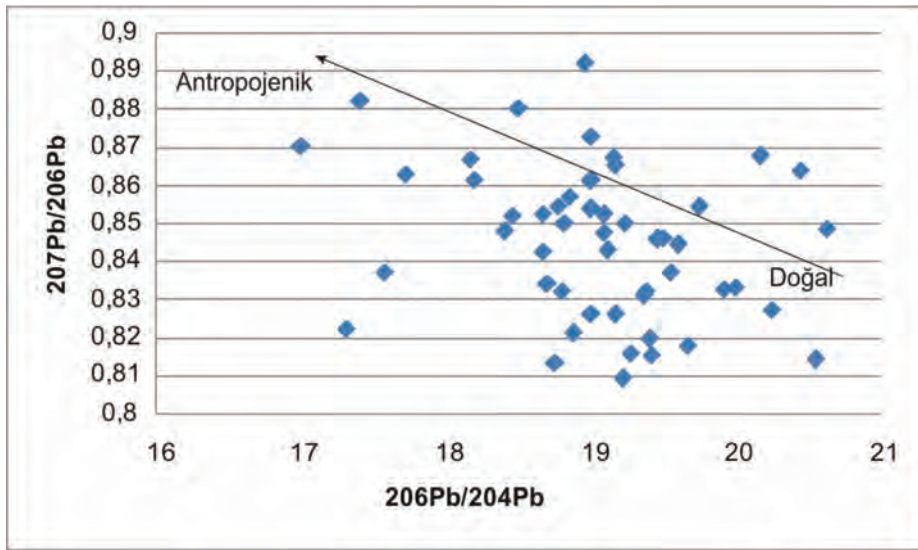
kullanımının stabilite ve akma açısından da uygun olduğunu ortaya çıkarmıştır. Bu çalışma ile örneklerin optimum bitüm içeriğinin %4,61 olduğu belirlenmiştir. Bu çalışma, Fırat Nehri kıyı sedimanlarının beton agrega hammaddesi olarak kullanılabilirliğini ortaya koymaktadır. Çalışmada kullanılan sedimanların optimum bitüm içeriği

inşaat sektöründe kullanılmaya elverişlidir. Ancak söz konusu sedimanların, karayolu sektöründe bitümlü sıcak karışım üretiminde kullanılabilirliğinin tamamen belirlenebilmesi için "İndirekt Çekme Mukavemeti Oranı (İÇM) ve Tekerlek İzinde Oturma" deneylerinin de bu çalışmaya ek olarak yapılması gerekmektedir.



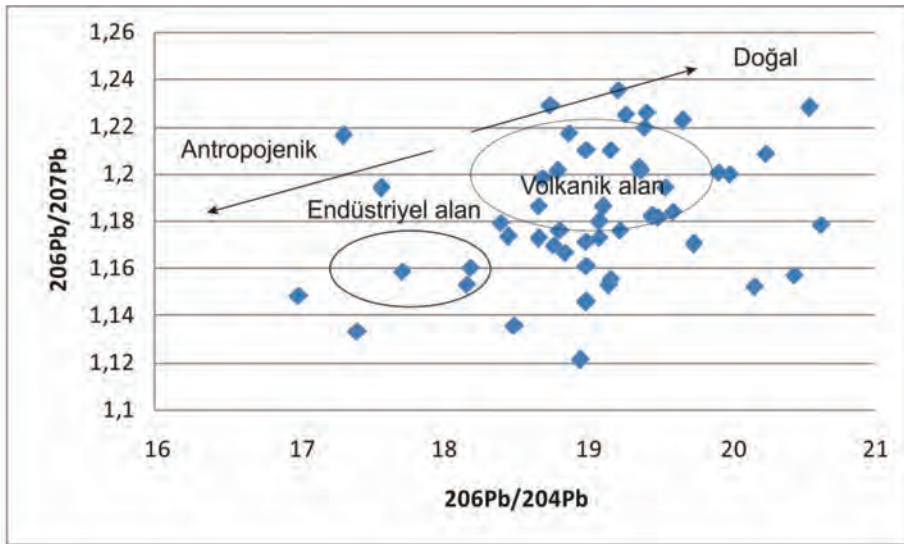
Şekil 13. İncelenen sedimentlerin $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ ve $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ izotopik bileşim oranlarının grafik üzerindeki dağılımı. Jeojenik ve antropojenik doğrular, Cicchella vd. (2015), Teutsch vd. (2001), Ayuso vd. (1998) Gilg vd. (2001), ve Somma vd. (2001) tarafından belirlenmiştir.

Figure 13. Diagram showing $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ and $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ isotope composition ratios of the studied sediment samples. Geogenic and anthropogenic fields were determined by Cicchella et al. (2015), Teutsch et al. (2001), Ayuso et al. (1998) Gilg et al. (2001), and Somma et al. (2001).



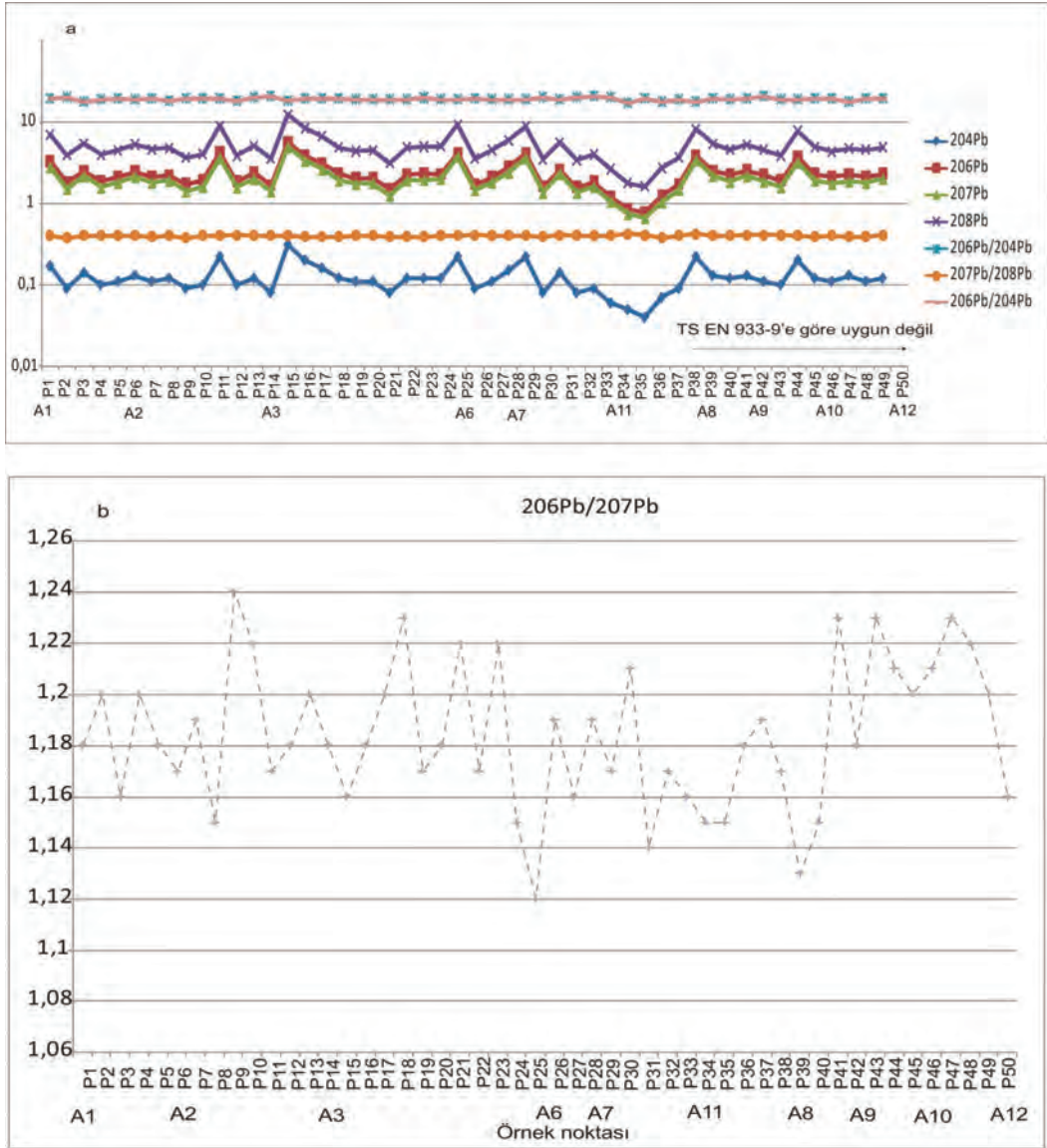
Şekil 14. $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 'ye göre $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ kurşun izotopik bileşim oran diyagramı (antropojenik ve doğal alanlar Cicchella vd., 2008'den alınmıştır). Diyagram üzerinde çalışılmış örnekler gösterilmiştir (◇ mavi renkli).

Figure 14. Diagram shows $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ and $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ isotopic composition ratio of the studied samples (◇ blue color); (Diagram taken from Cicchella et al., 2008).



Şekil 15. $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ ve $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ izotop oran diyagramı (volkanik, endüstriyel, antropojenik ve doğal alan sınırları De vivo vd., 2001'dan alınmıştır); (incelenen sediment örnekleri: ◇ mavi renkli).

Figure 15. Diagram showing $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ and $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ isotope composition ratio (volcanic, industrial, antropogenic and natural fields from De vivo et al., 2001); (studied sediment samples: ◇ blue color).



Şekil 16. Fırat Nehri akım yönü boyunca Pb izotop dağılımı ve fiziko-mekanik deney örnek noktaları (A1'den A12'ye).a: ^{204}Pb , ^{206}Pb , ^{207}Pb ve ^{208}Pb ile izotop oranlarının örnek noktalarına göre dağılımı.b: $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ nin örnek noktalarındaki dağılımı.

Figure 16. Distribution of the Pb isotope and physico-mechanical test sites (from A1 to A12). a: Distribution of ^{204}Pb , ^{206}Pb , ^{207}Pb , ^{208}Pb and those of ratios at the sample sites. b: Distribution of $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ at the same sample sites.

SONUÇLAR

Palu-Keban Baraj gölü arası Fırat Nehir sedimanlarının kimyasal özellikleri ve endüstriyel alanda kullanılabilirliğinin araştırılmasına yönelik bu çalışma ile;

1. Fırat Nehir sedimanlarının kimyasal bileşim sınıflamasına göre sub-litaranit ve feldispatlı litaranit olarak adlandırılabilceği belirlenmiştir.
2. Fırat Nehri akım yönü boyunca alınan sediman örneklerinin kimyasal özelliklerinin yerel litolojik birimlerin ayrışmasının doğal sonucu olduğu ve antropojenik etkilerin sediman kimyası üzerinde etkili olmadığı düşünülmektedir.
3. Ortalama $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}=1,205$ değeri kıyı sedimanlarının daha çok volkano-sedimenter kayalardan gelen doğal kurşun değerleri aralığında olduğuna işaret etmektedir. Genel olarak tüm kurşun izotop bileşim oranları ($^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ ve $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$) örneklerin büyük çoğunluğunun doğal kökenli (jeojenik) olduğunu göstermektedir.
4. Doğu Anadolu Fay Zonu yakınından alınan sediman örneğinin kimyasal özelliklerinin diğer örnek noktalarından farklı olduğu ve bu noktada yüzeysel su sirkülasyonunun, süspansiyon madde içeriğini artırarak sedimanlardaki kil boyu malzemenin çökelimini artırdığı düşünülmektedir.
5. Bu durum, metilen mavisi deneylerle saptanmış olup, Doğu Anadolu Fay Zonu'ndan ve ondan sonraki takip eden noktalardan alınan sediman örneklerinin kil içeriğinin yüksek olmasından dolayı diğer deneylerin (Özgül ağırlık, gradasyon, Marshall satabilite ve karışım türü stabilite deneyleri) bu örnekler (P39, P42, P46 ve P50) üzerinde yapılmaması gerekliliğini göstermiştir.
6. Fiziko-mekanik deneyler Fırat Nehir kıyı sedimanlarının; görünür özgül ağırlıklarının

2,6 gr/cm³, optimum bitüm içeriğinin %4,6, karışım türü stabilite değerlerinin >2300 kg olduğunu göstermektedir.

7. Elde edilen tüm sonuçlara göre P39 nolu örnek noktasından önce, yani Palu'dan başlayarak Keban Baraj gölü Doğu Anadolu Fay Zonu'na kadar alınan tüm nehir kıyı sediman örneklerinin, agrega olarak hem beton hem de asfalt hammadresi olarak inşaat sektöründe kullanımının stabilite ve akma açısından uygun olduğu ortaya çıkmıştır.

KATKI BELİRTME

Bu çalışma, Fırat Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Destekleme Birimi tarafından MF14.31 Nolu Proje kapsamında desteklenmiştir. Yazarlar makalenin yayına hazırlanması aşamasında, katkı sağlayan, hakemler Prof. Dr. T. Nilgün Güleç ve Prof. Dr. Cahit Helvacı'ya yapıcı katkı ve önerilerinden dolayı ayrıca Doç.Dr. Levent Mesci'ye harita çizimlerine yaptığı katkılar için teşekkür ederler.

EXTENDED SUMMARY

The present study deals with the geochemical characteristics of the Holocene sediments, including determination of the source rocks, degree of chemical weathering, sorting processes and behavior of redox conditions during deposition of the sediments. The study yields important information about the composition, tectonic setting and usability as an industrial raw material of the Euphrates River bank sediments. The Holocene sediments show same variation in the major element and Pb isotope compositions along the Euphrates River flow direction. Geochemical classification of the Fırat River bank sediments show mainly sub-litharenite and felspar litharenite. Pb isotope ratios show that the natural weathering of the local lithologic unites is to be more effective on the river sediment

chemistry than anthropogenic effects. Average of $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}=1,205$ ratio of the river sediments shows that the sediments are mostly between natural lead values which come from volcano-sedimentary rocks. The geochemical data suggest mainly mafic provenance for the river sediment compositions. The characteristic source rocks are represented by Plio-Quaternary Palu Formation, Upper Miocene Çaybağı Formation, and Upper Cretaceous Elazığ Magmatic rocks. The sediments might have been derived essentially from the mafic igneous rocks (primary source rocks; Guleman Ophiolite, Elazığ Igneous rocks and Maden Complex). Sediment samples having high abundance of Cr and Ni were most likely to be contributed from a mafic provenance, like Cr-spinel rich ophiolite source from Guleman Ophiolites. Çaybağı Formation might be considered as secondary source rock of the major and trace elements within Euphrates River sediments. Physico-mechanical experiments show that the sediments of the Fırat River have 2,6 gr /cm³ specific weight, 4,6 % optimum bitumen content and 2300 kg composite stability value is. The sample sediment (P39) taken from the east side of the East Anatolian Fault Zone has different chemical features from the other samples. The sample sites from P39 to P50 have physical-mechanical features of clay size fraction due to the superficial water circulation within fault zone and the increase of clay mineral sedimentation because of abundance of suspension matter within the river water. According to the results, all sediment samples taken from the sample site P1 to P39 (East Anatolian Fault Zone) are suitable as aggregate within both cement and asphalt raw materials in construction industry in terms of stability and fluxing.

DEĞİNİLEN BELGELER

- Akkan, E., 1972. Elazığ ve Keban Barajı çevresinde coğrafya araştırmaları. Coğrafya Araştırma Dergisi, 5(6), 175-214.
- Aksoy, E., 1993. Elazığ batı ve güneyinin genel jeolojik özellikleri. Türkiye Yerbilimleri Dergisi, 1 (1), 113-123.
- Alshamsi, K.S., 2006. Development of a mix design methodology for asphalt mixtures with analytically formulated aggregate structures, Doctor of Philosophy in The Department of Civil and Environmental Engineering, Louisiana State University, United Kingdom, 226s.
- Asphalt Institute, 1996. Superpave mix design, Superpave Series No. 2 (SP-2), USA, 128s.
- Ayuso, R.A., De Vivo, B., Rolandi, G., Seal, R.R. Iı ve Paone, A., 1998. Geochemical and isotopic (Nd-Pb-Sr-O) variation bearing on the genesis of volcanic rocks from Vesuvius, Italy. Special issue, Vesuvius. Journal of Volcanology and Geothermal Research, 82, 53-78.
- Başar, H.M. ve Aksoy N.D., 2012. The Effect of Waste Foundry Sand (WFS) as Partial Replacement of Sand on the Mechanical, Leaching and Microstructural Characteristics of Ready-Mixed Concrete, Construction and Building Materials, DOI:10.1016/j .conbuildmat. 2012 .04. 078).
- Beare, M.H., Cabrera, M.L., Hendrix, P.F. ve Coleman, D.C., 1994. Aggregate-Protected and Unprotected Organic Matter Pools in Conventional and No-Tillage Soils. Soil Sci. Soc. Am. J. 58:787-795.
- Bingöl, A.F. ve Aydoğdu, S., 1994. Dutköy (Elazığ) yöresi Magmatit kayaçlarının Petrografik ve jeokimyasal özellikleri. Ç.Ü. Mim. Fak., 15. Sempozyum Bildirileri, Adana, 199-213.
- Bingöl, A.F. ve Beyarlan, M., 1996. Elazığ Magmatitleri'nin jeokimyası ve petrolojisi. (Korkmaz, S., Akçay M. editörler), 30. Yıl Sempozyumu bildirileri, KTÜ, Trabzon, 208-227.
- Beyarlan, M., Bingöl, A.F., 2014. Petrology of the Ispendere, Kömürhan and Guleman ophiolites (southeast Turkey): subduction initiation rule (SIR) ophiolites and arc related magmatics. In: 3rd Annual International Conference on Geological and Earth Sciences, Proceedings, 22-23 September, Singapore.
- Çelik, H., 2003. Master Dağı (Elazığ GD'su) çevresinin stratigrafik ve tektonik özellikleri, F.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Elazığ (yayımlanmamış).
- Çelik, H., 2008. Doğu Anadolu Fay Sistemi'nde Sivrice Fay Zonu'nun Palu-Hazar Gölü (Elazığ) Arasındaki Bölümünde Atımla İlgili Yeni Arazi

- Bulgusu. Fırat Üniv. Fen ve Müh. Bil. Dergisi, 20 (2), 305-314.
- Çetindağ, B., 1985. Elazığ, Palu-Kovanalar dolayının hidrojeoloji incelenmesi: Yüksek lisans tezi (yayınlanmamış), F.Ü. Fen Bil. Enst., Elazığ, 117.
- Cicchella, D., De Vivo, B., Lima, A., Albanese, S., McGill, R.A.R. ve Parrish, R.R., 2008. Heavy metal pollution and Pb isotopes in urban soils of Napoli, Italy. *Geochemistry: Exploration Environment Analysis*, 8, 103-112.
- Cicchella, D., Hoogewerff, J., Albanese, S., Adame, P., Lima, A., Taiani, M.V.E. ve De Vivo, B. 2016. Distribution of toxic elements and transfer from the environment to humans traced by using lead isotopes. A case of study in the Sarno River basin, south Italy *Environmental Geochemistry and Health*, 38(2), 619-637.
- Condie, K.C., 1993. Chemical composition and evolution of the upper continental crust: contrasting results from surface samples and shales. *Chemical Geology*, 104, 1-37.
- Çolak, K.M, 2006. Asfalt kaplamalarda sinerjetik fayda konusunun anlaşılmasında marshall oranı yaklaşımının kullanılması, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- De Vivo, B., Somma, R., Ayuso, R.A., Calderoni, G., Lima, A., Pagliuca, S. ve Sava, A., 2001. Pb isotopes and toxic metals in floodplain and stream sediments from the Volturno river, Italy. *Environmental Geology*, 41,101-112.
- Dumanlılar Ö., Aydal D. ve Dumanlılar, H., 2005. Baskil (Elazığ) Güneyindeki Cevherleşmelerin Jeolojik ve Minerolojik Özellikleri. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 29 (1),1-21.
- Erdoğan, Ö., 2015. Stiren-butadien-stiren ve gilsonit'in birlikte kullanımının bitümlü sıcak karışımların mekanik özellikleri üzerindeki etkileri, Yüksek Lisans Tezi. Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ,137s.
- Ertürk, M.A., 2016. Maden Karmaşığı'nın (Doğu Toroslar-Türkiye) Petrolojik Özellikleri, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Elazığ, 115s.
- Fedo, C.M., Nesbitt, H.W. ve Young, G.M. 1995. Unraveling the effect of potassium metasomatism in sedimentary rock sand paleosols,with implications for paleoweathering conditions and provenance. *Geology*, 23, 921-924.
- Frangipane M., Di Nocera G.M., Hauptmann A., Morbidelli P., Palmieri A.M., Sadori L., Schultz M. ve Schmidt-Schultz T. 2001. New Symbols of a New Power in a "Royal" Tomb from 3000 BC Arslantepe, Malatya (Turkey). *Paléorient*, 27 (2), 105-139.
- Garcia, D., Fontelles M. ve Moutte J., 1994. Sedimentary fractionation between Al, Ti, and Zr and genesis of strongly peraluminous granites. *Journal of Geology*, 102, 411-422.
- Gilg, H.A., Lima, A., Somma, R., Belkin, H.E., De Vivo, B.ve Ayuso, R.A. 2001. Isotope geochemistry and fluid inclusion study of skarns from Vesuvius. *Mineralogy and Petrology*, 73, 145-176.
- Hossain, I., Roy, K.K., Kumar Biswas, P., Alam, M., Moniruzzaman, M. ve Deeba, F. 2014. Geochemical characteristics of Holocene sediments from Chuadanga district, Banladesh: Implications for weathering, climate, redox conditions, provenance and tectonic setting. *China Journal of Geochemistry*, 33, 336-350.
- Kalender L. ve Bölücek, C., 2007. Environmental impact and drainage geochemistry in the vicinity of the Harput Pb-Zn-Cu veins, Elazığ, SE Turkey. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 16, 241-255.
- Kalender L.ve Bölücek, C., 2009. A Drainage sediman geochemical orientation study Keban, Elazığ, Eastern, Turkey. *The Arabian Journal for Science and Engineering*, 34(1), 91-106.
- Kalender, L. ve Aytimur, G., 2016. REE Geochemistry of Euphrates River, Turkey. *Journal of Chemistry*, Article ID 1012021, 1, 1-13.
- Kalender, L., Çiçek Uçar L., 2013. Assessment of metal contamination in sediments in the tributaries of the Euphrates River, using pollution indices and the determination of the pollution source, Turkey, *Journal of Geochemical Exploration*, 134, 73–84.
- Kerey, E. ve Türkmen, İ., 1991. Palu Formasyonu'nun (Pliyosen-Kuvaterner) sedimantolojik özellikleri, Elazığ Doğusu. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 34, 21-26.
- Keskin, S., 2011. Geochemistry of Çamardı Formation sediments Anatolia (Turkey): Implication of source area weathering provenance and tectonic setting. *Geosciences Journal*, 15, 185-195.
- Koç Taşgın, C., 2009. Çaybağı Formasyonu'nun (Elazığ Doğusu) Stratigrafik ve Sedimantolojik Özellikleri, Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ (yayınlanmamış).

- Lavin, P.G., 2003. Asphalt pavements, Spon Pres, London and New York, 444s.
- McGennis, R.B., Anderson, R.M., Kennedy, T.W. ve Solaimanian, M., 1995. Background of Superpave asphalt mixture design and analysis, U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration, Publication No. FHWA-SA-95-003, 172p.
- MEGEP (Mesleki Eğitim ve Öğretim Sisteminin Güçlendirilmesi), 2001. T.C. Kalkınma Bakanlığı, Yayın No: KB: 2898 - ÖİK: 738, Ankara, 32s.
- Monna, F., Aiuppa, A., Varrica, D. ve Dongarra, G., 1999. Pb isotopic compositions in lichens and aerosols from Eastern Sicily: insights on the regional impact of volcanoes on the environment. *Environment Science and Technology*, 33, 2517–2523.
- Özçelik, M., 1985. Malatya Güneydoğusundaki magmatik kayaların jeolojisi ve tektonik ortamına jeokimyasal bir yaklaşım, *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 28(1), 19-35.
- Özkan, Y. Z., 1982. Guleman (Elazığ) Ofiyolitinin Jeolojisi ve Petrolojisi. *İst. Üniv. Yerbilimleri Derg.*, 3 (1-2), 295-312.
- Palmieri A., Begemann F., Schmitt-Strecker S., Hauptmann A., 2002. Chemical Composition and Lead Isotopy of Metal Objects from the “Royal” Tomb and Other Related Finds at Arslantepe, Eastern Anatolia. In: *Paléorient*, 28 (2), 43-69. doi : 10.3406/paleo.2002.4745.
- Paikaray, S., Banerjee S. ve Mukherji S., 2008. Geochemistry of shales from paleoproterozoic to Neoproterozoic Vindhyan Super-group: Implications on provenance, tectonic and paleoweathering. *Journal of Asia Earth Science*, 32, 34-48.
- Perinçek, D. ve Özkaya, L., 1981. Arabistan levhası kuzey kenarı tektonik evrimi. *Yerbilimleri*, 8, 91-101.
- Perinçek, D. ve Kozlu, H., 1984. Stratigraphy and structural relation of the units in the Afşin-Elbistan-Doğanşehir Region. In, Tekeli, O. And Göncüoğlu, C. (eds.), *International Symposium on the Geology of the Taurus Belt*, 1983. Miner. Res. Expl. Ins., Ankara, 181-198s.
- Pettijhon F.J., Potter, P.E. ve Siever, R., 1972. Sand and sandstone. Plate motions inferred from major element chemistry of lutites. *Precambrian Research*, 147, 124-147.
- Potter, P.E., 1978. Petrology and chemistry of bigriver sands. *Journal of Geology*, 86, 423-449.
- Rizeli M.E., Beyarslan M., Wang Kuo-L., Bingöl, A.F., 2016. Mineral chemistry and petrology of mantle peridotites from the Guleman ophiolite (SE Anatolia, Turkey): Evidence of a forearc setting. *Journal of African Earth Sciences* 123, 392-402.
- Roser, B.P. ve Korsch R.J., 1986. Determination of tectonic setting of sandstone mudstone suites using SiO₂ content and K₂O/Na₂O ration. *Journal of Geology*, 94, 635-650.
- Roy, D. ve Roser, B.P., 2012. Geochemistry of the Tertiary sequence in the Shahbajpur-1 well, Haita trough, Bengal Basin, Bangladesh: provenance, soyrce weathering and province affinity. *Journal of Life and Earth Science*, 7, 1-13.
- Sungurlu, O., 1974. VI. Bölge Kuzeyinin Jeolojisi ve Petrol İmkanları. *Türkiye 2. Petrol Kongr. Tebl.*, *Türkiye Petrol Jeologları Derneği Bülteni*, 85-107.
- Sungurlu, O., Perinçek, D., Kurt, G., Tuna, E., Dülger, S., Çelikdemir, E. ve Naz, H. 1985. Elazığ Palu Alanının Jeolojisi. *Petrol İşleri Genel Müdürlüğü Dergisi*, 29, 83-190.
- Suttner, L.J. ve Dutta, P.K., 1986. Alluvial sandstone composition paleoclimate. 1. Framework mineralogy, *Journal of Sedimentary Petrology*, 56, 326-345.
- Şaroğlu, F. ve Güner, Y., 1981. Doğu Anadolunun jeomorfolojik gelişimine etki eden öğeler: Jeomorfoloji, tektonik, volkanizma ilişkileri. *Türkiye Jeol. Kur. Bult.*, 24, 65-74.
- Somma, R., Ayuso, R.A., De Vivo, B. ve Rolandi, G., 2001. Major, trace element and isotope geochemistry (Sr-Nd-Pb) of interplinian magmas from Mt. Somma-Vesuvius (Southern Italy). *Mineralogy and Petrology*, 73, 121–143.
- Taylor, S.R. ve McLennan, S.M., 1985. The Continental Crust; Its composition and evolution; an examination of the geochemical record preserved in sedimentary rocks. Blackwell, Oxford. 312s.
- Teutsch, N., Erel, Y., Halicz, L. ve Banın, A., 2001. Distribution of natural and anthropogenic lead in Mediterranean soils. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 65(17), 2853–2864.
- TS EN 933-9, 2010. Agregaların geometrik özellikleri için deneyler - Bölüm 9: İnce malzeme tayini – Metilen mavisi deneyi, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.

- TS EN 1097-6, 2013. Agregaların mekanik ve fiziksel özellikleri için deneyler- Bölüm 6: Tane yoğunluğunun ve su emme oranının tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 12697-34, 2004. Bitümlü karışımlar - Deney metotları - Sıcak karışimli asfalt için - Bölüm 34: Marshall deneyi, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Topçu, B. ve Canbaz, M., 2006. Sülfatlı ortamların alkalilerle aktive edilmiş yüksek fırın cürufu harçların mikroyapısına etkisi. Yapı Mekanığı Semineri 2006, ODTÜ-ESOGÜ-ETB, Eskişehir, 120-128s.
- Tucker, M.E., 1981. Sedimentary Petrology an introduction:Blackwell Sci. Publ., USA, 346 s.
- Turan, M. ve Bingöl, A.F., 1991. Kovancılar-Baskil (Elazığ) arası bölgenin tektono-stratigrafik özellikleri. Çukurova Üniversitesi, Ahmet Acar Jeoloji Sempozyumu, Bildiriler, 213-217s.
- Turan, M., Aksoy, E. ve Bingöl, A. F., 1995. Doğu Toroslar'm jeodinamik evriminin Elazığ civarındaki özellikleri. Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 7(2), 177-199.
- Wronkiewicz, D.J. ve Condie, K.C., 1987. Geochemistry of Archean shale from Witwatersrand Supergroup, South Africa source-area weathering and provenance. Geochimica et Cosmochimica Acta, 51, 2401-2416.
- Yazgan, E., ve Chessex, R., 1991. Geology and tectonic evolution of the southeastern Taurides in the region of Malatya. Türkiye Petrol Jeologları Derneği Bülteni, 3, 1-42
- Yılmaz, M. ve Kök, B.V., 2008. Stiren-butadien-stiren modifiyeli bitümlü bağlayıcıların Superpa sistemlerine göre yüksek sıcaklık performans seviyesine ve işlenebilirliğinin belirlenmesi. Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 23 (41), 811-819.
- Yılmaz, Y., Yiğitbaş, E. ve Genç, Ş.C., 1993. Ophiolitic and metamorphic assemblages of Southeast Anatolia and their significance in the geological evolution of the orogenic belt. Tectonics, 12(5), 1280-1297.
- Zoorob, S.E. ve Suparna, L.B., 2000. Laboratory design and investigation of the properties of continuously graded asphaltic concrete containing recycled plastics aggregate replacement (plastiphalt). Cement Concrete Composites, 22, 233-242.



Şeyhler Yöresi Borat Yatağının Jeokimyasal Özellikleri, Emet, Türkiye
Geochemical Properties of the Şeyhler Borate Deposits (Emet, Turkey)

İsmail Koçak 

*Bozok Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü,
Atatürk Yolu 66900 Yozgat*

Geliş/Received : 06.03.2017 • Düzeltilmiş Metin Geliş/Revised Manuscript Received : 20.04.2017 • Kabul/Accepted : 28.04.2017 • Baskı/Printed : 01.08.2017

Araştırma Makalesi/Research Article

Türkiye Jeol. Bül. / Geol. Bull. Turkey

Öz: Batı Anadolu borat yatakları Paleojen’de başlayan ve Kuvaterner başlangıcına kadar devam eden volkanik aktivitelerin yer aldığı dönemlerde Miyosen kıta-içi playa-göl çökelleri içinde depolanmıştır. Cevher oluşumlarının tamamı volkanik aktivite ile ilgilidir. Emet Şeyhler yatağında Ca yerkabuğu ve andezit ortalamasına göre artış göstermiştir. Eser elementlerden As, Se, Cs, Li, Sr ve Sb zenginleşmeleri belirlenmiştir. Konsantrasyonlarına göre Se ve Li elementlerinin B’un yanında yan ürün olarak ekonomiye kazandırılabilceği sonucuna varılabilir. Yatakta elementler iki grup halinde kümelenmiştir. Si, Mg, Al, Fe ve K gibi elementlerden oluşan büyük grup ve B, Ca ve Na’dan oluşan ikinci grup şeklindedir. NTE dağılım diyagramlarında görülen Ce ve Eu anomalileri, yatakların yüksek oksijenli ve hidrotermal katkılı ortamda oluştuğunu ortaya koymuştur.

Anahtar Kelimeler: Bor, element korelasyonu, jeokimya, mineraloji, NTE

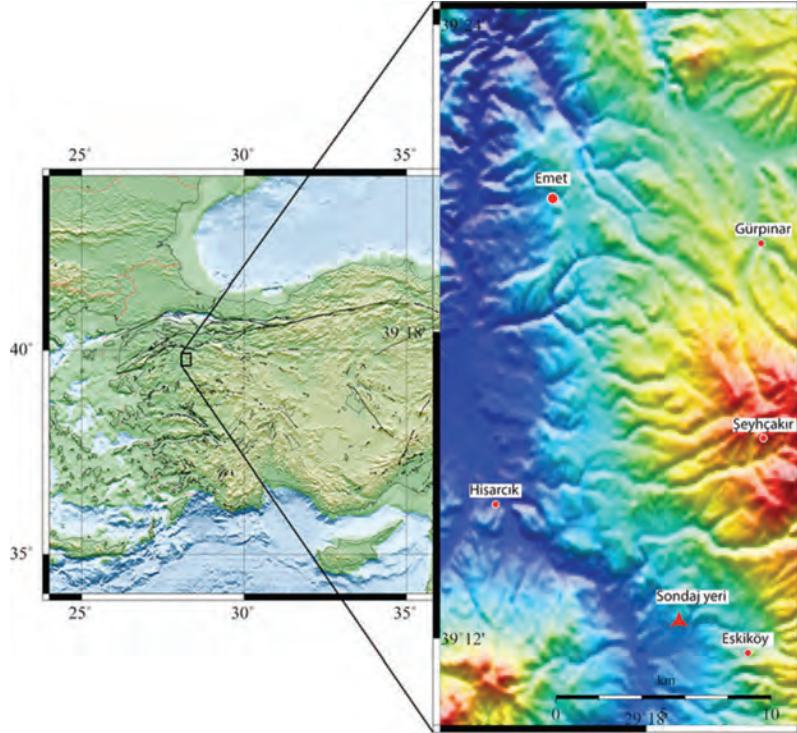
Abstract: Borate deposits of western Anatolia were formed in the intra-continental playa lake sediments during Miocene when the volcanic activity occurred from Paleogene to Quaternary. All mineralizations are associated with these volcanic activities. The main element Ca in Emet Şeyhler deposits shows enrichment compared to the averages of Earth crust and andesite. The trace elements of Se, Sr, As, Sb, Mo and Li in borate deposits enrichments are determined. It can be concluded that based on the concentration of Se and Li elements could be recovered as by product, besides B. Elements in deposits are clustered in two groups. A large group consists of elements such as Si, Mg, Al, Fe, K and a second group composes of B, Ca and Na. According to Ce and Eu anomalies observed in the REE distribution diagrams show these deposits should have formed under highly oxidative conditions with significant hydrothermal contribution.

Key Words: Borate, element correlation, geochemistry, mineralogy, REE

GİRİŞ

Dünya borat rezervinin yaklaşık %72'si Türkiye'nin batısında bulunmaktadır. Son yıllarda bilinen yatakların dışında Hisarcık ilçesinin yaklaşık 8 km güneybatısında Emet bölgesinde Şeyhler köyü civarında yeni bir yatak da tespit edilmiştir (Şekil 1).

aldığı dönemlerde Miyosen görsel ortamlarda depolandığını ortaya koymuştur. Bilinen borat yatakları ile ilgili ana ve eser element ve NTE içerikleri ile ilgili bazı çalışmalar da yapılmıştır (İlhan, 2006; Koç vd. 2008a, 2008b, 2017; Koçak ve Koç, 2009, 2011, 2012a, 2012b, 2016). Ancak Emet Şeyhler boratlarının ana ve eser



Şekil 1. Emet Şeyhler borat yatağının yer bulduru haritası
Figure 1. Location map of Emet Şeyhler borate deposits

Emet bölgesinde bilinen yataklar, genel jeolojik ve mineralojik olarak birçok araştırmanın konusu olmuştur (Gawlik, 1956; Özpeker, 1969; İnan, 1975; Yalçın vd. 1985; Floyd vd. 1997; Helvacı ve Orti, 1998; Helvacı, 2004; Özkul, 2008; Hatipoğlu, 2010; Erdem, 2010; Garcia vd. 2010a, 2010b; Garcia vd. 2011; Helvacı, 2015a; Helvacı, 2015b; Cooper vd. 2015; Özkul vd. 2017). Bu çalışmalar Emet bölgesi borat yataklarının, Paleojen'de başlayan ve Kuvaterner başlangıcına kadar devam eden volkanik aktivitelerin yer

element içerikleri ve değerlendirmeleri daha önce yeterince detaylı olarak çalışılmamıştır. Oysa ana ve eser element jeokimyası, bir maden yatağının tanımlanmasında çok önemli veriler sunabilmektedir. Bir maden yatağını tanımlarken onun içerdiği ve zaman zaman ihmal edilen eser elementlerin varlığı ve bolluğunun göz önüne alınması bilimsel bir gerekliliktir. Günümüzde birçok eser element bir maden yatağını oluşturan ana element ve/veya elementlerden daha önemli hale gelebilmektedir. Ayrıca bir maden yatağında

bulunan ancak ekonomik ve teknolojik şartlar gereği bugün elde edilmesi imkânsız gibi görünen elementlerin gelişen imkânlarla elde edilip, zenginleştirilebileceği göz ardı edilmemelidir. Bu sebeple önemli görülmüş ve bu çalışmada ana ve eser element incelemeleri üzerinde yoğunlaşmıştır.

Bu kapsamda esas olarak borat oluşum sürecinde etkin olan beslenme ve çökelme ortamı koşulları, çalışma alanındaki boratların ana ve eser element içeriklerinin jeokimyasal verilerin değerlendirilmesi ile yapılmıştır. Bunun için öncelikle boratların içerdiği ana, eser element ve NTE bollukları ve zenginleşmeleri araştırılmıştır. Ana ve eser elementler arasındaki korelasyonlardan yararlanarak elementlerin kökensele ilişkileri; NTE bollukları ve anomalileri kullanılarak ortamın çökelme koşulları belirlenmeye çalışılmıştır.

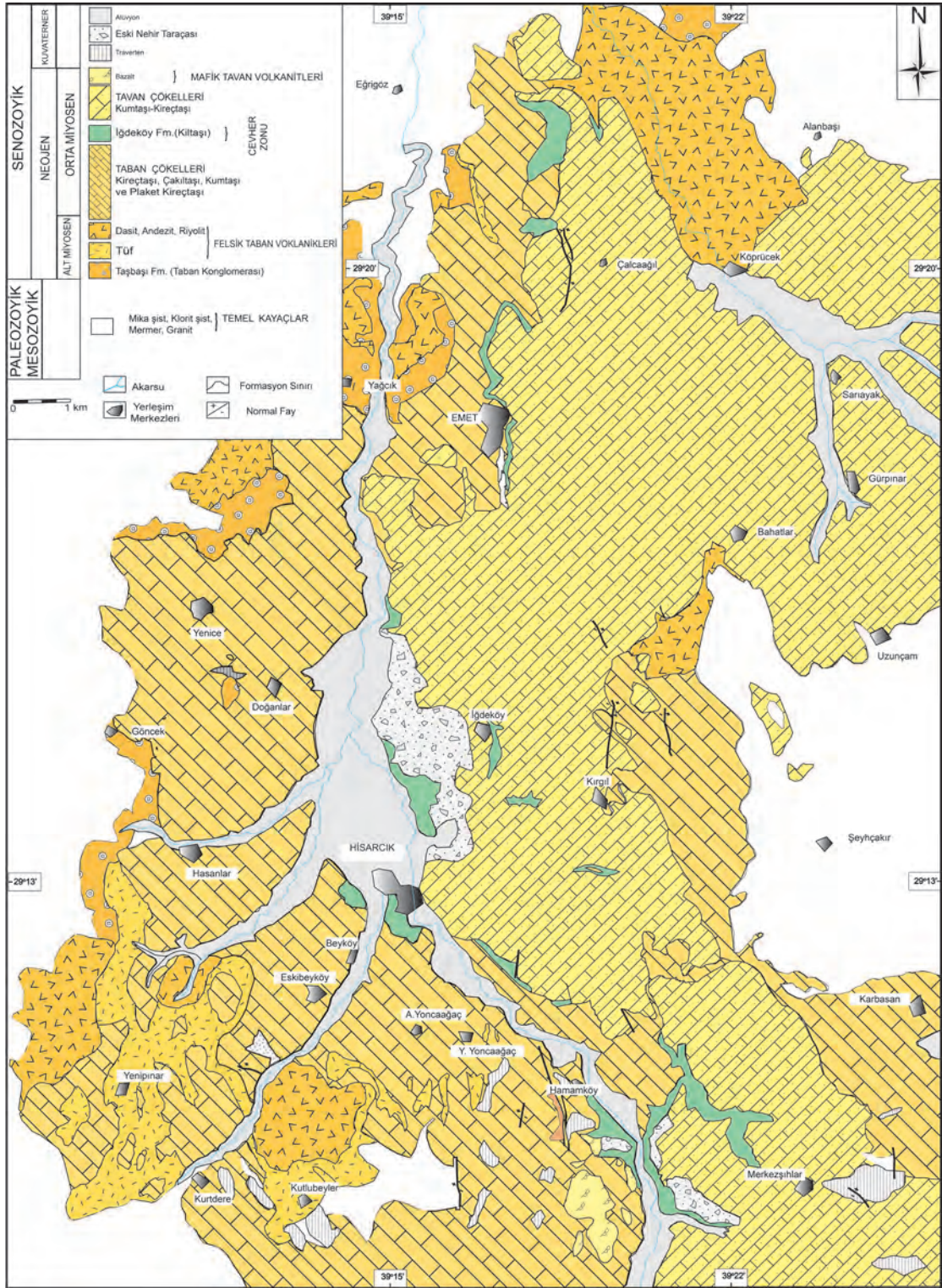
MATERYAL VE YÖNTEM

Araştırmanın materyalini Şeyhler yatağını temsil eden Etibank Emet Bor İşletme Müdürlüğü tarafından yapılmış olan BME 2007/7 nolu sondajdan alınan borat örnekleri oluşturmaktadır. 188 ile 250 m derinlikler arasında derlenen 18 adet İS kodlu örnekte jeokimyasal analiz yapılmıştır. Jeokimyasal analiz öncesinde örneklerden killeri uzaklaştırmak amacıyla her biri basınçlı hava ile temizlenmiş ve daha sonra yıkanmıştır. Analizler Automaticity in Cognition Motivation & Evaluation (ACME) Laboratuvarlarında yapılmıştır. Çalışmanın konusu olan nadir toprak elementleri Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry (ICP-MS) yöntemiyle, ana ve eser elementler ise Inductively Coupled Plasma- Emission Spectroscopy (ICP-ES) ile analiz edilmiştir. B₂O₃ analizi Bozok Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi'nde (BİLTEM) Thermo Scientific ARL Perorm'x Dalga Boyu Dağılımlı X-ışını Floresans (WD-XRF) Spektrometresi ile yapılmıştır. Mineralojik incelemelerde mikroskop

yanında X-ışını difraktometresi (XRD) ve Konfakol Raman yönteminden de yararlanılmıştır. XRD yönteminde killer oluklu camlar üzerine sıvamayla yönlendirilmiş kil paketleri şeklinde hazırlanarak normal, etilen glikollü ve fırınlama koşullarında ayrı ayrı analiz edilmiştir. XRD incelemeleri Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı (TPAO) Laboratuvarlarında Rigaku D marka Max 2200 Ultima/Pc cihazında ve Cu-tüpü, 40 Kv, 20mA, 1,54059Å⁰ (CuKα1) dalga boyu ve 2°/dk tarama hızı aletsel koşullarda yapılmıştır. Son olarak, örneklerde uygulanan Raman yöntemi ise A.Ü Yer Bilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi (YEBİM)'nde Olympus BX41 model Konfakol Raman Spektrometre cihazında gerçekleştirilmiştir.

JEOLJİK KONUM

Çalışmada borat yatağı ve çevresinin jeolojisi Özkul (2008)'den yararlanılarak özetlenmiştir. Emet baseni ve yakın çevresinde, Miyosen öncesi temel kayaların (Helvacı, 1977; Yalçın, 1984) üzerindeki birimler sırasıyla Sarıcasu formasyonu (şişt), Arıkaya formasyonu (kristalize kireçtaşları), Budağan kireçtaşı ve Eğrigöz granitoyitlerinden oluşmaktadır (Akdeniz ve Konak, 1979). Bu birimlerin üzerinde alttan üste doğru Neojen yaşlı Taşbaşı formasyonu (Çakıldaşı-kumtaşı) (Akdeniz ve Konak, 1979), Köprücek felsik taban volkanitleri (Özkul, 2008), Taban Çökelleri [Karbasan formasyonu (kçt) (Dündar vd., 1986), Yeniceköy plaket kireçtaşları (Özkul, 2008), Beyköy formasyonu (çakıldaşı, kumtaşı) (Yalçın, 1984), Ergünler taban kireçtaşları (Özkul, 2008), İğdeköy formasyonu (Özkul, 2008)], Tavan Çökelleri [Emet örtü kireçtaşları (Özkul, 2008), Merkezşihlar formasyonu (kumtaşı) (Yalçın, 1984)] ve Dereköy mafik tavan volkanitleri (Yalçın, 1984; Özkul, 2008) gelmektedir. Neojen birimleri üzerinde ise Kuvaterner yaşlı traverten, eski nehir taraçaları ve alüvyonlar yer almaktadır (Şekil 2).



Şekil 2. Emet borat yatağı ve çevresinin jeolojik haritası (Özkul 2008'den sadeleştirilmiştir)

Figure 2. Geology map of Emet borate deposit and its surroundings (simplified from Özkul 2008).

Bor seviyelerini içeren İğdeköy formasyonunda yeşil renkli yarı pekişmiş kıltaşı ve silttaşı egemen olup, içerisinde az oranda tuf ve ince kireçtaşı-marn ara tabakaları da içermektedir. İğdeköy formasyonu, İğdeköy ve Hamamköy'ün D'su, Hisarcık'ın KD'su, Merkez şeyhler ve civarı ile Killik mevkiinde dar bir alanda yüzeylenmektedir. Formasyonun kalınlığı önceki araştırmacılara göre 30-450 m arasında değişmektedir (Özpeker, 1969; Helvacı, 1977; Akdeniz ve Konak, 1979; Yalçın, 1984; Yalçın vd. 1985; Dündar vd. 1986; Özkul, 2008).

İğdeköy formasyonu; Ergünler taban kireçtaşlarının üzerine kıltaşı, marn ve ince tabakalı kireçtaşı seviyeleri ile uyumlu olarak gelir ve üste doğru bor mercceklerini de içeren yeşilimsi tuf ara katkılı killi seviyelere geçer. Tabandan tavana doğru koyu yeşil ve koyu gri renklere doğru değişim gösteren, yağimsı ve cilalı pırlıtlı bir görünüm sunan killerin montmorillonit ve illit türünde olduğu belirtilmiştir (Helvacı ve Firman, 1977; Yalçın ve Gündoğdu, 1985; Dündar vd. 1986; Yalçın ve Gündoğdu, 1987). Killer genellikle kolemanit yumrularının etrafını bir film şeklinde sarmaktadır. Kolemanit yumrularının çapı 5–60 cm boyutlarına ulaşabilmekte ve ışınsal bir görünüm sunmaktadır. Arsenikçe zengin olduğu bilinen kıltaşı, birkaç düzeyde 5–10 cm çapında realgar ve orpiment mineralleri bulundurur. İstifin üst kısımlarda ise hakim olarak marnlı seviyeler mevcuttur. Marnlar tabandan tavana yeşilden kirli

beyaz ve griye doğru renk farklılığı gösterirken ayrıca toprağimsı yapıda, turbalı ve kolemanit yumruludur. Hem kil, hem de marn seviyeleri organik maddece zengindir (Özkul, 2008).

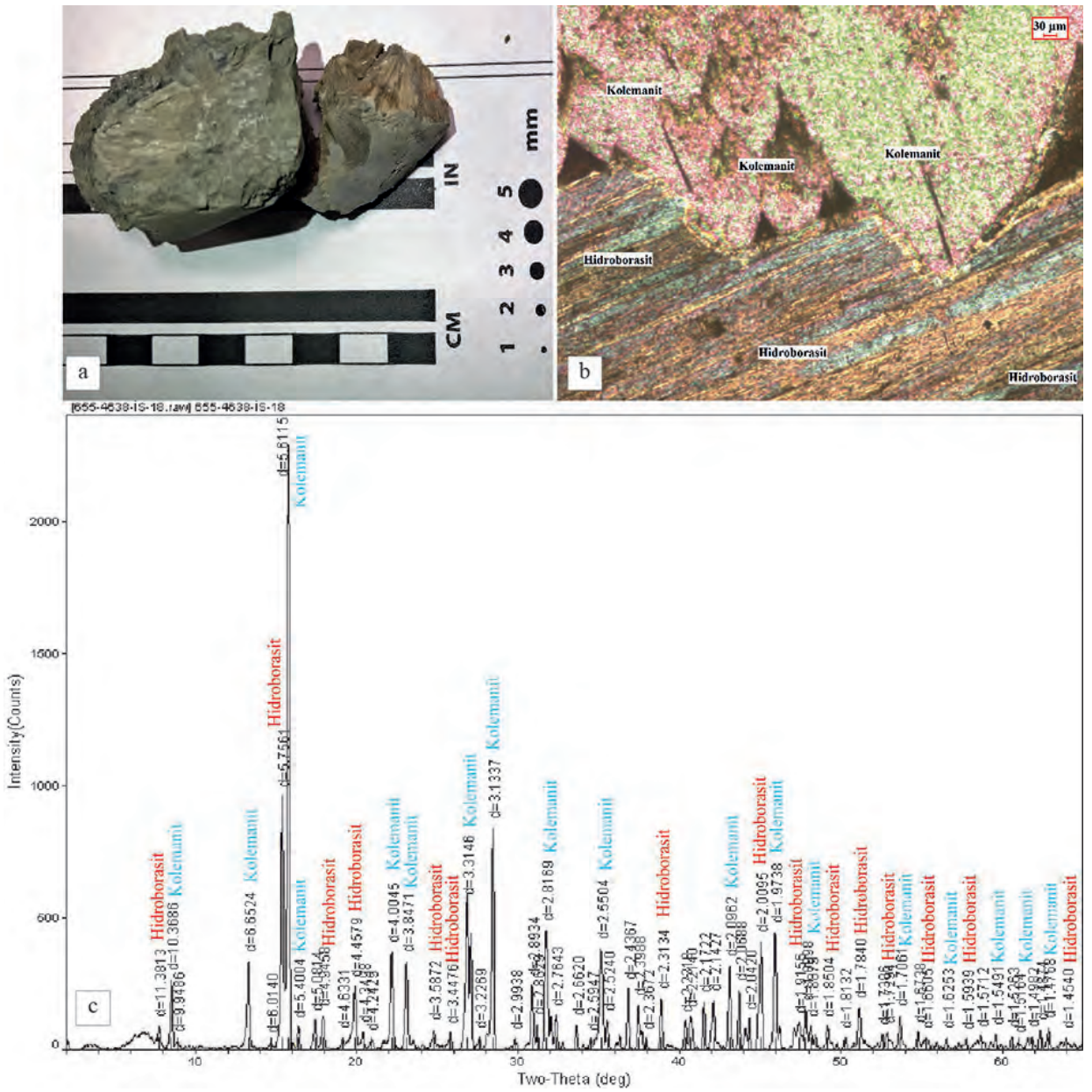
ANALİTİK VERİLER VE TARTIŞMA

Borat Cevherleşmesinin Mineralojisi

Emet Şeyhler borat yatağının mineralojisi polarizan mikroskop, Konfakol Raman spektroskopisi ve X-ışını difraktometresi (XRD) yöntemleri kullanılarak incelenmiştir. Karot örneklerinde kolemanit mavimsi tonda, hidroborasit ise koyu sarımsı ve kahve renklerde gözükmemektedir (Şekil 3a). Üleksit ise sarımsı beyaz renkli olup ışınsal yapısı belirgindir (Şekil 4a).

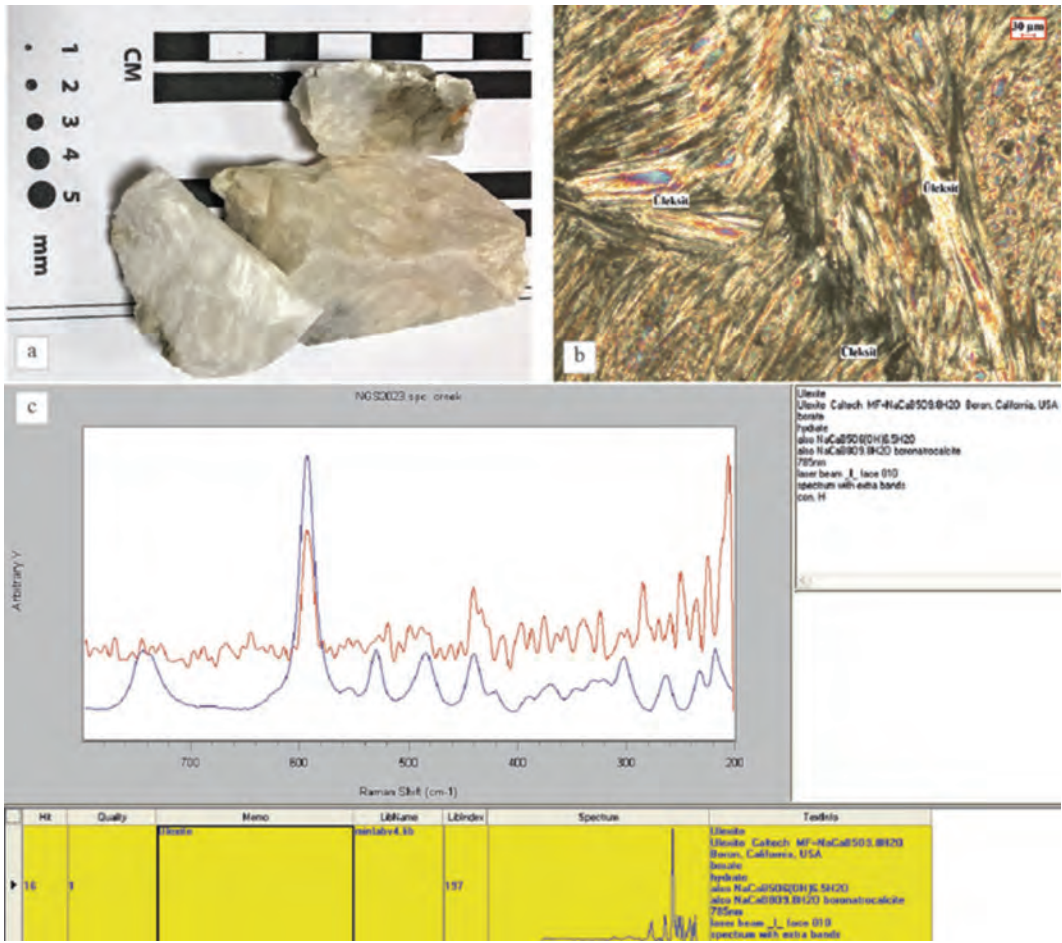
Mikroskop incelemeleri

Kolemanitin mikroskop görüntüsü tek nikelde sarımsı beyaz renkte, çapraz nikelde ise ikinci dizi ortası girişim rengi göstermektedir (Şekil 3b). Hidroborasit de kolemanit gibi sarımsı beyaz renkte, çapraz nikelde ise ikinci dizi ortası girişim rengi göstermektedir (Şekil 3b). Üleksit ise ışınsal büyümüş olup, kristaller birbirinden bağımsızdır. Tek nikelde kirli beyaz-gri, çapraz nikelde ise yeşil, turuncu, gri mavi ve pembe renklerde canlı girişim renkleri göstermektedir. (Şekil 4b).



Şekil 3. (a) Işımsal hidroborasit ve kristal kolemanit, (b) Kolemanit ve hidroborasit çapraz nikol altında, (c) Kolemanit ve hidroborasite ait X-ray kırınım grafiği

Figure 3. (a) Radial hydroboracite and crystal colemanite, (b) Cross nicol view of hydroboracite and colemanite, (c) X-ray diffraction graph of hydroboracite and colemanite.



Şekil 4. (a) Işınsal üleksit, (b) Üleksitin çapraz nikol altındaki görüntüsü, (c) Üleksite ait Raman Spektrumu
Figure 4. (a) Radial ulexite, (b) Cross nicol view of ulexite, (c) Raman spectrum of ulexite peak.

Konfakol Raman Spektroskopisi incelemeleri

Raman yöntemi, incelenen örnek üzerinde nokta analizi yaparak, örneğin mineralojik bileşiminin saptanmasını sağlamaktadır. Bu özelliği ile ince kesitte tespit edilen mineral parajenezi Raman spektumları ile de desteklenmiştir. Şekil 4c Konfakol Raman Spektroskopisinde mavi renk referans örneğe kırmızı renk ise analiz edilen üleksit örneğine ait pik değerlerini göstermektedir. Raman yöntemi ile kolemanit, hidroborasit ve üleksit varlığı ortaya konmuştur.

X-ışını difraktometresi (XRD) incelemeleri

XRD yöntemi ise Raman ve mikroskop incelemelerinde tespit edilemeyen minerallerin tam olarak saptanması ve kil türlerinin belirlenmesinde kullanılmıştır. Emet Şeyhler boratlarına ait XRD incelemeleri örneklerde bor minerali olarak kolemanit (Şekil 3c), üleksit ve hidroborasitin (Şekil 3c) varlığını ortaya koymuştur. Bunların yanında XRD ile dolomit, kalsit, kristobalit, skolezit ile montmorillonit ve illite de rastlanmıştır.

Sonuç olarak çalışmada Kolemanit ($\text{Ca B O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$), üleksit ($\text{NaCa}[\text{B O}(\text{OH})] \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) ve hidroborasit ($\text{CaMgB}_2\text{O}_7 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) mineralleri tespit edilmiştir. Bor mineralleri dışında dolomit, kalsit, kristobalit, skolezit, kil minerali olarak smektit grubu (montmorillonit) ve illite rastlanmıştır.

Önceki çalışmalarda Emet havzasındaki (Espey, Hisarcık ve İğdeköy-Doğanlar) borat yataklarında yapılan incelemelerde; yerel oluşumlar şeklinde üleksit, tünellit, terrujit, kahnit, meyerhofferit, probertit ve viçit-A gibi borat mineralleri de belirlenmiştir (Helvacı ve Firman, 1977; Yalçın, 1984; Yalçın vd. 1985; Yalçın ve Gündoğdu, 1985; Yalçın ve Gündoğdu, 1987; Helvacı ve Orti, 1998; Helvacı, 1984; Çolak vd. 2000; Özkul, 2008). Kalsit, jips, nabit kükürt, realgar, orpiment, feldispat, kuvars, globerit, mika, opal-CT, anhidrit ve halit diğer minör-eser minerallerdir (Helvacı, 2003; Hatipoğlu, 2010).

Emet Şeyhler Yatağının Jeokimyasal Özellikleri

Emet Şeyhler yatağından alınan 18 adet borat (karot) örneğinde yapılan jeokimyasal analiz sonucunda element bollukları belirlenmiş ve korelasyonları hesaplanmıştır. Buna göre aşağıdaki bölümlerde açıklanan jeokimyasal değerlendirmelerde bulunulmuştur.

Emet Şeyhler borat yatağının ana element bollukları

Ana element sonuçları, ortalama değerleri ile yer kabuğunda (YKO), andezitlerde (AO) ve tatlı sularda (TSO) bulunan ortalama değerleri Çizelge 1'de verilmektedir. İS örneklerinde ana elementlerden Ca; YKO'ya göre 3.67 kat, B; 45792 kat, AO'ya göre ise Ca; 3.24 kat, B; 30528 kat artmıştır. Diğer tüm ana elementler ise hem YKO'ya hem de AO'ya göre azalma göstermektedir. Sırasıyla YKO'ya ve AO'ya göre verilen Si (20.63-22.80), Na (3.02-3.78), Al (20.87-17.71), Fe (16.35-17.71), Mg (1.37-1.30), K (9.47-10.37), Ti (24.41-39.06), P (9.69-14.10)'un değerlerinin azalma katsayıları görülmektedir.

Çizelge 1. Emet Şeyhler örneklerine ait ana element içerikleri (1) Krauskopf (1989), (2) Schroll (1975), (3) Abollino vd. (2004). * değer yok.

Table 1. Major element contents of Emet Şeyhler borate samples (1) Krauskopf (1989), (2) Schroll (1975), (3) Abollino et al. (2004). * no value.

Örnek No	B ₂ O ₃ (%)	Si (%)	Al (%)	Fe (%)	Mg (%)	Ca (%)	Na (%)	K (%)	Ti (%)	P (%)	TOT/C (%)	TOT/S (%)	Sum (%)
IS-2	45.55	0.64	0.22	0.12	0.19	17.27	0.02	0.09	0.01	0.004	0.05	0.05	64.20
IS-3	49.19	0.93	0.16	0.21	1.81	12.94	2.10	0.06	0.01	<0.004	0.30	0.54	68.24
IS-5	54.84	0.15	0.03	0.07	3.10	10.03	2.83	0.02	<0.006	<0.004	0.10	0.05	71.22
IS-7	41.47	0.28	0.05	0.04	0.77	17.72	0.62	0.01	<0.006	<0.004	0.54	0.02	61.33
IS-8	51.76	0.37	0.13	0.19	3.80	10.22	0.73	0.06	<0.006	<0.004	0.09	0.11	67.47
IS-9	44.87	0.21	0.08	0.11	0.07	19.80	<0.007	0.04	<0.006	<0.004	0.04	0.05	65.28
IS-10	53.46	0.14	0.05	0.04	0.07	10.23	5.62	0.02	<0.006	<0.004	<0.02	<0.02	69.64
IS-11	44.41	1.28	0.45	0.64	0.30	16.95	0.07	0.22	0.02	0.009	0.06	0.28	64.68
IS-12	44.9	0.50	0.15	0.23	0.84	18.32	0.04	0.06	0.01	<0.004	0.44	0.13	65.61
IS-13	51.15	0.73	0.24	0.85	4.28	12.67	0.04	0.12	0.01	0.013	0.14	0.47	70.71
IS-14	54.08	0.41	0.14	0.24	5.09	11.09	0.02	0.06	<0.006	<0.004	0.12	0.09	71.34
IS-15	45.45	1.59	0.43	0.26	0.78	17.25	0.05	0.27	0.02	0.004	0.10	0.05	66.25
IS-16	36.95	2.16	0.62	0.26	0.90	17.98	0.08	0.33	0.02	0.017	0.58	0.11	60.02
IS-17	43.67	3.62	0.93	0.49	4.21	11.09	0.12	0.57	0.04	0.009	0.32	0.71	65.78
IS-18	36.77	5.57	1.41	0.69	2.88	14.25	0.20	0.77	0.05	0.022	0.49	0.70	63.80
IS-19	43.91	1.39	0.52	0.60	0.23	18.89	0.04	0.29	0.02	0.009	0.05	0.27	66.21
IS-20	33.91	4.33	1.32	0.89	0.87	15.44	0.10	0.95	0.05	0.022	0.18	0.55	58.63
IS-21	47.92	0.32	0.05	0.03	0.10	18.88	<0.007	0.05	0.01	0.004	0.06	0.15	67.56
Ortalama	45.79	1.37	0.39	0.33	1.68	15.06	0.79	0.22	0.02	0.011	0.22	0.25	66.14
Değişim Aralığı	33.91-54.84	0.15-5.57	0.03-1.41	0.04-0.89	0.03-5.09	10.03-19.80	<0.007-5.62	0.01-0.95	<0.006-0.05	<0.004-0.022	<0.02-0.54	<0.02-0.71	47.69-63.58
Yerkabuğu Ort. (1)	0.0010	28.20	8.10	5.40	2.30	4.10	2.40	2.10	0.5	0.11	*	*	*
Andezit Ort. (2)	0.0015	26.00	8.85	5.85	2.18	4.65	3.00	2.30	0.8	0.16	*	*	*
Tatlısu Ort. (3)	0.01	5.33	<30.10 ³	<30.10 ³	0.8-15.07;3.64	1.8-49.29;13.22	1.15-36.78;5.28	0.51-3.9;12.9	<1.10 ³	*	*	*	*

Emet Şeyhler Borat Yatağının Eser Element Bollukları

Emet Şeyhler ocağına ait eser element ortalama değerleri ile yer kabuğunda (YKO), andezitlerde (AO) ve tatlı sularda (TSO) bulunan ortalama değerleri Çizelge 2’de verilmektedir. Emet Şeyhler yatağındaki örneklerin tamamının eser element içerikleri TSO’ya göre belirgin bir artış göstermektedir (Çizelge 2). Emet Şeyhler yatağında YKO’ya ve AO’ya göre kıyaslama yapıldığında eser elementlerden, As, Se, Sr, Cs, Sb ve Li’nin diğer elementlere göre daha fazla artış gösterdiği görülmektedir. Sırası ile YKO’ya, ve AO’ya göre artış katsayıları As 1367–1295, Se 329–329, Cs 24.30–31.70, Sr 16.64–7.80, Sb 8.27–8.27, Li 2.86–2.86, kat şeklindedir. Ayrıca S ise 9.74-14.62 kat artmıştır.

Bigadiç yatağında; Se, Sr, As, Sb, Mo ve Li (Koçak ve Koç, 2012), Kestelek yatağında; Se, Sr, As, Sb, Cs, Li ve Mo (Koç vd., 2017), Kırka yatağında Se, Cs, Sr, Li ve As (Koçak ve Koç 2016), Emet (Espey-Hisarcık) borat yatağında; As, Se, Cs, Li, Sr, Sb ve Pb (Koçak, 2014) zenginleşmeleri belirlenmiştir. Bu veriler Kırka, Bigadiç, Emet (Espey-Hisarcık), Kestelek ve Emet Şeyhler yataklarında Se, Sr, Li ve As zenginleşmelerinin benzer bir özellik sunduğunu göstermektedir.

Çizelge 2. Emet Şeyhler örneklerine ait eser element içerikleri (1) Krauskopf (1989), (2) Schroll (1975), (3) Abollino vd. (2004), (4) Şahinci (1991). * değer yok.

Table 2. Trace element contents of Emet Şeyhler borate samples (1) Krauskopf (1989), (2) Schroll (1975), (3) Abollino et al. (2004), (4) Şahinci (1991). * no value.

Örnek No	Se	Li	As	Cs	Sr	Sb	Ba	Co	Nb	Rb	Th	U	Zr	Y	Mo	Cu	Pb	Ni	Ag	Ta(ppm)	S(%)
IS-2	30.1	14.1	61.4	34.8	6213.2	0.18	11	0.8	0.3	16.7	0.4	0.1	3.1	2.0	<0.01	1.9	2.1	2.4	3	0.12	<0.02
IS-3	14.4	54.4	<10000	29.2	3990.4	4.91	125	3.6	0.1	9.2	0.5	0.4	5.3	0.3	4.15	1.7	1.6	5.3	9	0.10	0.51
IS-5	8.6	11.8	744.5	7.8	3227.1	0.41	13	<0.2	<0.1	3.3	<0.2	<0.1	0.6	0.4	0.06	0.5	0.3	1.1	2	0.05	<0.02
IS-7	23.6	16.9	709.4	31.9	7830.5	0.44	16	<0.2	<0.1	4.6	<0.2	0.7	1.4	0.4	0.03	0.5	0.8	3.2	2	0.12	<0.02
IS-8	10.9	11.8	1918.1	24.7	33104.4	1.73	65	0.3	<0.1	10.4	<0.2	0.4	3.8	1.6	0.11	1.2	1.4	3.9	5	0.52	0.12
IS-9	28.8	7.3	74.3	211.0	4137.8	0.24	6	0.6	<0.1	7.1	<0.2	0.1	1.2	1.1	0.09	0.3	0.7	5.2	<2	0.10	0.02
IS-10	7.6	5.3	406.7	9.9	1472.6	0.19	21	<0.2	<0.1	3.7	<0.2	<0.1	1.1	1.5	0.02	0.3	0.2	2.3	<2	0.03	<0.02
IS-11	19.9	35.1	137.4	86.1	6985.3	4.31	27	5.0	0.6	35.6	1.1	0.5	6.0	4.1	0.12	6.9	2.4	32.5	103	0.12	0.25
IS-12	18.6	22.5	2467.7	24.9	4439.7	1.56	93	0.8	0.3	8.8	0.5	0.3	2.4	2.3	0.05	2.5	2.4	9.1	11	0.27	0.09
IS-13	10.8	33.0	848.4	50.4	3848.7	6.37	147	2.2	0.3	20.7	0.4	<0.1	3.3	1.9	0.07	2.7	2.6	24.4	7	0.07	0.48
IS-14	10.8	17.0	1937.8	23.4	939.4	0.64	29	0.6	<0.1	16.1	0.3	<0.1	1.8	1.5	0.05	1.0	1.5	3.8	22	0.09	0.06
IS-15	19.9	75.2	241.8	66.0	4566.6	0.54	35	2.3	0.6	32.4	1.1	0.9	5.6	4.2	<0.01	2.2	3.0	17.2	48	0.14	<0.02
IS-16	20.1	109.6	2675.0	60.1	4572.0	1.01	213	2.2	1.1	43.0	1.1	1.1	8.3	2.7	0.07	2.0	3.5	10.8	31	0.11	0.09
IS-17	11.5	185.8	<10000	147.1	2907.3	1.73	171	3.4	1.5	60.4	2.0	0.7	11.7	5.3	3.40	3.6	4.3	37.0	21	0.13	0.69
IS-18	9.7	269.1	<10000	222.7	4216.2	1.37	181	4.4	2.4	92.3	3.1	1.9	18.5	5.1	3.41	5.0	4.6	54.3	42	0.07	0.61
IS-19	20.9	23.0	173.9	98.9	5524.3	2.08	19	4.5	0.5	47.1	0.9	0.2	5.2	5.1	0.41	1.1	1.5	121.8	3	0.17	0.24
IS-20	9.8	120.2	1642.1	182.0	10970.0	1.91	264	3.1	2.6	115.0	3.3	1.8	20.8	3.7	0.28	7.3	5.2	21.7	16	0.28	0.53
IS-21	20.4	16.0	256.0	1.3	4284.8	0.17	87	1.4	<0.1	3.5	0.5	0.7	1.9	3.1	<0.01	0.2	0.6	9.4	3	0.16	0.11
Ortalama	16.5	57.1	954.3	72.9	6240.6	1.7	84.6	2.3	0.9	29.0	1.2	0.7	5.4	2.6	0.8	2.3	2.2	19.9	21.7	0.1	0.3
Değişim Aralığı	7.6-30.1	5.3-209.1	61.4-<10000	1.3-222.7	939.4-33104.4	0.17-6.37	6-264	0.2-5.0	0.1-2.6	3.3-115.1	0.2-3.3	0.1-1.9	0.6-20.8	0.3-5.3	0.01-4.15	0.5-7.3	0.2-5.2	1.1-121.8	3-121	0.05-0.52	0.02-0.69
Yerkabuğu Ort. (1)	0.05	20	1.8	3	375	0.2	500	27	20	90	8.5	2.7	165	35	1.5	50	12.5	75	70	*	0.03
Andezit Ort. (2)	0.05	20	1.9	2.3	900	0.2	714	10	20	72	7	1.8	200	25	0.9	35	15	55	70	*	0.02
Tatlısu Ort. (3)	0.1-10-3	1-10-3	2-10-3	1.5-10-3(4)	50-10-3	0.1-10 ³	10-10-3	0.05-10-3	*	*	*	0.05-10-3	*	*	1-10-3	1.8-10-3	0.2-10-3	0.3-10-3	0.3-10 ³	*	*

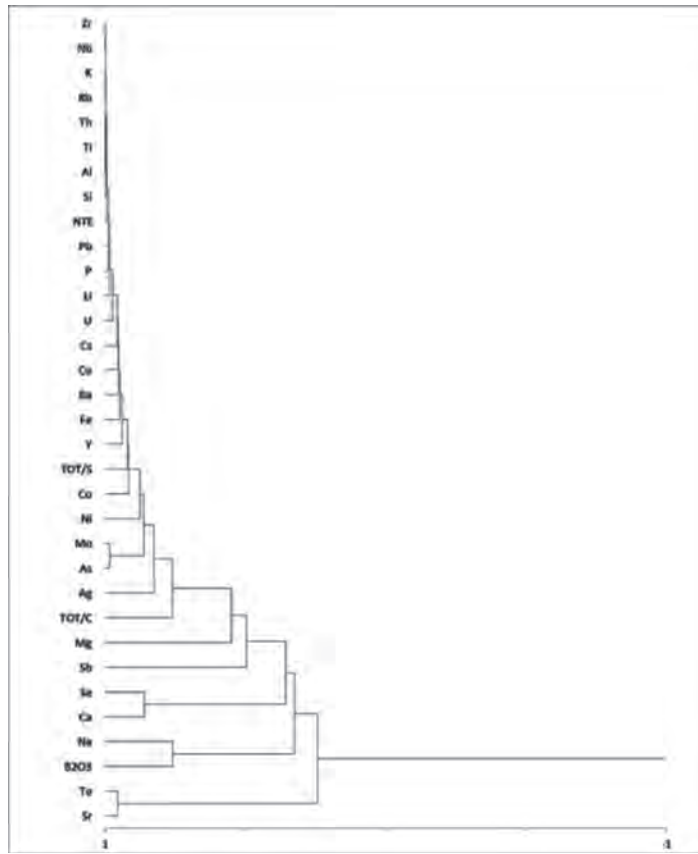
Nitekim Özkul vd. (2017)’nin Emet’te yaptığı çalışmada toprak anomalileri veren Na, Sr, As Sb, Cs, As K, Li, ve Be elementlerinin borat yataklarının bulunmasında iz bulucu element olarak kullanılabilceğini belirtmiştir.

Bilindiği gibi pek çok maden yatağında ana cevhere ek olarak yan ürün halinde bazı elementler kazanılabilmektedir. Örneğin Cu yataklarında Se yan ürün olarak kazanılmaktadır. Çoğu bakır cevheri flotasyon konsantreleri 100-400 ppm Se içermekte ve dolayısıyla Se eldesi için en önemli kaynaklarından biridir (Habashi, 1997). Li için de benzer açıklamalar yapılabilir. Li üretimi birçok tuz yatağı, göl ve denizden sağlanmaktadır. Örneğin Li konsantrasyonları Salar de Uyuni (Bolivya)’da 240 ppm, Great Salt Lake (Utah) 40 ppm ve Ölü Deniz (İsrail-Ürdün) 20 ppm’dir (Habashi, 1997). Ayrıca deniz sularındaki 0.17 ppm’lik Li’un dahi elde edilmesi üzerine çalışılmaktadır (Habashi, 1997). Bor yataklarını değerlendirirken öncelikle Se (4-41 ppm) ve Li (34-324 ppm)’unda kazandırılabilceği düşünülmelidir. Bunun için Ar-Ge çalışmalarına ihtiyaç duyulmaktadır. Zenginleşen diğer elementler de bu kapsamda ele alınabilir. Bu çalışmada da zenginleştiği belirlenen As, Se, Sr, Cs, Sb ve Li gibi elementlerin yan ürün olarak kazanılması önerilmektedir. Böylece dünyada en çok Türkiye’de bulunan bor rezervlerinin daha ekonomik değerlendirmesi yapılmış olacaktır.

Emet Şeyhler Yatağının Ana ve Eser Element Korelasyonları

Şeyhler boratlarına ait kümeleme analizi esas olarak 2 ana grup element varlığını göstermektedir. Birinci grup; Zr, Nb, K, Rb, Th, Ti, Al, Si, NTE, Pb, P, Li, U, Cs, Cu, Ba, Fe, Y, TOT/S, Co, Ni, Mo, As, Ag, TOT/C, Mg ve Sb, ikinci grup ise Te, Sr, Se, Ca, Na ve B₂O₃ elementlerinden oluşmaktadır (Şekil 5). İkinci grupta yer alan elementlerin ikili benzerlikleri yüksek iken (Te-Sr gibi) birbirleri ile arasındaki benzerlik oldukça düşüktür (Te-Sr ile Ca-Se gibi).

Si, Al, Fe, K ve Ti gibi elementler hem kendi aralarında hem de birlikte grup oluşturdukları eser elementler ile birlikte kuvvetli-çok kuvvetli pozitif korelasyon katsayıları vermişlerdir. Te, Sr, Se, Ca, Na ve B₂O₃ elementleri ise gruplaştığı elementlerle düşük pozitif korelasyon göstermektedir. Ancak Na-B₂O₃ ($r = 0.49$) hariç ikili çiftler arasında korelasyon katsayıları (Örn Ca-Se 0.84) yüksektir (Çizelge 3). Ca'un Si, Al, Fe, K ve Ti grubu elementlerle genel olarak gözlenen negatif ilişkisi ise bunların kökensel olarak farklı olduğunu işaret etmektedir.



Şekil 5. Emet Şeyhler Bölgesi borat örneklerine ait kümeleme dendrogramı

Figure 5. Cluster dendrogram for elements of Emet Şeyhler region borate samples.

Çizelge 3. Emet Şeyhler Bölgesine ait borat örneklerinin korelasyon katsayıları

Table 3. Correlation coefficients for the Emet Şeyhler borate samples.

	B2O3	Si	Al	Fe	Mg	Ca	Na	K	Ti	P	TOT/C	TOT/S	Se	Li	As	Cs	Sr	Sb	Ba	Co	Nb	Rb	Tb	U	Zr	Y	Mo	Cu	Pb	Ni	Ag	Te	NTE	
B2O3	1.00	-0.74	-0.76	-0.46	0.36	-0.56	0.49	-0.75	-0.79	-0.74	-0.56	-0.49	-0.27	-0.63	-0.23	-0.66	0.01	0.06	-0.00	-0.50	-0.78	-0.77	-0.73	-0.83	-0.77	-0.54	-0.19	-0.39	-0.73	-0.32	-0.29	-0.09	-0.71	
Si		1.00	0.99	0.67	0.15	-0.02	-0.29	0.96	0.97	0.84	0.42	0.78	-0.31	0.95	0.61	0.74	-0.05	0.09	0.75	0.66	0.97	0.95	0.97	0.86	0.97	0.71	0.55	0.72	0.89	0.42	0.36	0.00	0.94	
Al			1.00	0.74	0.11	-0.02	-0.32	0.99	0.99	0.88	0.35	0.75	-0.29	0.89	0.50	0.75	-0.02	0.10	0.74	0.68	0.99	0.98	0.98	0.84	0.99	0.74	0.46	0.77	0.91	0.48	0.38	0.05	0.93	
Fe				1.00	0.24	-0.03	-0.38	0.73	0.72	0.79	0.06	0.74	-0.33	0.52	0.22	0.57	0.00	0.62	0.59	0.74	0.71	0.78	0.72	0.45	0.72	0.61	0.23	0.80	0.74	0.59	0.41	0.06	0.63	
Mg					1.00	-0.74	-0.08	0.08	0.02	0.04	0.11	0.37	-0.64	0.26	0.43	-0.03	0.15	0.28	0.23	-0.04	0.07	0.05	0.06	-0.09	0.07	-0.06	0.31	0.03	0.19	-0.04	-0.05	0.08	0.01	
Ca						1.00	-0.55	0.02	0.08	0.14	0.15	-0.22	0.84	-0.10	-0.34	0.22	-0.18	-0.17	-0.08	0.18	0.03	0.05	0.08	0.20	0.02	0.23	-0.29	0.04	0.04	0.20	0.12	-0.01	0.09	
Na							1.00	-0.31	-0.32	-0.36	-0.22	-0.22	-0.45	-0.24	0.00	-0.37	-0.12	-0.12	-0.24	-0.34	-0.29	-0.32	-0.33	-0.31	-0.29	-0.43	0.05	-0.33	-0.47	-0.26	-0.28	-0.28	-0.30	
K								1.00	0.99	0.86	0.29	0.72	-0.30	0.84	0.44	0.74	0.01	0.08	0.75	0.63	0.99	0.99	0.98	0.84	0.99	0.71	0.39	0.77	0.90	0.43	0.32	0.09	0.92	
Ti									1.00	0.87	0.33	0.75	-0.25	0.86	0.47	0.72	-0.05	0.10	0.76	0.69	0.99	0.98	0.99	0.86	0.99	0.76	0.43	0.79	0.91	0.45	0.39	0.05	0.94	
P										1.00	0.87	0.33	0.75	-0.25	0.86	0.47	0.72	-0.05	0.10	0.76	0.69	0.99	0.98	0.99	0.86	0.99	0.76	0.43	0.79	0.91	0.45	0.39	0.05	0.94
TOT/C											1.00	0.28	-0.02	0.53	0.52	0.15	-0.09	0.02	0.52	0.12	0.38	0.26	0.32	0.52	0.35	0.04	0.38	0.16	0.45	-0.02	0.06	-0.04	0.29	
TOT/S												1.00	-0.43	0.76	0.77	0.57	-0.08	0.56	0.72	0.74	0.71	0.70	0.75	0.52	0.74	0.52	0.78	0.64	0.71	0.42	0.22	-0.03	0.71	
Se													1.00	-0.32	-0.38	0.04	-0.09	-0.25	-0.40	-0.07	-0.29	-0.27	-0.28	-0.16	-0.30	-0.05	-0.30	-0.22	-0.21	-0.01	0.00	-0.05	-0.25	
Li														1.00	0.74	0.67	-0.12	0.06	0.71	0.59	0.87	0.80	0.87	0.80	0.86	0.64	0.67	0.58	0.83	0.32	0.34	-0.11	0.88	
As															1.00	0.35	-0.10	0.26	0.54	0.46	0.47	0.38	0.49	0.41	0.48	0.24	0.96	0.27	0.48	0.14	0.09	-0.09	0.49	
Cs																1.00	-0.06	0.02	0.41	0.51	0.73	0.74	0.71	0.58	0.73	0.54	0.37	0.54	0.61	0.43	0.24	-0.05	0.71	
Sr																	1.00	0.03	0.04	-0.15	-0.02	0.02	-0.06	0.11	0.00	-0.08	-0.15	0.05	0.00	-0.09	-0.09	0.89	-0.03	
Sb																		1.00	0.32	0.55	0.07	0.12	0.11	-0.07	0.10	0.05	0.32	0.42	0.24	0.23	0.29	0.00	0.01	
Ba																			1.00	0.44	0.78	0.73	0.75	0.72	0.78	0.37	0.42	0.58	0.81	0.08	0.10	0.15	0.63	
Co																				1.00	0.60	0.66	0.68	0.48	0.63	0.73	0.54	0.69	0.61	0.09	0.62	-0.10	0.68	
Nb																					1.00	0.98	0.98	0.87	0.99	0.68	0.41	0.78	0.91	0.37	0.34	0.05	0.91	
Rb																						1.00	0.97	0.82	0.98	0.72	0.35	0.79	0.88	0.50	0.33	0.10	0.89	
Tb																							1.00	0.87	0.99	0.73	0.45	0.81	0.90	0.41	0.40	0.05	0.94	
U																								1.00	0.88	0.54	0.34	0.63	0.76	0.17	0.34	0.15	0.85	
Zr																									1.00	0.67	0.43	0.79	0.90	0.38	0.34	0.07	0.92	
Y																										1.00	0.24	0.38	0.67	0.70	0.50	0.07	0.83	
Mo																											1.00	0.25	0.39	0.22	0.09	-0.17	0.47	
Cu																												1.00	0.80	0.26	0.68	0.12	0.70	
Pb																													1.00	0.30	0.42	0.13	0.79	
Ni																														1.00	0.18	-0.02	0.48	
Ag																														1.00	-0.10	0.40		
Te																															1.00	0.05		
NTE																																	1.00	

Şeyhler yatağı örneklerinin element kümelenmelerine baktığımızda genellikle kil grubu elementlerin (Si, Al, Fe, K) büyük bir grup şeklinde hareket ettiği görülmektedir. Bor minerali içerisinde zenginleştiği görülen eser elementlerden As, Cs, Sb ve Li'un kil grubu elementlerle, Se'un Ca ile pozitif, Sr'un ise Te ile pozitif korelasyonu söz konusudur (Çizelge 3). B₂O₃'un Na ile 0.49 ilişkisi dışında diğer hiçbir elementle pozitif anlamda önemli bir ilişkisi yoktur. Bu durum B₂O₃'un kökensel olarak büyük gruptan farklı bir kaynaktan geldiğini göstermektedir (Çizelge 3).

Birlikte hareket ettikleri belirlenen büyük gruba ait Si, Al ve Ti gibi ana elementler, Cr, Zr gibi eser elementler ve NTE alterasyona karşı çok duraylı olup, detritik kökeni işaret ederler (Boggs, 2009; Fu vd. 2011). Buna göre bu grubu oluşturan elementler karasal katkıyı gösteren killere birlikte göl ortamına taşınmışlardır.

Şeyhler bölgesine ait element davranışları genel olarak birbirine benzemektedir. Başta Si ve Al olmak üzere Fe, K, Na gibi ana elementler genel olarak karasal kökeni (detritik) ve killere bağlı hareketi (taşınma ve çökelmeyi) işaret eder. Bu

elementlerin birlikte hareket ettiği eser elementler için de aynı açıklama söz konusudur.

Nadir Toprak Element Analizi (NTE)

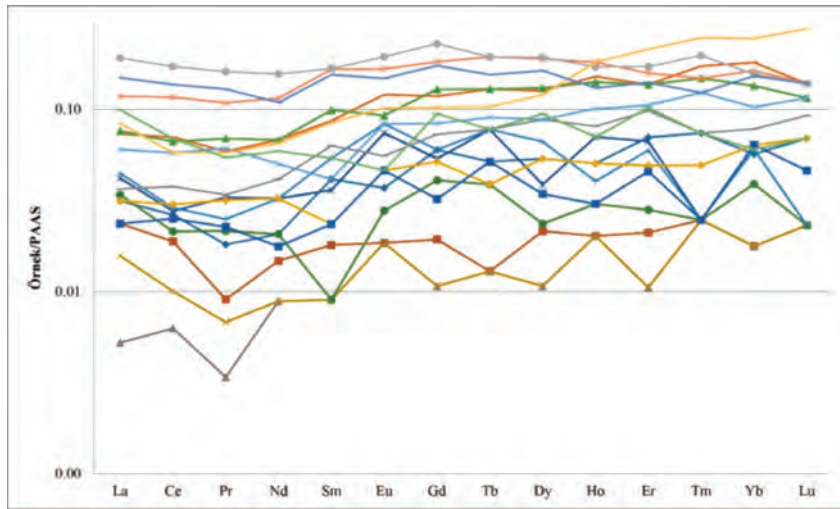
Şeyhler yatağının oluşum ortamına ait bazı fizikokimyasal şartları belirlemek için boratların NTE içeriklerinden yararlanılmıştır. Bunun için NTE analiz sonuçları PAAS ortalamalarına göre normalize edilmiş (Taylor ve McLennan,1985) ve örümcek diyagramları çizilmiştir (Çizelge 4; Şekil 6).

Emet Şeyhler örneklerinin \sum NTE ortalaması 0.73-32.22 ppm arasında ve ortalama 10.81 ppm değerindedir (Çizelge 4). Bu değerler, NTE'nin Şeyhler bölgesinde oldukça düşük değerlerde olduğunu göstermektedir. Ayrıca, Hafif Nadir Toprak Elementlerin (HNTE) bollukları, Ağır Nadir Toprak Elementlere (ANTE) göre daha fazladır.

Çalışma alanındaki örneklerde belirgin Ce ve Eu anomalileri görülmektedir (Şekil 6). Bu anomaliler $Ce^* = CeN./[2/3L_{anorm.} + 1/3Pr_{norm.}]$,

$Eu^* = Eu_N / [2/3Sm_N + 1/3Gd_N]$ ve $Ce_{anom} = \log [3 \times Ce_N / (2 \times La_N + Nd_N)]$ formülleri ile hesaplanmıştır. Buna göre Şeyhler bölgesi örneklerinde hesaplanan Ce^* değeri ortalama 0.93 (0.79-1.36), Eu^* değerleri ortalama 1.26 (0.78-1.93) iken Ce_{anom} değeri ortalama -0.05 (-0.15 ile 0.07)'dir.

$Ce_{anom} > -0.1$ değeri Ce 'un zenginleşmesini, $Ce_{anom} < -0.1$ durumu ise negatif Ce anomalisini işaret eder (Wright ve Holser, 1987). Şeyhler boratlarında $Ce_{anom} < -0.1$ olması (Çizelge 4) ortamın oksijenli olduğunun göstergesidir (Constantopoulos, 1988; Canet vd. 2005). Ayrıca Fleet vd. (1976) tarafından hafif negatif Ce anomalisinin volkanik girdiyi işaret ettiği bildirilmiştir (Şaşmaz vd. 2014).



Şekil 6. Şeyhler borat örnekleri NTE dağılımları (Taylor ve McLennan, 1985'e göre normalize edilmiştir)

Figure 6. REE distribution for Şeyhler borate samples (normalized with Taylor and McLennan 1985)

Çizelge 4. Emet Şeyhler borat örneklerine ait Nadir Toprak Element jeokimyası sonuçları (1) Krauskopf (1989), (2) Schroll (1975), (3) Abollino et al. (2004)* değer yok.

Table 4. Rare earth elements contents of Emet Şeyhler borate samples. (Continued) (1) Krauskopf (1989), (2) Schroll (1975), (3) Abollino et al. (2004). (1991). * no value.

Örnek No	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Y
IS-2	1.20	2.10	0.16	0.70	0.23	0.04	0.28	0.04	0.25	0.05	0.20	0.03	0.16	0.03	2.00
IS-3	0.90	1.50	0.08	0.50	0.10	<0.02	0.09	<0.01	0.10	<0.02	0.06	<0.01	<0.05	<0.01	0.30
IS-5	0.20	0.50	0.03	<0.3	<0.05	<0.02	<0.05	<0.01	<0.05	<0.02	<0.03	<0.01	<0.05	<0.01	0.40
IS-7	0.60	0.80	0.06	<0.3	<0.05	<0.02	<0.05	<0.01	<0.05	<0.02	<0.03	<0.01	<0.05	<0.01	0.40
IS-8	1.60	2.20	0.29	1.10	0.20	0.08	0.25	0.06	0.18	0.07	0.19	0.01	0.17	<0.01	1.60
IS-9	1.30	1.70	0.19	0.70	<0.05	0.03	0.19	0.03	0.11	0.03	0.08	<0.01	0.11	<0.01	1.10
IS-10	1.70	2.30	0.22	1.10	0.30	0.09	0.28	0.06	0.31	0.04	0.17	<0.01	0.17	0.01	1.50
IS-11	2.80	5.60	0.52	2.30	0.48	0.13	0.55	0.10	0.59	0.15	0.39	0.07	0.51	0.06	4.10
IS-12	1.40	3.00	0.30	1.40	0.35	0.06	0.34	0.06	0.41	0.08	0.28	0.03	0.22	0.04	2.30
IS-13	1.20	2.40	0.28	1.10	0.13	0.05	0.24	0.03	0.25	0.05	0.14	0.02	0.18	0.03	1.90
IS-14	0.90	2.00	0.20	0.60	0.13	0.05	0.15	0.04	0.16	<0.03	0.13	0.01	0.18	0.02	1.50
IS-15	2.90	5.30	0.61	2.30	0.55	0.10	0.60	0.10	0.61	0.14	0.39	0.06	0.38	0.05	4.20
IS-16	2.30	4.60	0.54	1.70	0.23	0.09	0.39	0.07	0.41	0.10	0.30	0.05	0.29	0.05	2.70
IS-17	4.50	9.30	0.96	3.90	0.92	0.18	0.85	0.15	0.88	0.18	0.45	0.06	0.46	0.06	5.30
IS-18	7.30	13.70	1.42	5.30	0.93	0.21	1.07	0.15	0.90	0.17	0.49	0.08	0.44	0.06	5.10
IS-19	3.20	4.60	0.51	2.20	0.47	0.11	0.48	0.08	0.56	0.18	0.61	0.10	0.69	0.12	5.10
IS-20	5.70	10.90	1.14	3.70	0.86	0.16	0.81	0.12	0.76	0.13	0.40	0.05	0.43	0.06	3.70
IS-21	3.80	5.50	0.48	2.00	0.30	0.05	0.44	0.06	0.44	0.07	0.29	0.03	0.17	0.03	3.10
Ortalama	2.42	4.33	0.44	1.91	0.41	0.10	0.44	0.08	0.43	0.10	0.29	0.05	0.30	0.05	2.57
Değişim Aralığı	0.20-7.30	0.50-13.70	0.03-1.42	<0.35-3.0	<0.05-0.93	<0.02-0.21	<0.05-1.07	<0.01-0.15	<0.05-0.90	<0.02-0.18	<0.03-0.61	<0.0-0.10	<0.05-0.69	<0.01-0.12	0.30-5.30
Yerkabuğu Ort. (1)	35	70	8	30	7	1.2	7	1	6	1.5	3.5	0.5	3.5	0.6	35
Andezit Ort. (2)	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	25
Tafslu Ort. (3)	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

Çizelge 4/Table 4 (devam/ (Continued))

Örnek No	HNTE	ANTE	TNTE	HNTE/ANTE	$C_{ranium} = \log [3 \times CrN / (2 \times LaN + NdN)]$	$Co^{2+} / CrN [2/3La_{norm} + 1/3Pr_{norm}]$	CrN/Cr^{+}	$Eu^{+}/EuN [2/3SmN + 1/3GdN]$	Y/Hu
IS-2	4.43	1.04	5.47	4.26	-0.02	0.98	0.03	0.78	40.00
IS-3	3.08	0.25	3.33	12.32	-0.04	1.01	0.02	1.00	15.00
IS-5	0.73	0.00	0.73	0.00	-0.01	1.36	0.00	1.93	20.00
IS-7	1.46	0.00	1.46	0.00	-0.13	0.79	0.01	1.93	20.00
IS-8	5.47	0.93	6.40	5.88	-0.15	0.71	0.04	1.77	22.86
IS-9	3.92	0.55	4.47	7.13	0.14	0.72	0.03	1.42	36.67
IS-10	5.71	1.04	6.75	5.49	-0.15	0.76	0.04	1.49	37.50
IS-11	11.83	2.42	14.25	4.89	-0.01	1.03	0.07	1.24	27.33
IS-12	6.51	1.46	7.97	4.46	-0.01	1.05	0.04	0.84	28.75
IS-13	5.16	0.94	6.10	5.49	-0.02	0.96	0.03	1.41	38.00
IS-14	3.88	0.72	4.60	5.39	0.07	1.08	0.02	1.76	50.00
IS-15	11.76	2.33	14.09	5.05	-0.04	0.90	0.07	0.85	30.00
IS-16	9.46	1.66	11.12	5.70	0.01	0.95	0.06	1.50	27.00
IS-17	19.76	3.09	22.85	6.39	0.00	1.02	0.11	0.97	29.44
IS-18	28.86	3.36	32.22	8.59	-0.02	0.95	0.18	1.03	30.00
IS-19	11.09	2.82	13.91	3.93	-0.13	0.77	0.08	1.12	28.33
IS-20	22.46	2.76	25.22	8.14	0.00	0.96	0.14	0.92	28.46
IS-21	12.13	1.53	13.66	7.93	-0.09	0.82	0.08	0.69	44.29
Ortalama	9.32	1.49	10.81	5.61	-0.05	0.93	0.06	1.26	30.76
Değişim Aralığı	0.73-28.86	0.0-3.36	0.73-32.22	0.0-12.32	*	*	*	*	*
Yerkabuğu Ort. (1)	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Anaolit Ort. (2)	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Tafel Ort. (3)	*	*	*	*	*	*	*	*	*

Çizelge 4'e göre Şeyhler bölgesinde 12 seviyede pozitif Eu anomalisi 6 seviyede de negatif Eu anomalisi olduğu görülmektedir. Negatif Eu anomalisi farklı ortamlarda görülebildiğinden bölge de görülen negatif Eu anomalisine dayalı belirli bir yorum yapmak güçtür. Borun Şeyhler yatağında göl ortamı ve volkanik faaliyetlerle (hidrotermal çözeltilerle) ilişkisi göz önüne alındığında NTE'nin doğal ve hidrotermal sulardaki dağılımını da dikkate almak gerekir. Hidrotermal suları okyanusal ve kıtasal kökenli olarak sınıflandıran McLennan (1989), kıtasal kökenli hidrotermal suları da yüksek ve düşük pH'lı olmak üzere ikiye ayırmıştır. Ayrıca negatif Eu anomalisi gösteren sular bu yazar tarafından kıtasal ortamın yüksek pH'lı hidrotermal suları olarak tanımlanmıştır. Buna göre, negatif Eu anomalisi gösteren Şeyhler bölgesi çökeltme ortamının yüksek pH'lı hidrotermal sular tarafından beslendiği ortaya çıkmaktadır. Diğer bir değerlendirmede, negatif Eu anomalisi, oksijeni az indirgen ortamları gösteren bir faktör olarak ileri sürülmektedir (Constantopoulos, 1988; Henderson, 1984). Hidrotermal çözeltiler ve yıkanma (leaching) olayları, Eu^{3+} 'ün Eu^{2+} 'ye indirgenmesine ve dolayısıyla negatif Eu anomalisine sebep olmaktadır (Sverjensky, 1984; Bau, 1991; Bence ve Taylor, 1985).

Pozitif Eu anomalisinin magmatik kökenin işaretçisi olduğu gibi (Nonce ve Taylor, 1977;

Bhatia, 1985; Sant'Anna vd. 2005) aynı zamanda CO_2 varlığını göstermektedir. (Graf, 1977, Gale vd. 1997) ve bu da ortamdaki volkanik faaliyetlerin ürettiği CO_2 ile ilişkilendirilebilir.

Bu açıklamalara göre, Şeyhler bölgesinde görülen negatif Eu anomalisi, oksijenli göl ortamında oluşan borat oluşumları dikkate alındığında açıklanması gereken bir sorun haline gelmektedir. Çünkü oksijence zengin böyle ortamlarda Eu^{2+} kolaylıkla Eu^{3+} 'e yükseltgenerek Ca ve Na gibi elementlerle iyon yarıçapları yakınlığından dolayı borat oluşumuna katılabilir ve bu da pozitif Eu anomalisine sebep olabilir. O halde Şeyhler boratlarındaki negatif Eu anomalisinin başka bir açıklaması olmalıdır. Öncelikle hidrotermal sularla ve yan kayaç feldspatlarının kimyasal alterasyonu göl ortamına yeterince Eu taşınmadığı ileri sürülebilir. Pozitif Eu anomalisi köken açısından Ca-plajiyoklazları işaret etmektedir (Weill ve Drake, 1973). İnceleme alanındaki volkanitlerin Ca-plajiyoklas içeriğinin bol ve alterasyonun yeterli etkinlikte olması durumunda Emet Şeyhler borat yatağını oluşturan göl ortamında Eu artışı olurdu. Kıtasal kabuk katkısının yeterli olmaması yüzünden negatif Eu anomalisinin ortaya çıkması Usui ve Mita (1995) tarafından iklimin soğuk oluşu ve alterasyonun az oluşuna bağlanmıştır (Şaşmaz vd. 2014).

Ca-borat çökelinin olduğu seviyelerde çok hafif de olsa pozitif Ho anomalisi belirlenmiştir. Bu durum Ho'un, Ca ile iyon yarıçapı benzerliğinden kaynaklanmaktadır.

Şeyhler bölgesi boratlarında Y/Ho değerleri ortalaması 30 (15-44) olarak bulunmuştur. Modern deniz suyu, kondrite (26-28) göre önemli derecede yüksek bir Y/Ho oranına (44-74) sahiptir (Kamber ve Webb, 2001). Jeolojik malzemelerin büyük çoğunluğu (tüm volkanik kayalar ve kırıntılı çökeller dahil) kondritik oranlara sahiptir (Nozaki vd. 1997). Şeyhler boratlarının da kondritik oranlara sahip oldukları görülmektedir.

HNTE bileşenleri, ANTE bileşenlerinden daha duraylıdır (Cantrell ve Bryne 1987). HNTE'lerindeki zenginleşme, hidrotermal sistemin herhangi bir yerinde NTE'lerin yıkanarak yeniden depolanması anlamını da taşır. ONTE zenginleşmesinin, sıcak doğal akışkanlar ve asit yıkanmalarında gözlenmesi karakteristiktir (Fee vd. 1992, Johannesson vd. 1996). Aynı zamanda orta asidik kaynaktan çıkan NTE bileşenleri, pozitif Eu anomalisi ve ONTE zenginleşmesi göstermektedir (Johannesson vd. 1996).

Sonuç olarak, Emet Şeyhler borat bölgesinde hesaplanan Ce değerleri ve anomalileri borat çökelim ortamının oksijenli bir ortam olduğunu göstermektedir. Ancak, incelenen bazı örneklerdeki düşük Ce anomalisi kısmi oksijenli ortamı işaret ettiğinden (Kato ve Isozaki, 2009), boratları oluşturan göl ortamının bazı kesimlerinde H₂S'li hidrotermal çözeltilerin katkısı olabileceği de düşünülmelidir. Nitekim Emet borat yataklarındaki realgar, orpiment ve nabit kükürt minerallerinin varlığı, bu yorumu destekler niteliktedir. 6 örnekte belirlenen zayıf negatif Eu anomalisi ise, karalarda yeterli alterasyon gelişmemesi ve dolayısıyla göl ortamına yeterli Eu katkısının olamayışıyla açıklanabilir.

SONUÇLAR

Şeyhler yatağında bor minerali olarak kolemanit, üleksit ve hidroborasit mineralleri tespit edilmiştir. Bor mineralleri dışında dolomit, kalsit, kristobalit, skolezit, kil minerali olarak smektit grubu (montmorillonit) ve illite rastlanmıştır.

Emet yataklarında ana elementlerden Ca, YKO'ya ve AO'ya göre artış göstermiştir. Eser elementlerden de As, Se, Cs, Sr, Sb ve Li zenginleşmeleri belirlenmiştir.

Özellikle borat yatağında zenginleşen As, Se, Cs, Sr, Sb ve Li elementler Özkul vd. (2017)'nin çalışmasında belirttiği gibi borat yataklarının bulunmasında iz bulucu element olarak kullanılabilir.

Şeyhler bölgesinde zenginleştiği belirlenen As, Se, Sr, Cs, Sb ve Li gibi elementlerden bazılarının (Se ve Li gibi) yan ürün olarak kazanılması bu çalışmada önerilmektedir. Bunun için Ar-Ge çalışmalarına ihtiyaç vardır. Zenginleşen diğer elementler de bu kapsamda ele alınabilir. Böylece dünyada en çok Türkiye'de bulunan bor rezervlerinin daha ekonomik değerlendirilmesi yapılmış olacaktır.

Elementlerin korelasyon cluster analizlerine göre, Zr, Nb, K, Rb, Th, Ti, Al, Si, NTE, Pb, P, Li, U, Cs, Cu, Ba, Fe, Y, TOT/S, Co, Ni, Mo, As, Ag, TOT/C, Mg ve Sb birinci grup, Te, Sr, Se, Ca, Na ve B₂O₃ elementlerinin oluşturduğu ikinci grup şeklindedir.

B'un kil grubunu temsil eden elementlerle negatif ilişki göstermesi borun kaynağının onlardan farklı olduğunu ve büyük oranda detritik olmadığını işaret etmektedir.

As, Cs, Sb ve Li kil grubu elementlerle, Se'un Ca ile Sr'un Te ile pozitif korelasyonu söz konusudur.

Emet Şeyhler bölgesinde Ce ve Eu negatif ve pozitif anomalisi söz konusudur. Şeyhler borat yatağının olduğu sedimanter ortamda, ortamın

oksijenli olduğu, yüksek pH'lı hidrotermal suların borat oluşum sürecine katıldığı, kıtasal kabuk katkısından ve düşük sıcaklıktan dolayı yeraltı suları ile yatay volkanik kayaçların az etkileştiği, bunun da negatif Eu anomalisini doğurduğu ileri sürülebilir.

Sonuç olarak; jeolojik veriler, baskın hidrotermal katkı, killere bağlı elementler, alkalin koşullarda oluşan minerallerin varlığı ve NTE anomalileri Emet Şeyhler borat yataklarının, volkanik ve karasal malzemelerle beslenen ve yüksek pH'lı playa göllerinde, kurak-yarı kurak iklim etkisindeki evaporasyon koşullar altında oluştuğu söylenebilir.

EXTENDED SUMMARY

Nearly 72% world's borate reserves are in western part of Turkey. Newly discovered Şeyhler (Emet, Kütahya) deposit is one of these deposits. The Şeyhler borate deposit, like other deposits in western Anatolia, was deposited in Miocene lacustrine environment whose formation coincides with volcanic activity that started in Paleogene and lasted until the beginning of Quaternary. All mineralizations are associated with volcanic activity. Most of boron is transported in the lacustrine environment by the agency of hydrothermal solutions during volcanic activity. The borate ore displaying lenticular structure is alternated with claystone, marl, tuff and thin bedded limestone. The mineral paragenesis is composed of colemanite, hydroboracite, ulexite, dolomite, calcite, cristobalite, scolecite, montmorillonite, and illite.

In the present study major and trace element contents of 18 borate samples from this deposit are discussed. The main element, Ca in Emet Şeyhler deposits is increased compared with the averages of Earth crust and common andesite. Among the trace elements, significant enrichment is determined in As, Se, Sr, Cs, Sb and Li. It can be

concluded that based on the concentration of Se and Li elements could be recovered as by product, besides B. Element correlations indicate volcanic source for boron (exhalations and hydrothermal solutions) whilst other elements are found to be derived from a terrestrial source. According to REE data, Ce and Eu anomalies observed in the REE distribution diagrams showed that deposits formed under high oxygen and hydrothermal contribution.

DEĞİNİLEN BELGELER

- Abollino, O., Aceto, M., Buoso, S., Gasparon, M., Green, W. J., Malandrino, M. and Mentasti, E., 2004. Distribution of major, minor and trace elements in lake environments of Antarctica. Antarctic Science, 16(3), 277–291.
- Akdeniz, N. ve Konak, N., 1979. Simav – Emet – Dursunbey – Demirci Yörelerinin Jeolojisi. MTA Derleme Raporu, No. 6547.108s.
- Bau, M., 1991. Rare-earth element mobility during hydrothermal and metamorphic fluid rock interaction and the significance of the oxidation state of europium. Chemical Geology, 93 (3-4), 219– 230.
- Bence, A.E. and Taylor, B.E., 1985. Rare earth element systematics of West Shasta Metavolcanic Rocks: Petrogenesis and hydrothermal alteration. Economic Geology, 80(8), 2164-2176
- Bhatia, M.R. 1985. Rare earth element geochemistry of Australian Paleozoic graywacks and mudrocks: Provenance and tectonic control. Sedimentary Geology, 45(1-2), 97- 113.
- Boggs, S. 2009. Petrology of Sedimentary Rocks. Cambridge University Press, Cambridge, England. 600 p.
- Canet, C., Prol-Ledesma, R.M., Proenza, J. A., Rubio-Ramos, M.A., Forrest, M J., Torres-Vera, M.A. and Rodriguez-Diaz A., 2005. Mn–Ba–Hg mineralization at shallow submarine hydrothermal veins in Bahý'a Concepcio'n, Baja California Sur, Mexico. Chemical Geology, 224, 96– 112.
- Cantrell, K.J. and Bryne R.H. 1987. Rare earth element complexation by carbonate and oxolate ions. Geochimica Cosmochimica Acta, 51, 597-605.

- Constantopoulos, J., 1988. Fluid inclusion and REE geochemistry of fluorite from south central Idaho. *Economic Geology*, 83(3), 626–636.
- Cooper, M. A., Hawthorne F. C., García-Veigas, J., Alcobé, X., Helvacı, C., Grew, E. S. and Ball, N. A. 2015. Fontarnauite, $(\text{Na,K})_2(\text{Sr,Ca})(\text{SO}_4)[\text{B}_5\text{O}_8(\text{OH})](\text{H}_2\text{O})_2$, A New Sulfate-Borate Mineral From Doğanlar (Emet), Kütahya Province, Western Anatolia, Turkey. *Canadian Mineralogist*, 53, 803-820
- Çolak, M., Helvacı, C. and Maggetti, M., 2000. Saponite from the Emet Colemanite Mines, Kütahya, Turkey. *Clays and Clay Minerals* 48(4), 409-423.
- Dündar, A., Güngör, N., Gürsel, T., Özden, M. ve Özyeğin, E. 1986. Kütahya-Emet Bor Tuzu Yatağı Nihai Değerlendirme Raporu, MTA Raporu, 151s (yayımlanmamış)
- Erdem, N. İ., 2010. Emet-Hisarçık(Kütahya) Bor Yataklanmasını Oluşturan Bor Minerallerinin Dağılımları, Jeokimyası ve Oluşum Ortamlarının İncelenmesi, Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü., Kocaeli, Yüksek Lisans Tezi, 58s (yayımlanmamış)
- Fleet, H.J., Henderson, P. and Kepme, D.D.C. 1976. Rare earth element and related chemistry of some drilled Southern Indian Ocean basalts and volcanogenic sediments. *Journal of Geophysical Research (JGR)* 81, 4257–4268.
- Floyd, P.A., Helvacı, C. and Mittweide, S.K., 1997. Geochemical Discrimination Of Volcanic Rocks Associated with Borate Deposits: an exploration tool? *Journal of Geochemical Exploration*, 60(3), 185–205.
- Fee, J.A., Gaudette, H.E., Lyons, W.B. and Long, D.T. 1992. Rare earth element distribution in the Lake Tyrell groundwaters, Victoria, Australia. *Chemical Geology*, 96, 67-93.
- Fu, X., Wang, J., Zeng, Y., Tan, F. and He, J., 2011. Geochemistry and origin of rare earth elements (REEs) in the Shengli River oil shale, northern Tibet, China. *Chemie Der Erde-Geochemistry*, 71(1), 21-30.
- Gale G.H., Dabek L.B. and Fedikov, M.A.F., 1997. The application of rare earth element analyses in the exploration for volcanogenic massive sulphide deposites. *Exploration and Mining Geology*, 6(3), 233-252
- García-Veigas, J., Rosell, L., Alcobé, X., Subias, I., Ortí, F., Gündoğan, I. and Helvacı, C., 2010a. Fontarnauite, a new sulphate-borate mineral from the Emet borate district (Turkey). *Macla*, 13, 97–98.
- García-Veigas, J., Ortí, F., Rosell L., Gündoğan, I. and Helvacı, C., 2010b. Occurrence of a new sulphate mineral: $\text{Ca}_7\text{Na}_3\text{K}(\text{SO}_4)_9$ in the Emet borate deposits, western Anatolia (Turkey). *Geological Quarterly*, 54(4), 431–438.
- García-Veigas, J., Ortí, F., Rosell L., Gündoğan, I. and Helvacı, C., 2011. Mineralogy, diagenesis and hydrochemical evolution in a probertite–glauberite–halite saline lake (Miocene, Emet Basin, Turkey). *Chemical Geology*, 280(3-4), 352–364.
- Gawlik, J., 1956. Emet Kütahya Neojenindeki Borat Zuhuruna Ait Rapor, MTA Derleme Raporu, No:2479. (yayımlanmamış)
- Graf, J.L., 1977. Rare earth elements as hydrothermal tracers during the formation of massive sulphide deposits in volcanic rocks, *Economic Geology*, 72(4), 527-548.
- Habashi, F., 1997. Handbook of Extractive Metallurgy. Wiley VCH. Weinheim. Germany. 2426p
- Hatipoğlu, Z. N., 2010. Emet (Kütahya) Borat Havzası Volkanosedimanter Çökellerinin Mineralojisi ve Jeokimyası. Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Ankara, Yüksek Lisans Tezi, 115s (yayımlanmamış)
- Helvacı, C. ve Firman, R.J., 1977. Emet Borat Yataklarının Jeolojik Konumu ve Mineralojisi. *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, 2, 17-29.
- Helvacı, C. 1984. Occurrence of rare borate minerals: Veatchite-A, Tunellite, Teruggite and Cahnite in the Emet Borate Deposit, Turkey. *Mineralium Deposita*, 19 (3), 217-226.
- Helvacı, C. and Orti, F. 1998. Sedimentology and diagenesis of Miocene colemanite-ulexite deposits (western Anatolia, Turkey). *Journal of Sedimentary Research*, 68(5),1021-1033.
- Helvacı, C. 2003. Türkiye Borat Yatakları. Jeolojik Konumu, Ekonomik Önemi ve Bor Politikası. BAÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi. 5(1) 4-41.
- Helvacı, C. 2004. Türkiye Borat Yatakları. Jeolojik Konumu, Ekonomik Önemi ve Bor Politikası. 5. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, 13-14 Mayıs, İzmir, Türkiye, s.11-27.

- Helvacı, C. 2015a. Geological Features of Neogene Basins Hosting Borate Deposits: An Overview of Deposits and Future Forecast, Turkey. Bulletin of the Mineral Research and Exploration, 151, 173-219.
- Helvacı, C. 2015b. Review of The Occurrence of Two New Minerals in The Emet Borate Deposit, Turkey: Emetite, $\text{Ca}_7\text{Na}_3\text{K}(\text{SO}_4)_6$, and Fontarnauite, $\text{Na}_2\text{Sr}(\text{SO}_4)[\text{B}_5\text{O}_8(\text{OH})](\text{H}_2\text{O})_2$. Bulletin of the Mineral Research and Exploration, 151, 273-287.
- Henderson, P. 1984. Rare Earth Element Geochemistry. Developments in Geochemistry. Elsevier, Amsterdam, pp 317-347.
- İlhan, A. 2006. Emet ve Hisarcık (Kütahya) Civarı Bor Yataklarının Mineralojik ve Jeokimyasal İncelenmesi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Ankara, Yüksek Lisans Tezi, 88s. (yayımlanmamış)
- İnan, K. 1975. Sulu Bor Mineral Yataklarının Oluşumu, Türkiye Jeoloji Bülteni, 18(1-2), 165-168.
- Johannesson, K.H., Lyons, W.B., Yelken, M.A., Gaudette, H.E. and Stetzenbach, K.J. 1996. Geochemistry of rare earth elements in hypersaline and dilute acidic natural terrestrial waters: Complexation behaviour and middle rare earth element enrichment. Chem. Geol., 133, 125-144.
- Kamber B.S. and Webb G.E. 2001. The geochemistry of late Archaean microbial carbonate: implications for ocean chemistry and continental erosion history. Geochimica Cosmochimica Acta, 65(15):2509–2525
- Kato, Y. and Isozaki, Y., 2009. □Comment on “Evaluation of palaeo-oxygenation of the ocean bottom cross the Permian-Triassic boundary” by Kakuwa (2008): Was the Late Permian deep-superocean really oxie? Global and Planetary Change, 69(1-2), 79-81.
- Koç, Ş., Kavrazlı, and Ö., Koçak, İ., 2008a. Geochemistry of colesmanite deposit of Kestelek, Bursa, Turkey. 33rd. International Geological Congress, August 6-14th, Oslo, Norway, Abstracts MRB-01 (<http://www.cprm.gov.br/33IGC/1352424.html>).
- Koç, Ş., Koçak, İ. and Kavrazlı, Ö., 2008b. Trace Elements Concentrations of Colemanite in Kestelek Borate Deposit. 16th International Symposium on Boron, Borides and Related Materials, Matsue, Shimane, Japan, September 7-12, p.57-58.
- Koç, Ş., Kavrazlı, Ö. and Koçak, İ., 2017. Geochemistry of Kestelek Colemanite Deposit, Bursa, Turkey. Journal of Earth Science, 28 (1), 63-77
- Koçak, İ., 2014. Batı Anadolu Borat Yataklarının Jeokimyasal İncelenmesi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Ankara, Doktora Tezi, 318s. (yayımlanmamış)
- Koçak, İ. and Koç, Ş., 2009. Trace element enrichment of Bigadiç Borates deposits, Balıkesir, Türkiye. Goldschmidt Conference Abstracts 2009, June 22-26th, Davos, Switzerland. Geochimica Cosmochimica Acta, 73 (13), 671
- Koçak, İ. and Koç, Ş., 2011. Trace Element Contents of Bigadiç and Kestelek Borate Deposits. 17th International Symposium on Boron Borides and Related Materials September 11-17, İstanbul, Turkey, p232
- Koçak, İ. and Koç, Ş., 2012a. Major and Trace Element Geochemistry of the Bigadiç Borate Deposit, Balıkesir, Turkey. Geochemistry International, 50 (11), 926–951
- Koçak, İ. ve Koç, Ş. 2012b. Kırka Borat Yatağında Zenginleşen Eser Elementler. V. Ulusal Jeokimya Sempozyumu, Bildiriler ve Özetler Kitabı, 23-25 Mayıs, Denizli, s.43-44.
- Koçak, İ. and Koç, Ş., 2016. Geochemical characteristics of Kırka (Sarıkaya) borate deposit, northwestern Anatolia, Turkey. Journal of Earth System Science, 125 (1), p.147-164
- Krauskopf, K.B., 1989. Introduction to Geochemistry. McGraw-Hill international editions, 617p.
- Michard A. and Alberede F., 1986. The REE content of some hydrothermal fluids. Chemical Geology, 55, (1–2), 51–60.
- McLennan, S.M., 1989. Rare Earth Elements in Sedimentary Rocks Influence of Provenance and Sedimentary Processes. Chapter in: Geochemistry and Mineralogy of Rare Earth Elements. B. R. Lipin and G.A. Mckay (Eds). Book Crafters, Michigan, 348 pp.
- Nonce, W.B. and Taylor, S.R. 1977. Rare earth patterns and crustal evolution. II. Archean Sedimentary Rocks from Kalgoorlie, Australia. Geochimica Cosmochimica Acta, 41(2), 225-231.
- Nozaki Y., Zhang J. and Amakawa H. 1997. The fractionation between Y and Ho in the marine environment. Earth and Planetary Science Letters, 148, 329–340.

- Özkul, C. 2008. Emet (Kütahya) Neojen Havzası Bor Prospeksiyonu: Hedef Saptamada Jeokimyasal Yöntem Geliştirme, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. Kocaeli, Doktora Tezi, 158s. (yayımlanmamış)
- Özkul C., Çiftçi, E., Tokel, S., and Savaş M., 2017. Boron as an exploration tool for Terrestrial Borate Deposits: A soil geochemical study in Neogene Emet-Hisarçık Basin Where the World Largest Borate Deposits Occur (Kütahya-Western Turkey). *Journal of Geochemical Exploration*, 173, 31–51
- Özpeker, İ. 1969. Batı Anadolu Borat Yataklarının Mukayeseli Jenetik Etüdü, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü. Doktora Tezi, İstanbul, 116s. (yayımlanmamış)
- Sant'Anna, L.G., Clauer, N., Cordani, U.G., Riccomini, C., Velázquez, V.F. and Liewig, N. 2005. Origin and migration timing of hydrothermal fluids in sedimentary rocks of the Paraná Basin, South America. *Chemical Geology*, pp., 1-21.
- Schroll, E., 1975. *Analytische Geochemie*. Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart, 292p.
- Sverjensky, D. A., 1984, Europium redox equilibria in aqueous solution. *Earth Planet Science Letters*, 67(1), 70-78.
- Şahinci, A. 1991. Doğal Suların Jeokimyası, Reform Matbaası, 548s, İzmir.
- Şaşmaz A., Türkyılmaz, B., Öztürk, N., Yavuz, C. and Kumral, M., 2014. Geology and Geochemistry of Middle Eocene Maden Complex Ferromanganese Deposits from Elazığ-Malatya Region, Eastern, Turkey. *Ore Geology Reviews*, 56, 352-372.
- Taylor, S.R. and McLennan, S.M., 1985. *The Continental Crust: Its Composition and Evolution*. Blackwell, Oxford, 312 p.
- Usui, A. and Mita, N., 1995. Geochemistry and mineralogy of a modern buserite deposit from a hot spring in Hokkaido, Japan. *Clay and Clays Minerals*, 43(1), 116–127.
- Weill, D.F. and Drake, M.J. 1973. Europium Anomaly in Plagioclase Feldspar: Experimental Results and Semi quantitative Model. *Science*, 180 (4090), 1059–1060.
- Wright, J., Schrader, H. and Holser, W.T. 1987. Paletedox variations in ancient oceans recorded by rare earth elements in fossil apatite. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 51(3), 631-644.
- Yalçın, H. 1984. Emet Neojen Gölsel Baseninin Jeolojik ve Mineralojik-Petrografik İncelenmesi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Ankara, Yüksek Mühendislik Tezi, 198 s (yayımlanmamış)
- Yalçın, H., Semelin, B. ve Gündoğdu, M.N. 1985. Emet gölsel Neojen baseninin jeolojik incelenmesi (Hisarçık güneyi). *H. Ü. Yerbilimleri Dergisi*, 12, 39 -52.
- Yalçın, H., Gündoğdu, M.N. 1985. Emet gölsel Neojen baseninin kil mineralojisi. II. Ulusal Kil Sempozyumu, H.Ü. Beytepe-Ankara, 24-27 Eylül, Bildiriler Kitabı (Eds. M.N. Gündoğdu ve H. Aksoy), 155-170.
- Yalçın, H. ve Gündoğdu, M. N., 1987. Neojen yaşlı Emet gölsel volkanosedimanter baseninin mineralojik-petrografik incelenmesi: Neoformasyon minerallerinin oluşumu ve dağılımı. *H.Ü. Yerbilimleri Dergisi*, 14, 45 -61.



Belek Kıyısı (Antalya) İçin Kıyı Kenar Çizgisinin Önemi
Importance of Shoreline for the Belek Coast (Antalya, Turkey)

Mehmet Özçelik 

Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Müh. Böl. 32260, Isparta

Geliş/Received : 24.03.2017 • Düzeltmiş Metin Geliş/Revised Manuscript Received : 13.06.2017 • Kabul/Accepted : 16.06.2017 • Baskı/Printed : 01.08.2017

Araştırma Makalesi/Research Article

Türkiye Jeol. Bül. / Geol. Bull. Turkey

Öz: Türkiye'nin en önemli turizm merkezi olan Antalya'nın kıyılarının uzunluğu yaklaşık 640 km'dir. Kıyı bölgesi hızlı bir şekilde yapılaşmadan dolayı tahrip edilmiştir. Belek kıyıları flora ve fauna türleri için uygun habitatlar oluşturmakta ve mikro iklimatik özellikleri nedeniyle tatil ve dinlenme olanakları sağlayan önemli turizm alanıdır. Belek kıyısı, kumulların biçimlendirdiği 29 km kıyısız alana sahiptir. Az bulunan flora ve faunanın yaşam ortamıdır. Gün geçtikçe gelişen turizm faaliyetleri Belek kıyıları daha fazla cazip kılmaktadır. Kıyı Kanununa göre kıyı çizgisi ile kıyı kenar çizgisi arasındaki alan kıyı olarak tanımlanmaktadır. Günümüzde kıyı alanlarından daha fazla yararlanmak için beşeri (antropojen) kökenli müdahaleler yapılmaktadır. Bu tip alanlarda Kıyı Kenar Çizgisinin yeniden belirlenmesi ile farklı Kıyı Kenar Çizgisinin oluşmasına neden olmaktadır. Kıyıları kamu kullanımında olup, özel mülkiyet alanları bulunmamaktadır. Zamanla kıyıda yapılan müdahaleler sonucunda kıyı kenar çizgisinin değiştirilmesi talepleri olmaktadır. Bu sebeple de, kıyı bölgelerinde kamunun yararlanacağı alanlar giderek azalmaktadır. Bu çalışmada; Acısu ile Akdeniz sahili arasında kalan kara parçasının kıyı kullanımı incelemiş kıyı kenar çizgisinin özel konumu ortaya konmuştur.

Anahtar Kelimeler: Kıyı, Kıyı kenar çizgisi, Acısu Deresi, Belek

Abstract: Antalya coast, which is approximately 640 km long, has been one of the most important tourism areas in Turkey. The coastal area has been destroyed rapidly because of the construction. Belek coasts constitute a good habitat for flora and fauna types due to its micro climatic features that also give rise to a very attractive holiday and rest place. In addition Belek coast, were shaped with coastal dunes of about 29 km littoral area. It's quite rich in natural life way and as a little living environment. With increase in tourism activity makes Belek coast to become very striking. According to coast law between shoreline and coastal edge is what's called a coast. Recently, to benefit much from coast area human origin has been intervened. In this type of area, redefining form another different shoreline. The sea side of the shoreline primarily use by public not the private sector. For this reason, the areas in which the people can benefit from coastal regions are gradually diminishing. In this study; the area between Acısu and Akdeniz coast were studied and described as special coastline site).

Key Words: Coast, Shore edge line, Acısu Stream, Belek

GİRİŞ

Kıyı çizgisi ile kıyı kenar çizgisinin zaman içinde değişebilen özelliği nedeniyle kıyı ile ilgilenen bilim adamları, mühendisler ve yerel yöneticiler için büyük öneme sahiptir. Kıyı alanlarının yönetimi ve mühendislik tasarımları için kıyı çizgisinin geçmişteki ve gelecekteki konumunun ne olacağını tahminine yönelik bilgiye ihtiyaç vardır. Örneğin, kıyı koruma alanlarının tasarımı için, deniz seviyesindeki artış bilgileri, kıyı güvenliği açısından tehlikeli bölgeler, kıyı gelişimi düzenleyen politikalar üretilmesi, yasal mülkiyet sınırlarının tanımı ile birlikte kıyı araştırma ve izleme bilgileri gereklidir.

Akdeniz kıyıları, tarih boyunca farklı uygarlıkların yerleşim yeri olmuştur. Bunun temel nedeni kıyıların kara ile su arasında bir geçiş noktası olması ve insanların suya olan vazgeçilmez ihtiyacıdır. Dört farklı denize kıyısı bulunan ülkemiz, kıyılarının uzunluğu, doğal, ekolojik ve turistik zenginliği bakımından Dünya'nın sayılı ülkelerinden birisidir. Kıyı kavramı yalnız deniz ile karanın birleşme noktasını anlatan bir kavram değildir. Kıyı kavramına her türlü su kütlesini çevreleyen kara parçası girmektedir. Bu bakımdan doğal ve suni göller ile akarsular da önemlidir.

Belek Bölgesi, Akdeniz sahillerinde, Antalya ilinin 30 kilometre doğusundadır (Şekil 1). Çalışma alanı olarak seçilen Belek Turizm kıyı bandında büyük ölçekli turizm tesisleri yoğunlaşmıştır. Belek kıyısı, kumulların biçimlendirdiği 29 km kıyısız alana sahiptir. Endemik türlerdeki flora ve faunanın yaşama ortamıdır. Bölgede tesis türleri Kültür ve Turizm Bakanlığı tarafından 13 gruba ayrılmıştır (İnam, 2009). Bu kadar farklı türde tesisin bir arada bulunduğu bölge, sunulan mekan, servis çeşitliliği ve mimari zenginlik açısından da oldukça ilginçtir. Ancak ekolojik açıdan hassas olan bölgede, 47 tesisin 11'inde golf tesisi bulunmaktadır. Bölgede konaklama yapılarının inşasına 1990'lı yıllarda başlanmış, tesisler o zamanki turizm anlayışı ve turist talepleri doğrultusunda şekillendirilmiştir. İlk yapılan oteller mimari ihtiyaç programı, kapasite artışı ve farklı turistik taleplerden dolayı sürekli olarak değişime uğramıştır. Özellikle son yıllarda Akdeniz kıyılarının iç ve dış turizm talebine bağlı olarak yoğun bir nüfus baskısı altına girmesi, ikincil konut ve tatil siteleri yapımı, koruma alanlarında günü birlik turizm adına yapılan uygulamalar kıyılarımızın doğal güzelliğinin yok olmasına neden olmaktadır (Şekil 2 a-b).



Şekil 1. Çalışma alanı yer bulduru haritası

Figure 1. Location map of the study area



Şekil 2. Belek turizm tesisleri (a) ve Acısu Deresinin görünümü (b) (<http://www.etstur.com/> Xanadu Resort Hotel, 2016)

Figure 2. (A-B) Belek tourism facilities and view of Acısu Stream (<http://www.etstur.com/> Xanadu Resort Hotel, 2016)

Belek kıyısının önemi jeolojik, jeomorfolojik, hidrolojik, flora-fauna ve oşinoğrafik özelliklerinden dolayıdır. Belek bölgesi irili ufaklı altı akarsuya sahiptir. Bu akarsular batıdan doğuya doğusuna doğru olmak üzere sırasıyla; Acısu Deresi, Köprüçay Irmağı, Sarısu, Karaöz, Şarlavuk ve İncirli dereleridir. Bölgede kumulların uzun yıllar içinde oluşturduğu arazi formu, bitkilerle stabilize olmuştur. Endemik Serik armudu (*Pyrus serikensis*), Endemik balık türü *Aphanius anatoliae*, *Caretta caretta* ve *Chelonia mydas* deniz kaplumbağası türleri bölgenin zenginlikleri arasında yer almaktadır. Belek bölgesi sınırları içerisinde Acısu Deresi ağzından Sarısu Deresine kadar uzanan yaklaşık 13,3 km' lik alan deniz kaplumbağaları üreme alanıdır (Şekil 3 a-b). Ayrıca, Belek denizel alanında yüzey akıntıları Levant Denizinin genel akıntı sistemine uyum göstermektedir. Rüzgar ve dalga etkenli beklenen bu akıntının hızı, en yüksek kıyı boyu yüzey akıntıları yaklaşık olarak 14 cm/s değerinde olup, taban sularında bu değer yaklaşık 5 cm/s'ye azalmaktadır. Akıntı sisteminin yapısı genel olarak değişmemekle birlikte mevsimlere ve meteorolojik şartlara bağlı olarak sürati değişmektedir (Eryılmaz ve Yücesoy Eryılmaz,

2002). Kıyılarda akıntı yönü ise genellikle doğu yönlüdür. Yıl içerisinde akıntı yön ve şiddetlerinde önemli ölçüde değişim görülmektedir (Tziperman ve Malenotti Rizzoli, 1991). Belek kıyı bandında, plajlar açısından etkili olan rüzgar yönü Güney-Batı ve Batı-Güney-Batı ve hızı 5-20 m/s'dir. Çalışma sahası denizel alanında, konum olarak en çok Batı-Kuzey-Batı ve Doğu-Güney-Doğu yönleri aralığından gelecek dalgalar etkili olan dalgalardır. Bölgede, etken dalga ilerlemesi yön aralığı Batı-Güney-Batı ve Güney-Doğu yönleri aralığındadır. Genel olarak, güney batılı yönlerden yılda 1 saat aşılma olasılığı ile 3.5 m'den fazla derin deniz dalga yüksekliğine sahip dalgalar yaklaşırken, güney doğulu yönlerden yılda 1 saat aşılma olasılığı ile 3 m'den fazla derin deniz dalga yüksekliğine sahip dalgalar yaklaşmaktadır (Numanoğlu Genç, 2016). Yıllık ortalama gelgit seviye farkı ise 50 cm'yi geçmemektedir (Alpar vd. 2000). Numanoğlu Genç (2016)'nın Alara Çayının Antalya Körfezine bağlandığı kıyı bölgesinde yaptığı modelleme sonucuna göre Kıyı boyu sediman taşınımı Batı-Kuzey-Batı ve Doğu-Güney-Doğu doğrultusunda gerçekleşmektedir. Tüm bu faktörler plajların dokusunu belirlemede önemli rol oynamaktadır (Koç vd. 2015).



Şekil 3. Acısu Dere ağzının güneyden görünüşü (a), Kuzeyden görünüşü (b)

Figure 3. Acısu stream's view from the south (a), from the north (b)

Turizm tesislerinin deniz kıyısından geriye çekilmesi, hareketli kumulların bir sonucudur. Çünkü özellikle kış sezonunda zaman zaman esen lodos, kıyıdaki kumların taşınmasına neden olmaktadır. Fakat çok katlı ve geniş bir alanı kaplayan turizm tesisleri kıyılarıdaki doğal süreci engellemektedir (Şekil 4 a-b). Ayrıca sadece deniz manzarası yaratmak amacıyla yapılan arazi

düzleştirme çalışmaları, daha sonraki zamanlarda bakım ve düzenleme yönünden çok daha büyük zarara ve zaman kaybına neden olmaktadır (Şekil 5 a-b). Bu amaçla doğal morfolojiyi ve kumul tepelerini koruyan tesisler doğal bitki ve canlılarında korunmasını sağlamış olacaktır (Sayan, 1999).



Şekil 4. Acısu Deresi yanındaki turizm tesislerinin görünümü (a-b) (<http://www.etstur.com/Gloria-Serenity-Resort>, 2016)

Figure 4. The view of the tourist facilities near Acısu (a-b) (<http://www.etstur.com/Gloria-Serenity-Resort>, 2016)



Şekil 5. Acısu Deresi sağ sahilinde doğal ortama yapılan sınırlamalar (a), sol sahilinde yapılan sınırlamalar

Figure 5. Restrictions on the natural habitat on the right bank of the Acısu Stream (a), restrictions on the left bank (b)

YÖNTEM

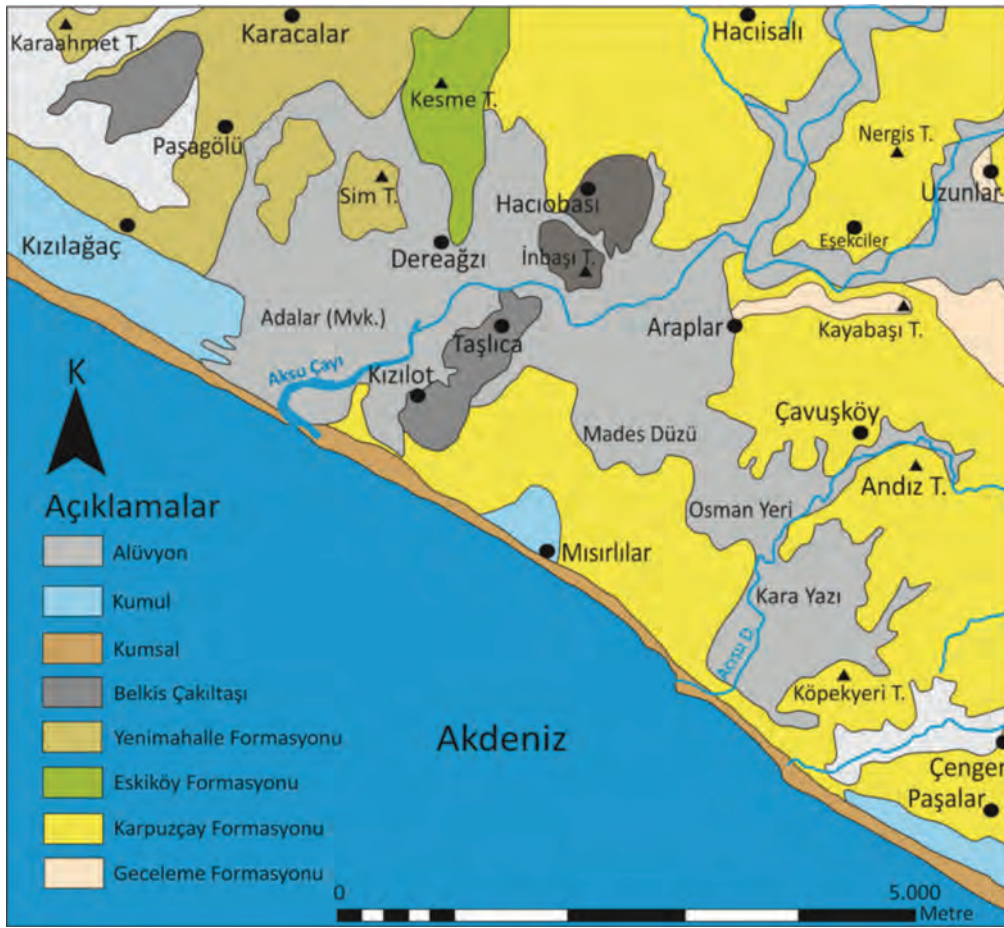
Kıyı kenar çizgisinin önemini vurgulamak amacıyla hazırlanan bu çalışmada; Acısu Deresi ile Akdeniz sahili arasında kalan kara parçasının kıyı kullanımı incelemiş Kıyı Kenar Çizgisinin özel konumu ortaya konmuştur. Özellikle, Acısu Dere yatağının sahilin şekillenmesinde önemli rol oynadığı görülmektedir. Bu nedenle derenin kıyı bölgesi ve denize döküldüğü kesimler dikkate alınmıştır. Jeolojik, jeomorfolojik ve jeoteknik incelemeler gerçekleştirilmiştir. Yapılan incelemelerde, litolojik gözlemlerin yanı sıra, sahanın topoğrafik, jeomorfolojik ve toprak oluşumu ve bitki gelişimi gibi özellikleri de dikkate alınmıştır.

Büro çalışmalarında; birçok parametre dikkate alınarak (litolojik incelemeler, topoğrafya haritaları, Google Earth görüntülerinin değerlendirilmesi gibi) kıyı kenar çizgisinin konumu araştırılmıştır.

Arazi çalışmalarında ise aşağıda verilen parametreler ve 3621 sayılı Kıyı Kanununda belirtilen hususlar dikkate alınarak, 28.06.2010 tarihli KKÇ iptal edilerek 31.08.2008 tarihinde onaylanan kıyı kenar çizgisinin geçerliliğinin uygun olup olmadığı incelenmiştir. Bu amaçla, jeolojik, jeomorfolojik ve jeoteknik olarak kritik noktalarda traktör kepçe ile gözlem çukurları açılmıştır. Açılan gözlem çukurlarından örnekler alınarak zemin mekaniği laboratuvarında zemin sınıflaması deneyleri yapılmıştır. Yapılan deney sonuçları Birleştirilmiş Zemin Sınıflaması yöntemine göre değerlendirilmiştir. Böylece, kıyı kenar çizgisi tespitindeki jeolojik, jeomorfolojik, topoğrafik, zeminlere ait bulgular, önceki kıyı kenar çizgisi tespit raporları ve kıyı kenar kanun ve yönetmelikleri birlikte ele alınarak sonuca gidilmiş ve önerilerde bulunulmuştur.

BÖLGENİN JEOLJİSİ VE KIYI YAPISI

İnceleme alanı, Antalya Neojen havzası içerisinde yer almaktadır. Antalya Neojen Havzası, birbirinden bağımsız olarak gelişen Beydağları Miyosen havzası, Antalya Miyosen havzası ve tümüyle diğerlerinden bağımsız olarak gelişen Antalya Üst Miyosen-Pliosen havzası ile temsil edilir (Akay vd. 1985 a,b). Belek ve civarı, Antalya Miyosen ve Antalya Üst Miyosen-Pliosen havzalarında yer almaktadır. Antalya Miyosen havzası içerisinde; kireçtaşı-killi kireçtaşı-breşik kireçtaşı aralanmasından oluşan Geceleme Formasyonu, şeyl-kumtaşı-çakıltaşından oluşan Karpuzçay Formasyonu yer almaktadır. Prodelta ortamını yansıtan Geceleme Formasyonu, alan içerisinde en dar yayılıma sahip formasyondur. Karpuzçay, en geniş alan kaplayan formasyondur. Delta özelliği taşıyan Karpuzçay Formasyonu, ince-orta-kalın tabakalı gri, kirli sarı, yeşil, bej, krem renklerde kumtaşı, kıltaşı ve silt taşlarından oluşmaktadır (Glover ve Robertson, 1998). Antalya Üst Miyosen-Pliosen havzası içerisinde ise, Messiniyen yaşında çakıltaş, kumtaşından oluşan Eskiköy Formasyonu, Alt-Üst Pliosen yaşında killi kireçtaşı-kumtaşı, şeylden oluşan Yenimahalle Formasyonu yer almaktadır (Akay vd. 1985 a,b). Eskiköy Formasyonu, Karpuzçay Formasyonu üzerine uyumsuzlukla gelmektedir. Formasyonun tortulanma özellikleri kıyı yakınındaki alüvyal yelpaze ortamını yansıtmaktadır. Karpuzçay'ın batısındaki sırtlar, Yenimahalle Formasyonuna ait kayaçlardan oluşmaktadır. Yenimahalle Formasyonunu oluşturan unsurlar dalga tabanı altında bir körfezde çökelmiştir. Pleistosen yaşlı Belkıs çakıltaş Antalya Miyosen havzasının güneyinde aşağı yukarı deniz kenarı boyunca bir uçtan diğer uca kadar uzanmaktadır. Bunların dağılımları incelendiğinde, bugünkü akarsuların eski birikintileri olduğu kolayca anlaşılır. Birim, yaklaşık 0–20 m kalınlıktadır (Şekil 6).



Şekil 6. Belek ve civarının jeoloji haritası (Akay vd. 1985'den alınmıştır)

Figure 6. Geological map of Belek and its surroundings (taken from Akay et al., 1985)

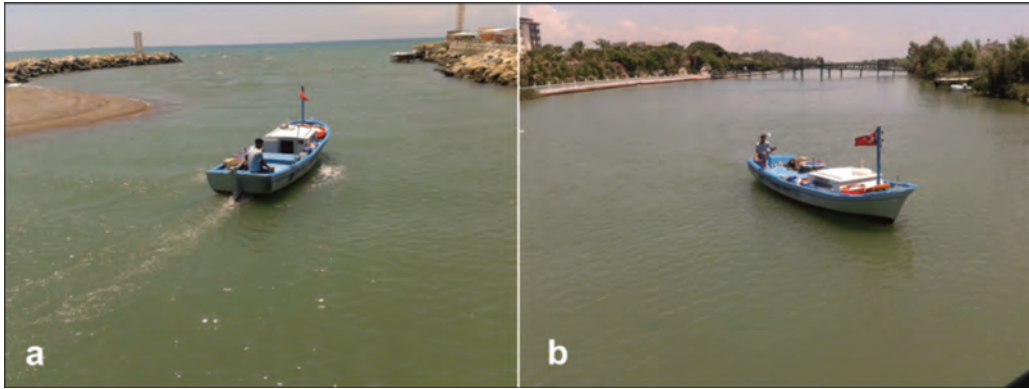
Çalışma alanı ve civarındaki jeolojik birimler olarak, Karpuzçay Formasyonu ve alüvyonal birimler bulunmaktadır. Bunlardan Karpuzçay formasyonu Miyosen, Alüvyon ise Kuvaterner yaşlıdır. Batı Toroslar kıvrım kuşağının güney kesiminde kalan bu alanda denizin çekilmesi Geç Pliyosen'de gerçekleşmiştir. Bu nedenle yöredeki en yaşlı morfolojik birimler Geç Pliyosen-Erken Pleyistosen yaşlı aşınım yüzeyleridir. Yükselteleri 100-120 m civarında olan bu yüzey parçaları Belek yerleşim alanının kuzeyinde yer almaktadır. Bu yüzeyler %2-5 eğimle denize doğru uzanmaktadır. Yörede görülen Pleyistosen yaşlı Belkis konglomeralarıdır. Bu aşınım yüzeyleri genelde eğimi %20'yi geçen yamaçlarla diğer birimlerden belirgin şekilde ayrılmaktadır.

Kuzeydeki aşınım yüzeylerine yaslanan kesimlerde, Pleyistosen'de oluşmuş ova ve vadi tabanları tektonik deniz seviyesi değişmelerine bağlı olarak 4 basamak halinde seki düzlüklerine dönüşmüştür. Bu basamaklar 70-80, 40-50, 20-30 ve 10 m yüksekliğinde bulunmaktadır. Litoloji farklılığına bağlı olarak seki yüzeylerinin eğimleri %2-10 arasında değişmektedir. Bölgedeki yüksek ve engebeli kesimleri oluşturan aşınım yüzeyleriyle aşağı kesimlerde yer alan sekiler, akarsularla yer yer derin bir şekilde yarılmıştır. Akarsular, yukarı kesimlerde genellikle tabansız dik yamaçlı vadilerde, aşağı kesimlerde ise delta düzlüklerindeki nispeten geniş yataklarında akmaktadır. Karpuzçay ve Acısu Deresi'nin taşıdığı alüvyonlar yörede Kızılot adı verilen

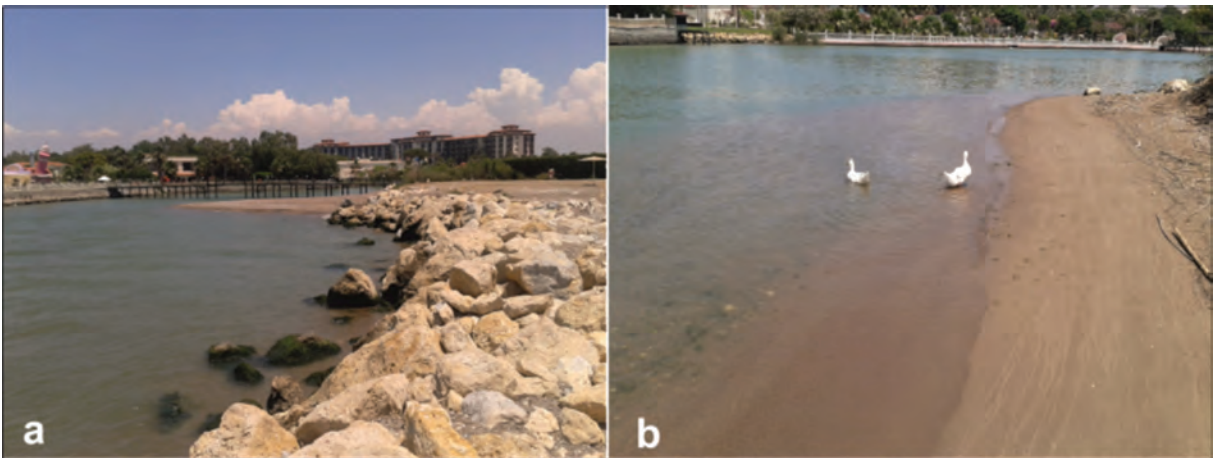
delta ovasını oluşturmuştur. Karpuzçay'ın ağız kesimindeki lagün ile deniz arasındaki bağlantı, akarsuyun taşıdığı su miktarına göre açılıp kapanabilmektedir. Ayrıca, Acısu Deresi'nin güneyinde ve doğu-kuzeydoğusunda yer alan tuzlu-alkali ve taban suyu yüksek ve zaman zaman da geçici yüzlek göl haline dönüşen alanlarla ve ayrıca daha doğudaki Kocagöl sulak alanı bulunmaktadır (Kaman vd. 2011).

Küçük bir havzaya sahip olan Acısu, Karpuzçay'dan daha farklı bir gelişim izlemiştir. Acısu Deresi'nin ağızındaki kıyı kordonunun gerisinde bir lagün gelişmiştir (Şekil 7 a-b). Hava ve uydu fotoğraflarından izlenen eski yatak izleri, terk edilmiş bir delta lobunun ve doğal

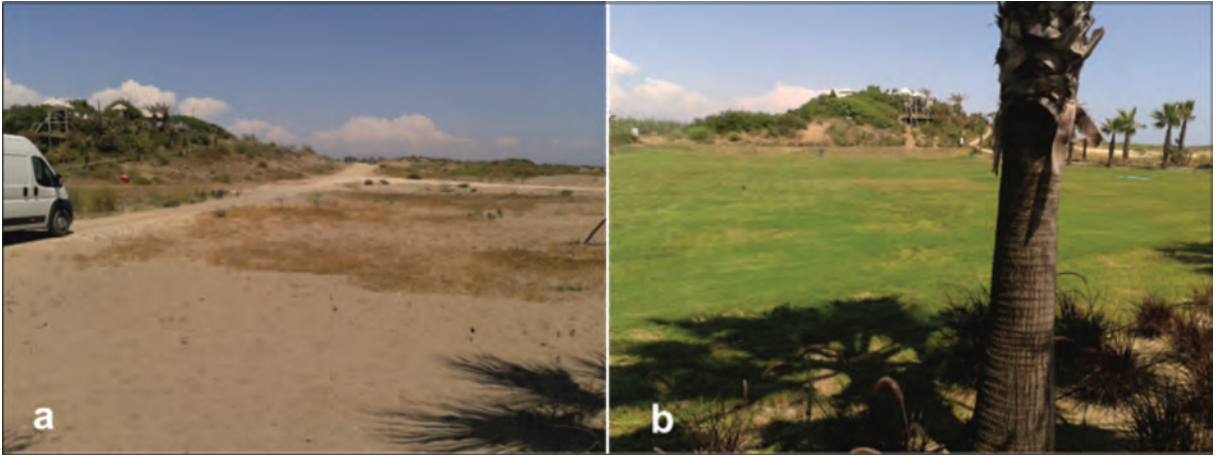
set depolarının bulunması, akarsuyun sık sık yatak değiştirdiğini göstermektedir (Çiçek vd. 2008). Bu birimlerin yoğun tarımsal faaliyetlere rağmen hava ve uydu fotoğraflarında belirgin şekilde görülmeleri, günümüzden 2000 yıl önce Acısu Deresi'nin ağızında bir bataklığın olması, belirtilen değişimlerin Milat yıllarından sonra meydana geldiğini ortaya koymaktadır (Çiçek vd. 2008). Bu bölgede, kıyı şeridini çevresel koşullara bağlı olarak zaman zaman daralıp genişleyen bir kumsal oluşturmaktadır (Şekil 8 a-b). Kumsalı oluşturan ince kumlar, rüzgarlarla iç kesimlere doğru taşınmış ve yer yer yükseltisi 5-10 m'ye ulaşan kumulları oluşturmuştur. Bu kumullar, 10 m sekisinin yamaçlarına yaslanmış durumdadır (Şekil 9 a-b).



Şekil 7. Acısu Deresinin Akdeniz'le birleştiği kesimin kuzeyden görünümü (a), güneyden görünümü (b)
Figure 7. View of Acısu Stream merged with Mediterranean, from the north (a), from the south (b)



Şekil 8. (a-b) Acısu Deresinin Akdeniz'le birleştiği yerde zamanla artan-azalan kumullar
Figure 8. (a-b) Increased-dwindling dunes over time where Acısu Stream's merges with the Mediterranean

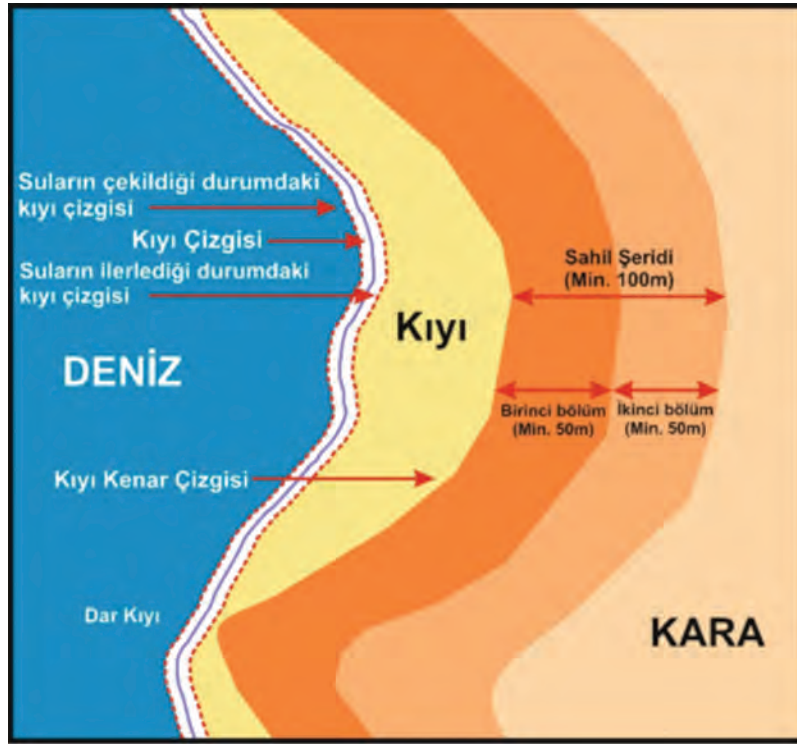


Şekil 9. (a-b) Acısu ile Akdeniz arasında oluşan kumul tepeleri
Figure 9. (a-b) Dunes formed between Acısu and Mediterranean

BULGULAR

Bugün kıyılar sadece kara ile su arasındaki bir sınır çizgisi biçiminde değil, denizden karaya doğru şartlar şeklinde uzanan, kıyının kullanım ve korunmasını sağlayan ve buranın doğal yapısına uygun olarak uzunlamasına ve derinlemesine olmak üzere iki boyutlu bir takım bölgeleri kapsayan bir alan olarak kabul edilmektedir. Kıyının bir alan olarak algılanması bu alanın alt ve üst sınırlarının belirlenmesini gerektirir (Çelik, 2015). 3621 Sayılı Kıyı Kanunu, kıyının bir alan olduğunu belirterek alt ve üst sınırlarını belirlemek üzere kıyı çizgisi ve kıyı kenar çizgisi terimlerini kullanmış ve bunları tanımlamıştır. 3621 sayılı Yasanın 4. maddesinde belirlendiği biçimde, Kıyı kenar çizgisi, kıyı çizgisinden sonraki kara yönünde, su hareketlerinin oluşturduğu kumluk, çakıllık, kayalık, sazlık, bataklık ve benzeri

alanların doğal sınırı olarak tanımlanmıştır (TC Resmi Gazete, 1990). Kıyı çizgisi ise, suyun karaya değdiği noktalardan oluşan, bir yönü su, diğer yönü kara olan, tek boyutlu bir çizgidir. Kıyı ise, kıyı çizgisi ile kıyı kenar çizgisi arasında kalan alanı belirler (Şekil 10). Bu duruma göre; kıyı kenar çizgisi, kıyı denilen alanı doğrudan belirleyen bir kavram olarak karşımıza çıkar. Günümüzde sosyal-ekonomik ve teknolojik gelişim sonucu çeşitli kullanım isteklerinin doğması ve artması kıt kaynak konumunda bulunan kıyının hukuksal yapısı ve kullanımını yönünden ciddi tartışmalara neden olmuştur. Kıyılarda kamu kullanımına açık yeterli alanlar bırakılması, kıyı ekosisteminin korunması ve kıyı ve sahil şeridinde yapılacak planlamanın ilk adımı, kıyı kenar çizgisinin doğal ve bilimsel verilere uygun bir biçimde tespit edilmesidir (Özyurt, 2012).



Şekil 10. Kıyının Bölümleri (Turoğlu, 2009'dan yeniden çizilerek)

Figure 10. Section of the Coast (redrawn from Turoğlu, 2009)

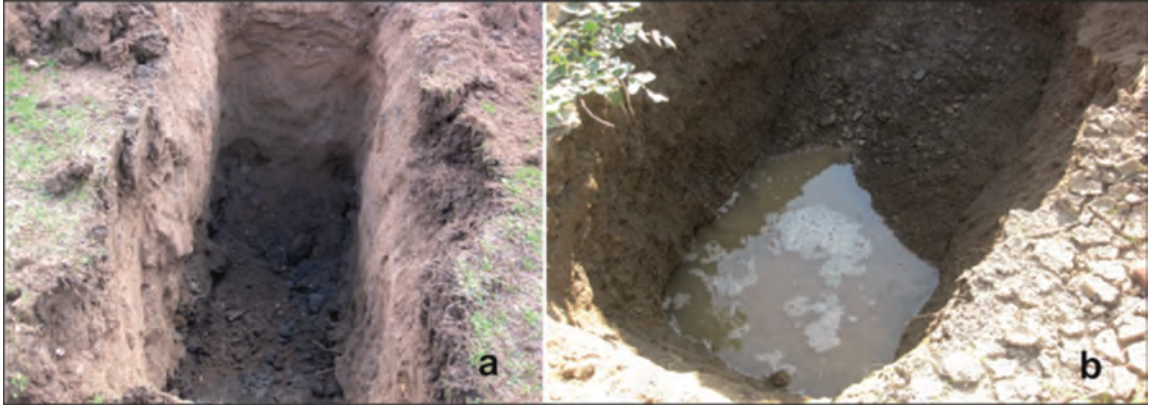
Belek ve civarında bulunan Acısu Deresi, Köprüçay ırmağı, Sarısu, Karaöz, Şarlavuk ve İncirli akarsuları bölgenin özel konumuna ayrı bir katkı sağlamaktadırlar ve kıyı kanunda da özel öneme sahiptirler. Şöyle ki, akarsuların yıl içerisinde düzenli akış gösterdikleri dar ve uzun çukura akarsu yatağı adı verilmektedir. Akarsular olağanüstü taşkın durumları hariç genelde bu yatak içerisinde kalmaktadırlar. Düzenli akışı sırasında suyun karaya değdiği noktaları birleştiren çizgiye Akarsu Kıyı Kenar Çizgisi adı verilmektedir. Meteorolojik olaylara göre akarsu seviyesi yıl içerisinde veya zamanla değişmekte olduğundan bu çizginin belirlenmesinde, akarsu yatağındaki jeomorfolojik yapılar veri olarak kullanılmalıdır (Ferudun 2009). Kıyı Kanunu'nun uygulanmasına ilişkin yönetmeliğinin 4. maddesi gereğince akarsular içinde kıyı kenar çizgisinin tespiti zorunludur.

Acısu Deresi ile Akdeniz sahili arasında kalan kara parçasının kıyı kullanımı incelemiş Kıyı Kenar Çizgisinin ve Akarsu Kıyı Kenar Çizgisinin özel konumu ortaya konmuştur. Özellikle, Acısu Dere yatağının sahilin şekillenmesinde önemli rol oynadığı görülmektedir. Bu nedenle derenin kıyı bölgesi ve denize döküldüğü kesimler dikkate alınmıştır. Kıyı Kenar Çizgisinin tespitindeki farklılıklar kamu kurum ve kuruluşlarının kıyıya komşu olan arazi sahipleri ve turizm sektörü işletmecilerinin karşı karşıya gelmesine neden olan en önemli sorunlardan birisidir. Problemin çözümüne yönelik gerçekleştirilen çalışmalarda da farklı yaklaşımlar dikkat çekicidir.

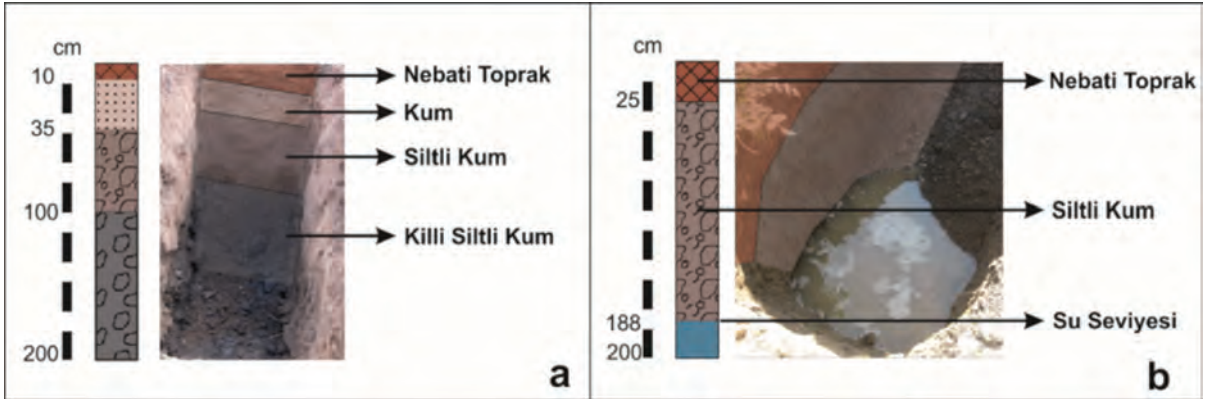
Bu çalışma kapsamında büro ve arazi çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen büro çalışmalarında; birçok parametre dikkate alınarak (litolojik incelemeler, topoğrafya

haritaları, Google Earth görüntülerinin değerlendirilmesi gibi) kıyı kenar çizgisinin konumu araştırılmıştır. Acısu Deresi ve etrafında bulunan sahilin düz-düze yakın eğimde olduğu gözlemlenmiştir. Arazi çalışmalarında aşağıdaki verilen parametreler ve 3621 sayılı Kıyı Kanununda belirtilen hususlar dikkate alınarak kıyı kenar çizgisinin geçerliliğinin uygun olup olmadığı incelenmiştir. Çalışma alanında yapılan

gözlemler ve jeolojik, jeomorfolojik ve jeoteknik açıdan kritik olan noktalardan Gözlem Çukurları açılarak numuneler alınmış ve litolojik kesitleri çizilmiştir (Şekil 11 a-b ve 12 a-b). Alınan zemin örnekleri laboratuvarında incelenmiştir. Zeminlerin Birleştirilmiş Zemin Sınıflamasına göre yapılan sınıflamasında SM-SC grubunda iyi derecelenmiş denizel orijinli kumlar olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 11 (a-b). Çalışma alanında açılan gözlem çukuru (GÇ-1) ve (GÇ-3) den görünüm
Figure 11 (a-b). Views of pit excavation (GÇ-1) and (GÇ-3) studies in the study area



Şekil 12 (a-b). Çalışma alanında açılan gözlem çukurlarına (GÇ-1) ve (GÇ-3) ait litolojik kesitler
Figure 12 (a-b). Lithological sections of observation pits opened (GÇ-1) and (GÇ-3) in the study area

Yapılan detaylı çalışmalar neticesinde; Acısu Deresi'nin güney sahilinin "alçak-basık kıyı" niteliğinde olduğu, deniz ve denizden sonra plaj platformu oluşturduğu tespit edilmiştir (Şekil 13 a-b). Ayrıca Acısu Deresi'nin kuzey kısmında, "alçak-basık kıyı" niteliğinin etkisi altında kalmıştır. Ancak derenin özellikle kuzey kısmında ve güney kısmının belirli yerlerinde istinat duvarları örülerek su hareketleri engellenmiştir

(Şekil 14 a-b). Arazi çalışmalarından elde edilen parametreler ve 3621 sayılı Kıyı Kanununda belirtilen hususlar dikkate alınarak, Şekil 15'de kırmızı çizgi ile belirtilen 28.06.2010 tarihli Kıyı Kenar Çizgisi iptal edilerek Şekil 15'de yeşil renkte çizilen ve 31.08.2008 tarihinde onaylanan kıyı kenar çizgisinin geçerliliğinin uygun olup olmadığı incelenmiştir.



Şekil 13. Belek kıyı alanının doğudan görünüşü (a) ve batıdan görünüşü (b)

Figure 13. View from Belek coastal area from the east (a) and from the west (b)



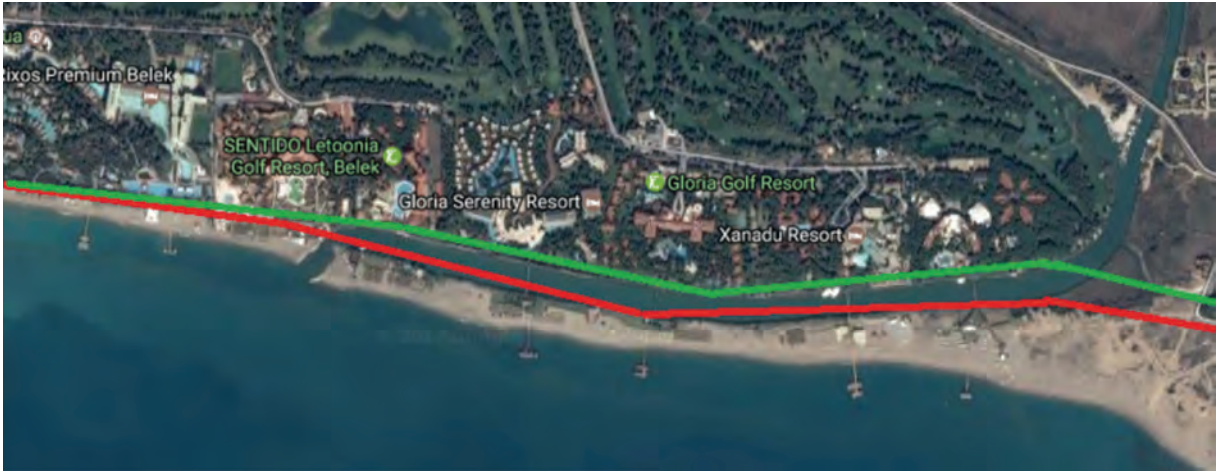
Şekil 14. Acısu Deresi'nin her iki kıyısından görünüm, sol sahil (a), sağ sahil (b)

Figure 14. View from both sides of the Acısu Stream, left bank (a), right bank (b)

Ancak, gerek mevzuattaki eksiklikler ve sık sık yapılan değişiklikler, gerek uygulamalardaki sorunlar, gerekse denetim ve yaptırımlardaki yetersizlikler nedeniyle, bu doğal zenginliklerin gelecek nesillere, doğru ve bilinçli olarak aktarılacağını şekilde doğru ve bilinçli olarak kullanabildiğimizi söylemek olanaksızdır.

sosyal ve fiziksel çevre hassasiyetlerinin dikkate alınması gerekliliği ön plana çıkmıştır.

Çalışma alanı ve civarındaki jeolojik birimler olarak, Karpuzçay Formasyonu ve alüvyonal birimler bulunmaktadır. Bunlardan Karpuzçay formasyonu Miyosen, alüvyonlar ise Kuvaterner



Şekil 15. Acısu Deresi'nin Kıyı Kanunu Yönetmeliğinden dolayı Kıyı Kenar Çizgisinin yeniden belirlenmesi
Figure 15. Redetermination of the Coastline Line due to the Coastal Law Regulation of the Acısu Stream

TARTIŞMA VE SONUÇ

Son 30 yılda, Akdeniz sahilindeki kullanıcı baskısı üç katına çıkmış, kıyıların büyük bölümü insan müdahalesi ile değişime uğramıştır. Belek kıyısının önemi jeolojik, jeomorfolojik, hidrolojik, flora ve fauna özelliklerinden dolayıdır. Gün geçtikçe gelişen turizm faaliyetleri ile Belek kıyıları daha fazla cazip kılmaktadır. Ekonomik, sosyal ve kültürel açıdan yararları olmasına rağmen turizm sektörünün iyi kontrol edilememesi durumunda, kıyı alanlarının yanlış kullanımıyla doğal alanların, tarihsel değerlerin ve sosyo-kültürel yapının zarar görmesine neden olabilmektedir. Diğer taraftan ülke ekonomisine katkısı düşünüldüğünde, kitle turizminden tamamen vazgeçmek mümkün değildir. Turizmin çevreye verdiği zararların en aza indirgenmesi, var olan ve yeniden planlanacak tesisler için doğal,

yaşlıdır. Kıyı şeridini çevresel koşullara bağlı olarak zaman zaman daralıp genişleyen bir kumsal oluşturmaktadır. Kumsalı oluşturan ince kumlar, rüzgarlarla iç kesimlere doğru taşınmış ve yer yer yükseltisi 5-10 m' ye ulaşan kumulları oluşturmuştur. Bu kumullar, 10 m sekisinin yamaçlarına yaslanmış durumdadır. Belek bölgesi irili ufaklı altı akarsuya sahiptir. Bu akarsulardan birisi olan Acısu Deresi'dir. Acısu Deresi ile Akdeniz sahili arasında kalan kara parçasının kıyı kullanımı incelemiş Kıyı Kenar Çizgisinin ve Akarsu Kıyı Kenar Çizgisinin özel konumu ortaya konmuştur. Kıyı Kenar Çizgisinin tespitindeki farklılıklar kamu kurum ve kuruluşlarının kıyıya komşu olan arazi sahipleri ve turizm sektörü işletmecilerinin karşı karşıya gelmesine neden olan en önemli sorunlardan birisidir. Problemin çözümüne yönelik gerçekleştirilen çalışmalarda da farklı yaklaşımlar dikkat çekicidir.

Bu çalışma kapsamında büro ve arazi incelemeleri yapılmıştır. Gerçekleştirilen büro çalışmalarında; birçok parametre dikkate alınarak (litolojik incelemeler, topoğrafya haritaları, Google Earth görüntülerinin değerlendirilmesi gibi) kıyı kenar çizgisinin konumu araştırılmıştır. Acısu Deresi ve etrafında bulunan sahilin yataya yakın eğimde olduğu gözlemlenmiştir. Arazi çalışmalarında aşağıdaki verilen parametreler ve 3621 sayılı Kıyı Kanununda belirtilen hususlar dikkate alınarak kıyı kenar çizgisinin geçerliliğinin uygun olup olmadığı incelenmiştir. Çalışma alanında yapılan gözlemler ve jeolojik, jeomorfolojik ve jeoteknik açıdan kritik olan noktalardan alınan zemin örnekleri zemin mekaniği laboratuvarında incelenmiştir. Zeminlerin Birleştirilmiş Zemin Sınıflamasına göre SM-SC grubunda, iyi derecelenmiş ve denizel orijinli kumlar olduğu tespit edilmiştir. Acısu Deresi'nin güney ve kuzey sahilinin "alçak-basık kıyı" niteliğinde olduğu, deniz ve denizden sonra plaj platformu oluşturduğu belirlenmiştir. Ancak derenin özellikle kuzey kısmında ve güney kısmının belirli yerlerinde istinat duvarları örülerek su hareketleri engellenmiştir. Arazi çalışmalarından elde edilen parametreler ve 3621 sayılı Kıyı Kanununda belirtilen hususlar dikkate alınarak, 28.06.2010 tarihli Kıyı Kenar Çizgisi iptal edilerek, 31.08.2008 tarihinde onaylanan kıyı kenar çizgisinin özel konumundan dolayı geçerliliğinin uygun olduğu sonucuna varılmıştır. Tüm bunlarla birlikte Belek kıyı alanının aşırı derecede zorlanarak doğal dengesinin erozyona uğradığı görülmüştür.

KATKI BELİRTME

Yazar makalenin geliştirilmesindeki değerli katkılarından dolayı hakemlere teşekkürlerini sunar.

EXTENDED SUMMARY

Antalya coast, which is approximately 640 km long, has been one of the most important tourism areas in Turkey. The coastal area has been destroyed rapidly because of the construction. Belek coasts constitute a good habitat for flora and fauna types due to its micro climatic features that also give rise to a very attractive holiday and rest place. In addition Belek coast, were shaped with coastal dunes of about 29 km littoral area. It's quite rich in natural life way and as a little living environment. With increase in tourism activity makes Belek coast to become very striking. According to coast law between shoreline and coastal edge is what's called a coast. Recently, to benefit much from coast area human origin has been intervened. In this type of area, redefining form another different shoreline. This study was prepared to emphasize the importance of the shoreline. The specific position of the Coastline Line, which has examined the coastal use of the land part between Acısu Stream and the Mediterranean coast, has been revealed. Especially, it seems that Acısu Creek bed plays an important role in shaping the coast. For this reason, the coastal zone and the parts of the sea are taken into consideration. Geological, geomorphological and geotechnical investigations were carried out. In addition to lithological observations, features such as topography, geomorphological and soil formation and plant development of the site have been taken into consideration in the examinations made. The parameters obtained from the field studies and the issues specified in the Coastal Law No. 3621 are taken into consideration. The Coastal Edge Line dated 28.06.2010 was canceled and it was concluded that the validity of the coastal line approved on 31.08.2008 was appropriate due to its special position. According to Article 4 of the Regulation on the Implementation of the Coastal Law, it is necessary to determine the shoreline in the rivers. With all of this, the coastal area of Belek has been struggling extensively and natural

deforestation has been undergoing erosion. With all of this, the coastal area of Belek has been struggling extensively and natural deforestation has been undergoing erosion.

DEĞİNİLEN BELGELER

- Akay, E., Uysal, S., Poisson, A., Cravatte C.F.P.J. ve Müler, C., 1985a. Antalya Neojen havzasının stratigrafisi. Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, 28, 105–119.
- Akay, E., Uysal, S., 1985b. Orta Torosların batısındaki (Antalya) neojen çökellerinin stratigrafisi, sedimentolojisi ve yapısal jeolojisi. MTA Rap. No: 7799.
- Alpar, B., Doğan, E., Yüce, H. ve Altıok, H., 2000. Seal level changes along the Turkish coasts of the Black Sea, the Aegean Sea and the Eastern Mediterranean. Mediterranean, Marine Science, 1, 141-156.
- Bellomo, D., Pajak, M.J. ve Sparks, M.J., 1999. Coastal flood hazards and the National Flood Insurance Program. Journal of Coastal Research, Special Issue 28, 21–26.
- Boak E.H. ve Turner I.L., 2005. Shoreline definition and detection: A Review. Journal of Coastal Research, 21(4), 688–703.
- Coastal Engineering Research Center., 1984. Shore protection manual, Volumes 1 and 2. Washington, DC: US Army Corps of Engineers, Waterways Experiment Station, Coastal Engineering Research Center.
- Çelik, K., 2015. Kıyı alanlarının planlanmasında kıyı kenar çizgisinin önemi. Küresel Mühendislik Çalışmaları Dergisi, 2(1), 36–43.
- Çiçek, İ., Türkoglu, N. ve Gürgen, G., 2008. Karpuz Çay deltasının (Antalya Doğusu) Paleojeomorfolojisi. Coğrafi Bilimler Dergisi, 6(1), 22-39.
- Dolan, R., Fenster, M.S. ve Holme, S.J., 1991. Temporal analysis of shoreline recession and accretion. Journal of Coastal Research, 7(3), 723–744.
- Douglas, B.C., Crowell, M. ve Leatherman, S.P., 1998. Considerations for shoreline position prediction. Journal of Coastal Research, 14(3), 1025–1033.
- Douglas, B.C. ve Crowell, M., 2000. Long-term shoreline position prediction and error propagation. Journal of Coastal Research, 16(1), 145–152.
- Eryılmaz, M. ve Yücesoy Eryılmaz F., 2002. Antalya Körfezi'nin Oşinografi yapısı ve güncel çökel dağılımı. 55 Türkiye Jeoloji Kurultayı, Bildiri Özleri, 88-90.
- Ferudun, A., 2009. Kıyı alanlarının hukuki statüsü. Journal of Naval Science and Engineering, 5(1), 76-93.
- Glover, C.P. ve Robertson, H.F., 1998. Role of regional extention and uplift in the Plio-Pleistocene evolution of the Aksu Basin, SW Turkey. Journal of the Geological Society, 155, 365–387.
- Hanson, H., Gravens, M.B. ve Kraus, N.C., 1988. Prototype applications of a generalized shoreline change numerical model. Proceedings of the 21st International Conference on Coastal Engineering (Costa del Sol-Malaga, Spain), 1265–1279.
- İnam, E.A., 2009. Sürdürülebilir turizm bağlamında yöre imgesi: Antalya –Belek Turizm Merkezi Örneği, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, Doktora Tezi, 231 s.
- Kaman, H., Sönmez, N.K., Çetin, M., Kurunç, A., Aslan, G.E. ve Uz, B.Y., 2011. Denizle irtibatlı akarsularda deniz suyu girişiminin irdelenmesi: Antalya Acısu Deresi Örneği. Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi, 4(2), 43-47.
- Koç, K., Koşun, E. ve Karaman, M.E., 2015. Kıyı sedimentlerinde tane boyunu etkileyen faktörler: Antalya Körfezi'nde Konyaaltı ve Lara Plajlarının (Antalya) Karşılaştırılması. Türkiye Jeoloji Bülteni, Cilt 58, Sayı 2, 85-102.
- Komar, P.D., 1998. Beach Processes and Sedimentation. Upper Saddle River, New Jersey: Prentice Hall Inc., 544 s.
- Leatherman, S.P., 2001. Social and economic costs of sea level rise. In: Douglas, B.C., Kearney, M.S., and Leatherman, S.P. (eds.), Sea Level Rise History and Consequences. San Diego, California: Academic Press, p.232.
- Moore, L.J., 2000. Shoreline mapping techniques. Journal of Coastal Research, 16(1), 111–124.
- Morton, R.A. ve Speed, F.M., 1998. Evaluation of shorelines and legal boundaries controlled by water levels on sandy beaches. Journal of Coastal Research, 14(4), 1373–1384.
- National Research Council, 1990. Managing Coastal Erosion. Washington, DC: National Academy Press, 182 s.

- Numanoğlu Genç A., 2016. Alara, Türkiye denizel alanında sediman taşınımının modellenmesi. *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 31(3), 545-553.
- Özyurt, G., 2012. Yapı denetimi hakkında kanun ve bazı kanunlarda değişiklik taslağı 'Kıyı Kanunu'nu nasıl etkiliyor? İMO Kıyı ve Deniz Mühendisliği Çalışma Grubu, TMH - 474 - 2012/4, 24-28.
- Sayan, S., 1999. Antalya kıyılarındaki turistik tesisler ile çevre arasındaki ilişkilerin peyzaj mimarlığı yönünden değerlendirilmesi, *Anatolia: Turizm Araştırmaları Dergisi*, yıl 11, Mart-Haziran, 14-20.
- Smith, A.W.S. ve Jackson, L.A., 1992. The variability in width of the visible beach. *Shore and Beach*, 60(2), p.7-14
- TC Resmi Gazete., (1990), 3621 sayılı Kıyı Kanunu, <http://mevzuat.basbakanlik.gov.tr>
- Turoğlu, H., 2009. 3621 Sayılı Kıyı Kanununun ve Onun Uygulama Problemleri. *Türk Coğrafya Dergisi*, 53, 31-40.
- Tziperman, E. ve Malonette-Rizzoli, P., 1991. The climatological seasonal circulation of the Mediterranean Sea. *Journal of Marine Research*, 49, 411-434.
- ETS Turizm, <http://www.etstur.com/> Xanadu Resort Hotel, Erişim Tarihi: 11.01.2017.
- ETS Turizm, <http://www.etstur.com/> Gloria-Serenity-Resort, Erişim Tarihi: 11.01.2017.



Khabaz Sahasında (Kuzey Irak) Farklı Rezervuarlardaki Petrollerin Jeostatistiksel Değerlendirilmesi

Geostatistical Evaluation of Oils in Different Reservoirs of Khabaz Oilfield (Northern Iraq)

Muhammed İsmail^{1*}, M. Namık Yalçın² , Torhan M. Al-Mufti³

¹*Khazar University, Department of Petroleum Engineering, 41 Mehseti Street, Baku AZ1096, Azerbaijan*

²*İstanbul Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 34320 Avcılar/İstanbul, Türkiye*

³*Kirkuk Technical University, Baghdad Road, Kirkuk 36001, Iraq*

Geliş/Received : 12.03.2017 • Düzeltilmiş Metin Geliş/Revised Manuscript Received : 29.05.2017 • Kabul/Accepted : 04.06.2017 • Baskı/Printed : 01.08.2017

Araştırma Makalesi/Research Article

Türkiye Jeol. Bül. / Geol. Bull. Turkey

Öz: Kuzey Irak'taki petrol sahalarında petrol üretimi çoğunlukla birden çok rezervuardan yapılmaktadır. Bu rezervuarlar Tersiyer (bir rezervuar) ve Kretase (iki rezervuar) yaşlı birimlerden oluşmaktadır. Bu çalışmada farklı rezervuarlardaki petrolerin tek bir ana kayadan mı yoksa farklı ana kayalardan mı türediği ve tek veya çok evreli bir göç sonucunda mı bu rezervuarlarda birikmiş oldukları sorularının cevabına ulaşmaya çalışılmıştır.

Bu çalışmada incelenen Khabaz petrol sahasında açılmış olan petrol kuyularından hem Tersiyer yaşlı, hem de Kretase yaşlı rezervuarlara ulaşılmış olanlar seçilmiştir. Bu rezervuarlardaki petrolerin özgül ağırlık, API-gravitesi, asfaltin miktarı, kükürt miktarı, balmumu miktarı, kül miktarı ve Ni, V miktarları gibi fiziko-kimyasal özellikleri kullanılarak çalışmanın amacına yaklaşım sağlanmıştır. Her bir kuyu ve rezervuar için ayrı ayrı belirlenen bu parametreler, önce bir veri tabanı olarak düzenlenmiştir. Daha sonra korelasyon katsayısı (R), faktör analizi ve klaster (kümelenme) analizi gibi istatistiksel yöntemler yardımıyla bilgisayar destekli değerlendirmeler ve karşılaştırmalar kullanılarak rezervuarlar arasındaki benzerlik, yakınlık ve farklılıklar belirlenmeye çalışılmıştır.

Khabaz petrol sahasında üç ayrı rezervuar bulunmaktadır. Bunlar; Tersiyer yaşlı (Jeribe), Kretase yaşlı (Üst Qamchuqa) ve (Alt Qamchuqa) birimleridir. Khabaz petrol sahasındaki tüm kuyular tek bir yapıdan üretim yapmaktadır. Sadece Khabaz-2b kuyusu bu yapının dışında kalmaktadır. Buradaki petrolün özgül ağırlığı yüksektir ve çok miktarda asfaltik bileşen içermektedir. Değerlendirme sonuçlarına göre üretilen petroler aynı ana kayadan (Chia Gara Formasyonu) türemişlerdir. Bununla birlikte istatistiksel değerlendirmeler sonucunda Khabaz petrol sahasında üretilen petrolerde iki farklı tip petrol (a ve b) belirlenmiştir. Bu bileşimsel farklılığın, göç sırasında ve/veya yerinde başkalaşım sonucunda geliştiği sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Faktör analizi, jeostatistik, petrol jeolojisi, Kerkük petroleri, petrol jeokimyası.

Abstract: *In the oil fields of northern Iraq, oil is generally produced from more than one reservoir. These reservoirs consist of Tertiary (one reservoir interval) and Cretaceous (two reservoir intervals) aged units. In this study we tried to find out whether oil in different reservoirs is formed from a single source rock or from different source rocks and whether they are formed as a result of a single or multi-phase migration.*

The Khabaz Oilfield is investigated in this study and wells selected in this field are producing from both Tertiary and Cretaceous reservoirs. Physico-chemical properties of the oils such as specific gravity, API-gravity, amounts of asphaltene, sulfur, wax, ash and Ni, V and chemical composition of reservoir water are used in order to achieve the research purpose. Firstly, these parameters, which were separately defined for each well and reservoir, were arranged as a data base. Then by using computer-aided assessments and comparisons the data were compared with each other by the statistical methods such as correlation coefficient (R), factor analysis, and analysis of cluster

similarity in order to determine similarities, proximities and differences between the reservoirs.

Khabaz oil field has three separate reservoir intervals. These include Tertiary (Jeribe), Cretaceous (Upper Qamchuqa) and Cretaceous (Lower Qamchuqa). According to the results of evaluation, all of the wells produce oil from a single structure in Khabaz oil field. Only Khabaz-2b is located out of this structure. In this field the specific gravity of oil is high and it contains abundant asphaltic components. Oil produced in the Khabaz Field is originated from the same source rock (Chia Gara Formation). However, according to the result of statistical evaluation it is shown that there are two types of oil (a and b) in the Khabaz oil field. It could be concluded that this compositional difference is caused by degradation of oils during migration and/or in reservoirs,

Key Words: Factor analysis, geostatistics, Kirkuk oils, petroleum geochemistry, petroleum geology.

GİRİŞ

Irak petrolce çok zengin ülkelerden biri olup, birden fazla petrol sistemine sahip olması nedeniyle, yakın gelecekte de en önemli petrol üreticilerden biri olmaya devam edecektir. Irak petrol sahalarının çoğunluğu Zagros-Mezopotamya kuşağında olup, Kretase-Tersiyer yaşlı bir petrol sistemi ile ilişkilidirler (Şekil 1). Kuzey Irak'taki petrol sisteminde Geç-Jura yaşlı Chia Gara Formasyonunun ana kaya, Kretase yaşlı Üst ve Alt Qamchuqa Formasyonları ile Tersiyer yaşlı Jeribe Formasyonu hazne kaya ve Tersiyer yaşlı Alt Fars Formasyonu örtü kayadır (Buday ve Jassim, 1987).

Bu sistemin içinde yer alan ve farklı rezervuarlardan üretim yapılan Khabaz petrol sahası bu özellikleri nedeniyle çalışma alanı olarak seçilmiştir. Bu sahada üretim yapılan rezervuarlar Tersiyer (bir rezervuar) ve Kretase (iki rezervuar) yaşlı birimlerden oluşmaktadır. Farklı rezervuarlardan üretilen petrolerin fiziksel ve jeokimyasal özellikleri arasında farklar bulunmaktadır.

Bu çalışmada, petrolerin bu özelliklerinin jeostatistiksel olarak incelenmesi yoluyla farklı rezervuarlar, petrolerin tek bir ana kayadan mı yoksa farklı ana kayalardan mı türediği ve tek veya çok evreli bir göç sonucunda mı bu rezervuarlarda birikmiş oldukları sorularının cevabına ulaşılmaya çalışılmıştır.

GENEL JEOLJİ

Kuzey Irak'ta birden fazla rezervuardan petrol üretilmekte olan Khabaz petrol sahası bu bölgenin büyük sahalarından biridir. Khabaz sahası Irak'ın kuzey kesiminde, Kerkük ilinin sınırları içinde şehrin yaklaşık 23 km batı-kuzeybatısında yer almaktadır. Bu saha, yer altında uzunluğu yaklaşık 12 km, genişliği 4 km olan ve bir yükselim şeklinde uzanan bir yapı üzerinde yer almaktadır (Abdul-Wahab, 1983).

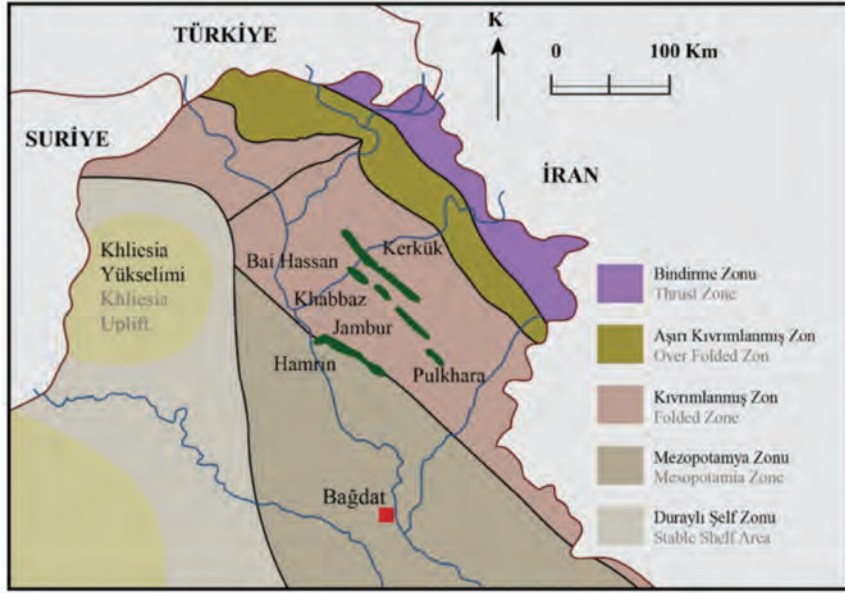
Khabaz sahası Kerkük sahasının batısında bağıl olarak küçük bir yapı olup, Baba yükselimine paralel olarak uzanır. Kuzeybatısında Bay Hasan sahası ve güneydoğusunda Jambur sahası yer almaktadır (Şekil 2 ve 3). Khabaz sahası Kenar Kıvrımları Kuşağı'ndadır ve bu nedenle o kuşağın yapısal özelliklerini taşıması beklenir. Sahanın eksenini kuzeybatı-güneydoğu yönünde uzanır ve kuzeydoğu kanadı güneybatı kanadına göre daha diktir (Jassim vd. 1999; Numan, 1997).

Khabaz petrol sahası önceden Bai Hassan yapısının bir uzantısı olarak düşünülmekte ise de, sismik çalışmaların yorumundan sonra bağımsız bir yapı olduğu belirlenmiştir (Jassim vd. 1999). Bu üç petrol sahası Kerkük sahası ana yapısının güneybatısında buna paralel bir şekilde yer almaktadır (Şekil 3). Khabaz petrol sahasında yaklaşık 30 kuyu açılmıştır. Bu kuyuların çoğunun Tersiyer rezervuarlarında sonlanmasına rağmen, bunların yarısından daha fazlası Üst Qamchuqa rezervuarına ulaşmıştır. Sahada birkaç kuyu ise Alt Qamchuqa rezervuarından üretim yapmaktadır.



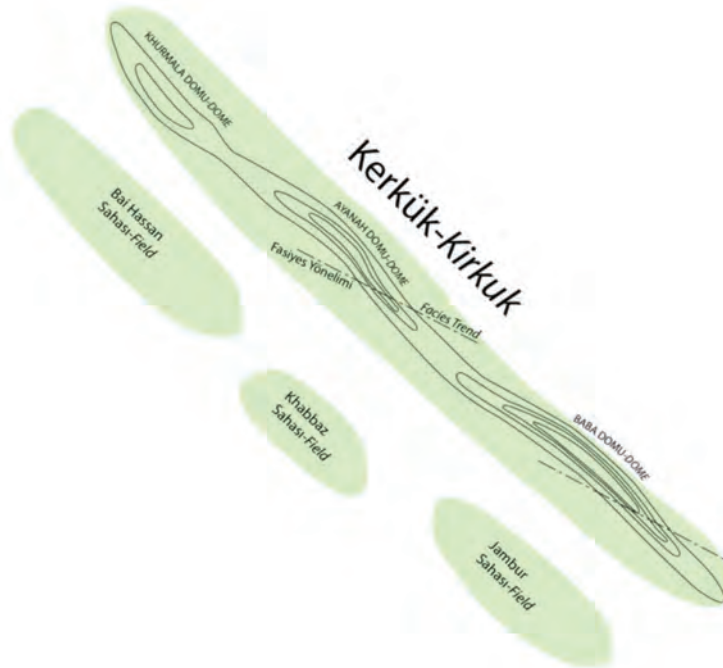
Şekil 1. Irak petrol sahaları haritası (Buday ve Jassim, 1987).

Figure 1. Iraq oil fields map (Buday and Jassim, 1987).



Şekil 2. Khabaz petrol sahasının yerini, bölgedeki yapısal özellikleri ve farklı kuşakları gösterir harita (Buday ve Jassim, 1987).

Figure 2. Map showing the location of the Khabaz oil field and structural characteristics of the region (Buday and Jassim, 1987).



Şekil 3. Khabaz petrol sahasının konumu.

Figure 3. Location of the Khabaz oil field.

KHABAZ SAHASI PETROLLERİNİN ÖZELLİKLERİ

Irak'ın Kuzey Petrol Şirketi (NOC) tarafından işletmeye alınmış Khabaz petrol sahasında 15 kuyudan derlenen örneklerden Kz-2a, Kz-3, Kz-8, Kz-9, Kz-10, Kz-17, Kz-19, Kz-25 Tersiyer yaşlı rezervuar kaya nitelikli Jeribe Formasyonundan;

Kz-4, Kz-7, Kz-11, Kz-13 Kretase yaşlı Üst Qamchuqa biriminden; Kz-1, Kz-2b, Kz-5, Kz14 ise yine Kretase yaşlı Alt Qamchuqa biriminden temin edilmiştir. Bu örnekler üzerinde yapılmış çalışmalardan elde edilmiş tüm fiziko-kimyasal ve jeokimyasal özellikler bu araştırmada kullanılmıştır. Saptanmış olan özellikler Çizelge 1'de listelenmiştir.

Çizelge 1. Khabaz petrol kuyularında üretilen petrollerin fizikokimyasal ve jeokimyasal özellikleri.

Table 1. Physico-chemical and geochemical properties of oils produced from wells in Khabaz field.

Kuyular	Rezervuar	Derinlik (m)	API Gravite	Özgül Ağırlık gr/cm ³	Kükürt (%)	Asfalt (%)	Balmumu (%)	Kül (%)
Khabaz 1	Kretase (Alt Qamchuqa)	3441	34.958	0.8398	1.63	1.2	4.53	0.11
Khabaz 2b	Kretase (Alt Qamchuqa)	3528	18.20	0.9454	6.9	16.3	0.73	-
Khabaz 5	Kretase (Alt Qamchuqa)	3300	40.724	0.8216	2.05	0.25	1.98	0.13
Khabaz 14	Kretase (Alt Qamchuqa)	3295	33.958	0.8552	1.98	1.02	2.82	0.003
Khabaz 4	Kretase (Üst Qamchuqa)	3137	22.403	0.8716	3.85	11.2	2.8	0.022
Khabaz 7	Kretase (Üst Qamchuqa)	3114	21.539	0.9246	3.5	3.84	2.3	0.1
Khabaz 11	Kretase (Üst Qamchuqa)	3070	28.567	0.884	2.8	4.35	2.85	0.069
Khabaz 13	Kretase (Üst Qamchuqa)	3210	37.455	0.8375	1.87	1.68	1.52	-
Khabaz 2a	Tersiyer	2668	35.5	0.8472	2.08	0.31	3.18	0.6
Khabaz 3	Tersiyer	2749	37.576	0.8369	1.5	0.54	2.3	0.13
Khabaz 8	Tersiyer	2300	34.677	0.8515	1.6	0.49	2.5	0.01
Khabaz 9	Tersiyer	2310	36.652	0.8415	1.5	2.3	2.9	0.01
Khabaz 10	Tersiyer	2376	37.374	0.8379	1.42	2.1	3.12	0.032
Khabaz 17	Tersiyer	2360	38.225	0.8337	1.3	1.76	4.28	0.008
Khabaz 19	Tersiyer	2319	38.001	0.8348	1.35	0.22	3.2	0.008
Khabaz 25	Tersiyer	2343	33.264	0.8588	1.47	3.51	3.43	0.221

Petrollerin Fiziksel Özellikleri

Özgül ağırlık

Bir cismin belirli bir hacimdeki ağırlığının, 4 °C sıcaklıkta ve 1 atmosfer basınç altında aynı hacimdeki suyun ağırlığına oranı özgül ağırlık olarak tanımlanır. Khabaz petrol sahasındaki kuyulardan üretilen petrollerin özgül ağırlığı genelde 0.82 ile 0.94 arasında değişmektedir. En yüksek özgül ağırlık Khabaz-2b kuyusunda, en düşüğü ise Khabaz-5 kuyusunda saptanmıştır.

API-Gravitesi

Amerikan Petrol Enstitüsü (API) tarafından oluşturulan özgül ağırlığa bağlı API gravite değeri, bütün dünyada petrolün sınıflandırılması için genel kabul görmüştür. API Gravite değeri, genelde 10 ile 48 arasında değişmektedir.

Petrollerin API gravitesine göre sınıflandırılması aşağıdaki gibidir:

Hafif >31

Orta 20-31

Ağır 10-20

Doğal Bitümler <10

Khabaz petrol sahasından çıkan petrollerin API graviteleri genelde 18.2 ile 40 arasındadır. En yüksek API gravitesi Khabaz-5 kuyusunda, en düşük gravite ise Khabaz-2b kuyusunda bulunmuştur.

Petrollerin Jeokimyasal Özellikleri

Kükürt miktarı

Kükürt (S) elementi, limon sarısı renkli, katı bir cisimdir ve doğada yaygın bulunan bir elementtir (yer kürenin % 0.06'sını oluşturur). İnorganik kükürt genelde alçıtaşı ya da kireçtaşı katmanları arasında doğal halde bulunur. Çoğunlukla demir, bakır, kurşun ve çinko sülfürler olarak metallerle

birleşmiş olarak görülür (Wikipedia, 2011). Organik kükürt ise daha çok aromatik halkalı hidrokarbon moleküllerinde bulunur (Tissot ve Welte, 1984). Khabaz petrol sahasında en yüksek kükürt değeri % 6.9 ile Khabaz-2 kuyusunda, en düşük değer ise % 1.3 ile Khabaz-7 kuyusunda ölçülmüştür.

Asfalt (Asfalten) miktarı

Ham petrollerin genelde büyük molekül ağırlıklı ve N, S ve O içeren bileşenleri reçineler ve asfaltenler olarak adlandırılır. Asfaltenler ve reçineler karmaşık bir yapıya sahip bileşenlerdir. Bu yapısal dizilişler çok halkalı-aromatik veya naftanik- aromatik zincirler ile heteroatomlardan (N,S,O) oluşturmaktadır. Bunlar petrolün ağır fraksiyonlarını teşkil etmektedirler (Tissot ve Welte, 1984). Khabaz petrol sahasındaki kuyulardan elde edilen asfalten oranları % 0.22 ile % 16.3 arasındadır. En yüksek asfalten oranı Khabaz-2b kuyusunda, en düşük oran ise Khabaz-19 kuyusunda elde edilmiştir.

Balmumu miktarı

Balmumu bir tür kimyasal bileşiktir. 45 °C üstündeki sıcaklıkta erir ve düşük viskoziteli bir sıvı oluşturur. Balmumu suda çözülmez, ancak petrolde çözülebilmektedir. Petroldeki balmumu genelde parafinik balmumdur. En çok bulunan doğal balmumu ester olmasına karşın, parafinik balmumu bir hidrokarbondur. Bu malzemenin önemli bir bölümünü petrol temsil etmektedir. Parafinik balmumu karışımları, n- ve iso alkanlar, naftenler, doymuş, alkil- ve naftenik, aromatik bileşiklerin bir karışımından oluşur (Tissot ve Welte, 1984). Khabaz petrol sahası kuyularından elde edilen en yüksek balmumu değeri % 4.53 olarak Khabaz-1 kuyusunda, en düşük değer ise % 0.73 olarak Khabaz-2 kuyusunda belirlenmiştir.

Nikel ve Vanadyum miktarı

Nikel (Ni), gümüş – beyaz renkli metalik bir elementtir. Genelde petlandit içinde demir ve kükürt, milerit içinde kükürt ve nikelinin içinde ise arsenik ile birlikte bulunur. Vanadyum (V) yumuşak, gümüşü gri renkli bir diğer metalik elementtir (Wikipedia, 2011). Petrollerin bünyesinde de 1-150 ppm arasında değişen miktarlarda nikel ve vanadyum saptanmıştır (Tissot ve Welte, 1984). Khabaz petrol sahasından alınan örneklerde en yüksek nikel miktarı 17 ppm ile Khabaz-4 kuyusunda bulunmuştur. En düşük miktar ise Khabaz-1 kuyusundaki 5 ppm dir. Khabaz petrol sahasında alınan örneklerde en yüksek vanadyum miktarı 61 ppm olarak Khabaz-4 kuyusunda, en düşük miktar ise 5 ppm olarak Khabaz-1 kuyusunda ölçülmüştür.

İstatistiksel Değerlendirme

Bu çalışmada, Khabaz sahasında üç farklı rezervuardan üretilen petrollerin önceki bölümlerde tartışılmış özellikleri arasındaki ilişkilerin toplu olarak gözetilmesi yoluyla, bu petrollerin kökeni ve göç süreçlerine bir yaklaşım sağlanıp sağlanamayacağı sorusuna istatistiksel yöntemlerle cevap aranmıştır. Bu amaçla korelasyon katsayısı, faktör analizi ve klaster analizi yaklaşımları denenmiştir.

Korelasyon katsayısı (R)

Bu yöntem iki veya daha fazla değişken arasındaki ilişkiyi belirlemek ve bu ilişkinin doğru, ters veya rastgele olup olmadığını saptamak ve bu değişkenler için bir bütünselliğin

sağlanması amacıyla kullanılmaktadır (Al-Rawi, 1980). Korelasyon katsayısı, mükemmel pozitif korelasyon (+1) ile mükemmel ters korelasyon (-1) ve rastgele ilişki (0) arasında bir değerdir. Genel olarak bu korelasyonu tanımlamak için aşağıda Çizelge 2’de verilen tanımlar kullanılmıştır (Al-Rawi, 1980).

Çizelge 2. Korelasyonun Korelasyon Katsayısına göre tanımlanması (Al-Rawi, 1980)

Table 2. Definition of correlation according to Correlation Coefficients(Al-Rawi, 1980)

Korelasyon katsayısı (R)	Korelasyon
± 1.00	Mükemmel
± 0.75- ± 0.99	Çok Yüksek
± 0.50 - ±0.74	Yüksek
± 0.25 - ±0.49	Yarı-Yüksek
0.0 - ± 0.24	Zayıf

Bilgisayar destekli olarak ve saptanan Khabaz sahasında üretilen petrollerin tüm fiziko-kimyasal özellikleri kullanılarak belirlenen korelasyon katsayısı değerleri Çizelge 3’te gösterilmiştir. Elde edilen korelasyon katsayıları (Kz-1, Kz-2a, Kz-3, Kz-5, Kz-8, Kz-10, Kz-14, Kz-17 ve Kz-19) kuyuları arasında çok yüksek bir korelasyon olduğunu göstermiştir. Bu kuyuların Kz-1 hariç tümü Tersiyer yaşlı Jeribe Formasyonundan üretim yapmaktadır. Bu da bu rezervuardaki petrollerin çok benzerli olduğu, olasılıkla aynı ana kayadan bir seferde göç etmiş petrollerin söz konusu olduğunu göstermektedir.

Çizelge 3. Khabaz sahası tüm kuyuları arasındaki korelasyon katsayıları. Kırmızı: Çok Yüksek, Mavi: Yüksek, Sarı: Yarı-Yüksek, Yeşil: Zayıf.

Table 3. Correlation coefficients between all wells of the Khabaz oil field. Red: Very High, Blue: High, Yellow: Semi-High, Green: Low.

Kuyular	Kz-1	Kz-2a	Kz-3	Kz-4	Kz-5	Kz-7	Kz-8	Kz-9	Kz-10	Kz-11	Kz-13	Kz-14	Kz-17	Kz-19	Kz-25
Kz-1	1														
Kz-2a	0.97	1													
Kz-3	0.97	0.96	1												
Kz-4	0.35	0.38	0.45	1											
Kz-5	0.85	0.92	0.92	0.40	1										
Kz-7	0.25	0.21	0.38	0.98	0.39	1									
Kz-8	0.97	0.96	0.99	0.48	0.93	0.38	1								
Kz-9	0.70	0.57	0.73	0.83	0.51	0.73	0.72	1							
Kz-10	0.79	0.67	0.79	0.76	0.57	0.64	0.79	0.99	1						
Kz-11	0.30	0.20	0.38	0.98	0.28	0.95	0.38	0.85	0.77	1					
Kz-13	0.48	0.45	0.62	0.94	0.62	0.94	0.62	0.81	0.75	0.89	1				
Kz-14	0.94	0.91	0.98	0.62	0.90	0.55	0.98	0.82	0.87	0.56	0.75	1			
Kz-17	0.90	0.78	0.86	0.56	0.62	0.43	0.86	0.91	0.96	0.57	0.59	0.88	1		
Kz-19	0.99	0.96	0.97	0.31	0.84	0.21	0.97	0.69	0.78	0.26	0.46	0.92	0.89	1	
Kz-25	0.52	0.36	0.52	0.84	0.27	0.73	0.51	0.96	0.93	0.89	0.73	0.65	0.82	0.49	1

Buna karşın Kz-1 kuyusu ile Kz-4, Kz-7, Kz-11 ve Kz-13 kuyuları arasındaki korelasyon oldukça düşüktür. Bu dört kuyu Üst Qamchuqa rezervuarında üretim yapılan kuyulardır. Bu petrolerin Tersiyer yaşlı rezervuardaki petrolerden bir şekilde farklı olduğu anlaşılmaktadır.

Alt Qamchuqa rezervuarından üretim yapan diğer dört kuyu (Kz-1, Kz-2b, Kz-5, Kz-14), Kz-2b dışında kendi aralarında benzer olup, bu kuyularda üretilen petroler de Tersiyer rezervuarından üretilen petrolere benzemektedir.

Bu grupların kendi aralarındaki korelasyonu için rezervuar bazında yapılan değerlendirme yukarıdaki sonuçları doğrulamıştır.

Çizelge 4'te Tersiyer yaşlı rezervuardan üretilen petrolerin kendi aralarındaki korelasyonu, Kz-9, Kz-10 ve Kz-25 kuyuları diğerlerinden biraz farklılaşmasına rağmen, tüm kuyuların çok yüksek-yüksek bir korelasyon sunduğunu doğrulamıştır. Kz-9, Kz-10 ve Kz-25 kuyulardaki farklılık bunların yüksek oranda asfaltin içermelerinden kaynaklanmaktadır.

Çizelge 4. Khabaz sahasında Tersiyer yaşlı rezervuardan üretim yapılan kuyular arasındaki korelasyon katsayıları. Kırmızı: Çok Yüksek, Mavi: Yüksek, Sarı: Yarı-Yüksek

Table 4. Correlation coefficients between wells producing from Tertiary aged reservoirs in Khabaz oil field. Red: Very High, Blue: High, Yellow: Semi-High

Kuyular	Kz-2a	Kz-3	Kz-8	Kz-9	Kz-10	Kz-17	Kz-19	Kz-25
Khabaz-2a	1							
Khabaz-3	0.97	1						
Khabaz-8	0.96	0.99	1					
Khabaz-9	0.57	0.73	0.72	1				
Khabaz-10	0.67	0.79	0.79	0.98	1			
Khabaz-17	0.78	0.86	0.86	0.91	0.96	1		
Khabaz-19	0.96	0.97	0.97	0.69	0.78	0.89	1	
Khabaz-25	0.36	0.52	0.51	0.96	0.93	0.82	0.49	1

Çizelge 5’te görülen korelasyon ise, (Kz-4, Kz-7, Kz-11, Kz-13) kuyularındaki petrollerin birbirlerine çok benzediğini göstermektedir. Bu kuyulardaki petrol aynı kaynak kayadan ve olasılıkla aynı evrede göç ederek bu rezervuar kayaya ulaşmış olmalıdır. Bu grubun Tersiyer grubu petrolleriyle olan korelasyonunun düşük oluşu ise farklı bir kökeni veya bir şekilde ayrışmayı işaret etmektedir.

Çizelge 5. Khabaz sahasındaki Kretase yaşlı Üst Qamchuqa rezervuarından üretim yapan kuyular arasındaki korelasyon katsayıları. Kırmızı: Çok Yüksek.

Table 5. Correlation coefficients between wells producing from the Upper Qamchuqa reservoir of Cretaceous age in the Khabaz oil field. Red: Very High.

Kuyular	Kz-4	Kz-7	Kz-11	Kz-13
Khabaz-4	1			
Khabaz-7	0.98	1		
Khabaz-11	0.98	0.95	1	
Khabaz-13	0.94	0.94	0.89	1

Çizelge 6’daki Kretase yaşlı (Alt Qamchuqa) rezervuarındaki petrollerin korelasyon sonucuna göre, (Kz-1, Kz-5, Kz-14) kuyularındaki petroller birbirlerine çok benzemekte ve aynı zamanda Tersiyer rezervuarındaki petroller ile de çok yakın benzerlikler sunmaktadır. Bu nedenle bu petrollerin de aynı kökenden gelme olasılıkları oldukça yüksektir. Khabaz-2b kuyusundaki petrol ise yüksek orandaki asfaltin içeriği nedeniyle ayrı düşmüştür. Bu korelasyon sonucunda da Khabaz petrol sahasının Kretase yaşlı Alt Qamchuqa rezervuarındaki tüm kuyuların, Khabaz-2b hariç, aynı petrol tipini içerdikleri anlaşılmıştır.

Çizelge 6. Khabaz sahasındaki Alt Qamchuqa rezervuarında üretim yapan kuyular arasındaki korelasyon katsayıları. Kırmızı: Çok Yüksek, Mavi: Yüksek, Sarı: Yarı-Yüksek

Table 6. Correlation coefficients between the wells producing in the Lower Qamchuqa reservoir in the Khabaz oil field. Red: Very High, Blue: High, Yellow: Semi-High

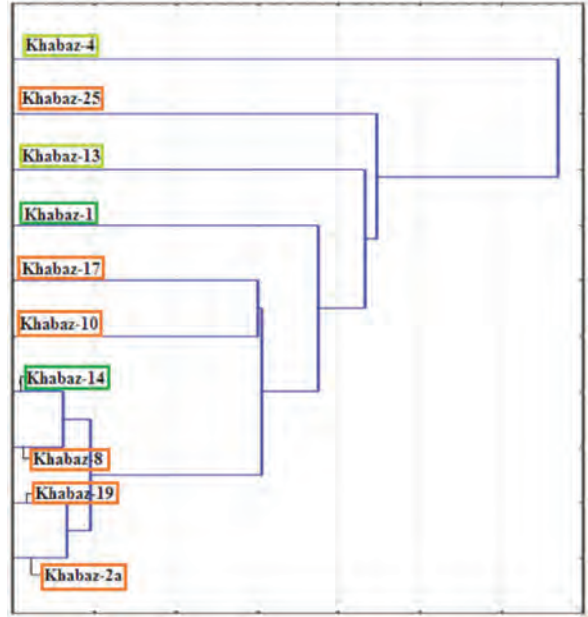
Kuyular	Kz-1	Kz-2b	Kz-5	Kz-14
Khabaz-1	1			
Khabaz-2b	0.59	1		
Khabaz-5	0.85	0.58	1	
Khabaz-14	0.94	0.41	0.90	1

Klaster (Cluster) analizi

Klaster analizi yönteminin temeli, bir veri serisi içindeki benzer değerlere sahip olanları gruplandırarak birbirinden farklılıklar sunan verilerin ayırt edilmesi olarak ifade edilebilir. Bu yöntemin özelliği çok ayrıntılı ve net bir sınıflandırmaya izin vermesidir. Verilerin aynı özellikleri taşıyanları ve benzer olanları, bunların kökenini anlamak için de kullanılmaktadır (Al-Rawi, 1980)

Khabaz petrol kuyularındaki petrolerin özellikleri kullanılarak bilgisayar destekli Klaster analizi yardımıyla bu petrolerin gruplandırılmasına ve varsa farklı olanların belirlenmesine çalışılmıştır. Bu amaçla önce farklı rezervuarlardan üretim yapılan kuyuları temsilen 10 kuyu için bir ön değerlendirme yapılmıştır.

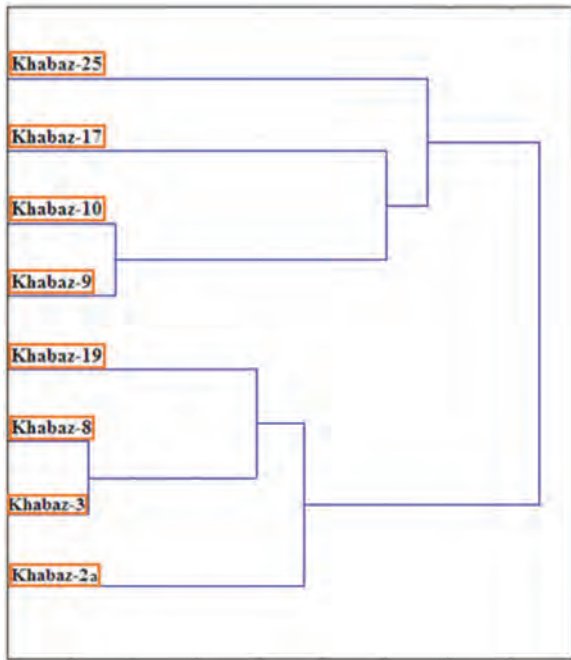
Değerlendirilen kuyulardan Kz-4 ve Kz-13 Üst Qamchuqa'yı, Kz-1 ve Kz-14 Alt Qamchuqa'yı, Kz-2a, Kz-8, Kz-10, Kz-17, Kz-19 ve Kz-25 Tersiyer'i temsil etmektedir. Bu ön değerlendirme, Kz-2a, Kz-8, Kz-19 ve Kz-14 kuyuların yakın ilişki olduklarını, Kz-4 kuyusunun ise en uzak ilişkili olduğunu göstermiştir (Şekil 4).



Şekil 4. Khabaz sahasında farklı rezervuarlardan üretim yapan 10 kuyunun klaster diyagramı.

Figure 4. Cluster diagram of 10 wells producing from different reservoirs in Khabaz field.

Klaster analizi daha sonra farklı rezervuardan üretilen petroler bazında ayrı ayrı yapılmıştır. Khabaz sahasında Tersiyer yaşlı rezervuardan üretim yapılan kuyuların iki temel grup oluşturdukları görülmektedir (Şekil 5).



Şekil 5. Khabaz sahası Tersiyer yaşlı rezervuarlardaki petrollerin klaster diyagramı.

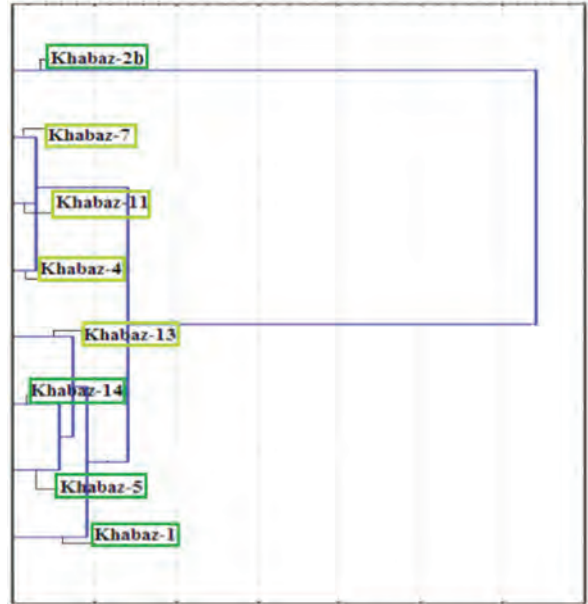
Figure 5. Cluster diagram of oil wells in the Khabaz field producing from Tertiary age reservoir.

Elde edilen sonuçlara göre Kz-25, Kz-17, Kz-10 ve Kz-9 birinci gruba, Kz-19, Kz-8, Kz-3 ve Kz-2a ise ikinci gruba aittir. Gruplaşmanın nedeni birinci gruptaki kuyulardaki petrollerde % 1.76'dan yüksek oranda asfaltin, ikinci gruptaki kuyulardaki petrollerde ise % 0.54'ten düşük asfaltin bulunmasıdır. Bu iki farklı gruplaşmaya rağmen Şekil 5'teki diyagram ortak bir kökene işaret etmektedir. Ayrıca bu sonuç, korelasyon katsayıları gözetilerek yapılmış olan değerlendirmeye de uyumludur.

Khabaz sahasının Kretase yaşlı Üst ve Alt Qamchuqa rezervuarındaki kuyulardan elde edilen sonuçlara göre, iki ayrı tip petrol bulunmaktadır (Şekil 6). Bunlardan Üst Qamchuqa rezervuarından üretim yapan Kz-4, Kz-7 ve Kz-11 kuyularında çok benzer petroller bulunmaktadır. Yine Üst Qamchuqa rezervuarından üretim yapan Kz-13 kuyusu da bir ölçüde bunlara benzer özelliklere

sahiptir. Alt Qamchuqa rezervuarından üretim yapan Kz-1, Kz-5 ve Kz-14 kuyuları ise diğer grubu oluşturmaktadır. İki ayrı petrol grubunun farklı iki rezervuarı temsil ediyor oluşu dikkat çekicidir. Kz-2b kuyusu ise bu iki gruptan ayrı özelliklere sahiptir. Bunun olası nedeni Kz-2b'deki petrolün çok yüksek oranda asfaltin içermesidir.

Klaster analizi sonuçlarına göre de Tersiyer yaşlı rezervuardaki petrollerin oluşturduğu bir grup ile Üst Qamchuqa rezervuarındaki bir diğer grup birbirlerinden ayrılmaktadır. Alt Qamchuqa ise daha çok Tersiyer yaşlı kuyulardaki petrole yakındır.



Şekil 6. Khabaz sahası Kretase yaşlı rezervuarlardaki petrollerin klaster diyagramı.

Figure 6. Cluster diagram of oil wells in the Cretaceous reservoirs in Khabaz oil field.

Faktör analizi

Faktör analizi, çok değişkenli bir veri setinde farklılık-değişiklik matrisi içindeki yapıları ve ilişkileri yorumlamak için kullanılmaktadır. Kullanılan teknik, korelasyon veya değişiklik

matrisinden öz değer ve öz vektörlerin çıkarılmasına dayanmaktadır (Kline, 1994; Wikipedia, 2011).

Çalışmada, bilgisayar destekli faktör analizi yapılarak Khabaz sahası kuyularındaki petrolerin fiziko-kimyasal özellikleri arasındaki ilişkinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Temsilci 10 kuyu seçilerek yapılan ön değerlendirmeler özgül ağırlık, kükürt ve balmumu değerlerindeki değişimlerin benzerlikler sunduğunu göstermiştir (Çizelge 7).

Çizelge 7. Khabaz sahasının farklı rezervuarlardan üretim yapan 10 kuyunun özellikleri arasındaki faktör analizi.

Table 7. Factor analysis of the characteristics between 10 wells that producing from different reservoirs in Khabaz oil field.

Değişken	Faktör 1	Faktör 2
Özgül ağırlık	0.845436	0.326528
Kükürt	0.730547	0.271109
Asfalten	0.444043	0.683342
Balmumu	0.666055	0.028111
Kül	0.288084	0.847516
Değişkenlik (Expl. Var.)	1.972257	1.366151
Toplam Oran (Prp. Totl)	0.394451	0.273230

Daha sonraki aşamada ise Tersiyer ve Kretase yaşlı rezervuarlardaki petroler ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Yapılan bu değerlendirme Tersiyer yaşlı rezervuarlardaki kuyularda kükürt, asfalten ve balmumu arasında çok yüksek bir ilişkinin olduğunu göstermiştir (Çizelge 8).

Çizelge 8. Tersiyer yaşlı rezervuardaki petrolerin özellikleri arasındaki faktör analizi.

Table 8. Factor analysis between the characteristics of oil in Tertiary age reservoir.

Değişken	Faktör 1	Faktör 2
Özgül ağırlık	0.557260	0.760109
Kükürt	0.784538	0.548480
Asfalten	0.802926	0.305681
Balmumu	0.725791	0.188060
Kül	0.478565	0.784022
Değişkenlik	2.326526	1.622093
Toplam Oran	0.465305	0.324419

Kretase (Üst ve Alt Qamchuqa) yaşlı rezervuarlardaki kuyularda ise özgül ağırlık, kükürt ve asfalten arasında çok yüksek bir ilişki bulunmaktadır (Çizelge 9).

Çizelge 9. Kretase yaşlı rezervuarlardaki petrolerin özellikleri arasındaki faktör analizi.

Table 9. Factor analysis between characteristics of oils in Cretaceous reservoirs.

Değişken	Faktör 1	Faktör 2
Özgül ağırlık	0.920884	0.021512
Kükürt	0.973968	0.127708
Asfalten	0.966552	0.096445
Balmumu	0.313150	0.485971
Kül	0.234666	0.865727
Değişkenlik	2.883997	1.011724
Toplam Oran	0.576799	0.202345

Bu sonuçlar, Tersiyer ve Kretase rezervuarlarındaki petrolerin kısmen ayrışmakla beraber benzerlikler gösterdikleri şeklinde yorumlanmıştır.

TARTIŞMA VE SONUÇLAR

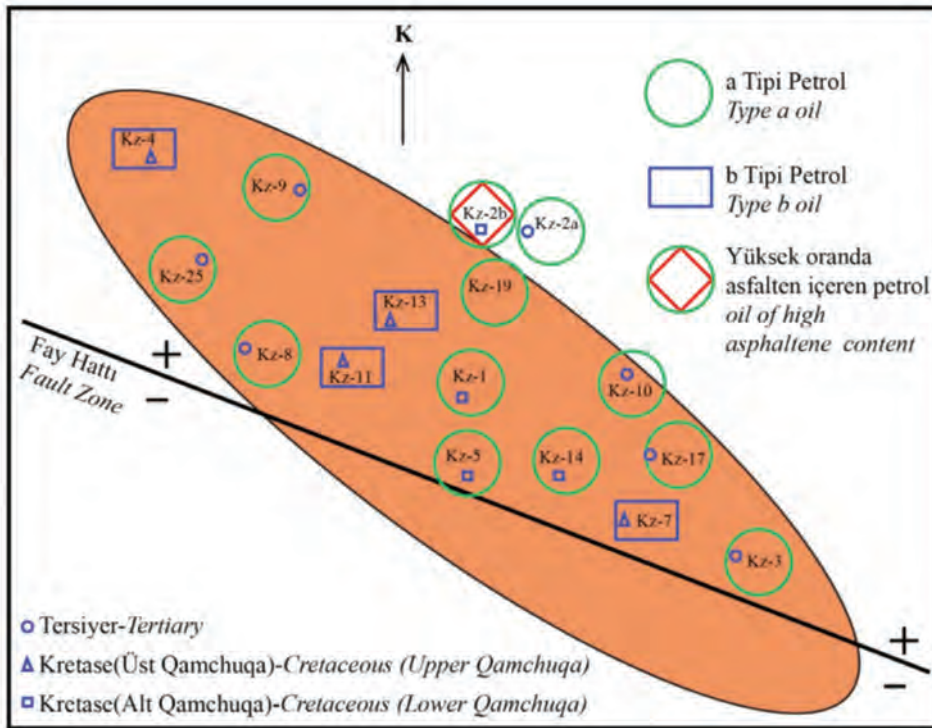
Bu çalışmada elde edilen verilerin ışığında Khabaz petrol sahasında iki ayrı tip petrolün bulunduğu sonucuna varılmıştır (Şekil 7). Bunlardan; Tersiyer yaşlı rezervuar kayalarından (Jeribe Formasyonu) üretim yapılan kuyulardaki petrol (Kz-2a, Kz-3, Kz-8, Kz-19) “a petrolü” olarak adlandırılmıştır. Aynı rezervuardan üretim yapılan (Kz-9, Kz-10, Kz-17, Kz-25) kuyulardaki petrol de bu gruba ait olmakla birlikte bazı küçük bileşimsel farklılıklar nedeniyle diğer kuyulardan ayrılmaktadır. Bunun nedeni birinci grup kuyulardaki petrolde % 0.54’ten düşük oranda asfaltener bulunması, ikinci gruptaki kuyulara ait petrolde ise asfaltener miktarının % 1.76’dan yüksek olmasıdır.

Khabaz petrol sahasındaki Kz-4, Kz-7, Kz-11, Kz-13 kuyularında Kretase yaşlı Üst Qamchuqa rezervuarından üretilen petrol ise “b petrolü” olarak adlandırılmıştır. Bunun ilk gruptan

ayrılmasının temel nedeni, Kz-13 kuyusu dışında düşük API gravitesine sahip olmaları ve yüksek oranda asfaltener içermeleridir.

Khabaz petrol sahasında Kretase yaşlı Alt Qamchuqa rezervuarından üretim yapan Kz-1, Kz-2b, Kz-5, Kz-14 ise ağırlıklı olarak “a petrolü” içermektedir. Bu kuyulardan Kz-2b’deki petrol çok yüksek oranda asfaltener içermesi (% 16.3) nedeniyle tüm diğer petrollerden farklılaşmaktadır.

Özellikleri farklı iki grup petrolün varlığı, bu petrolerin iki farklı ana kayadan türemiş olmaları veya tek bir ana kayadan farklı olgunluk aşamalarında türeyerek ve bu ana kayadan farklı zamanlarda atılarak göç etmeleri ile açıklanabilir. Bunun yanı sıra iki farklı petrolün varlığı, bunların tek bir ana kayadan türemeleri, tek bir evrede göç ederek rezervuarlarda birikmeleri, ancak burada daha sonra başkalaşmış olmaları (transformasyona uğraması) ile de açıklanabilir.



Şekil 7. Khabaz petrol sahasındaki petrol tiplerini gösterir harita.

Figure 7. Map showing oil types in Khabaz oil field.

Kuzey Irak ve Khabaz petrol sahasının petrol jeolojisi ve petrolerin saptanan özelliklerinin değerlendirilmesi yoluyla bu olasılıklar aşağıda tartışılmıştır:

Daha önceki çalışmalarda (Habba ve Abdullah, 1989) saptanmış olduğundan, Kuzey Irak'ta ve Khabaz petrol sahasında üretilen petrolerin tek bir ana kayadan (Chia Gara Formasyonu) türemiş olmaları çok yüksek bir olasılıktır. Ayrıca petrolerin özellikleri arasında farklılıklar bulunsa da, bunların sınırlı oluşu, üretilen petrolerin aynı kökenden geldiğine işaret etmektedir. Bunlar, yukarıda sözü edilen ilk olasılığın (farklı ana kayalar) mümkün olmadığı göstermektedir.

İkinci olasılık, Khabaz petrol sahasındaki özellikleri farklı petrolerin aynı ana kayadan (Chia Gara Formasyonu), ancak iki farklı olgunluk aşamasında oluşup, atılarak göç etmiş olmalarıdır. Bunun için ilk aşamada, Khabaz sahası yakınlarındaki bir depresyonda (Kitchen Area) Chia Gara Formasyonunda erken olgun aşamada oluşmuş düşük API graviteli ve yüksek asfalten içerikli petrolerin göç ederek Üst Qamchuqa Formasyonu'nda birikmiş olmaları, bunu takip eden dönemde ise artan gömülmeye bağlı olarak daha olgun bir evrede yüksek API graviteli ve düşük asfalten içerikli petrolerin Jeribe ve Alt Qamchuqa rezervuarına göç ederek birikmeleri gerekecektir. Ancak, Kuzey Irak Petrol Sisteminde Chia Gara Formasyonu'daki petrol oluşumunun mekan ve zamandaki dağılımı (Pitman vd. 2004) bu senaryoyu desteklememektedir. Bunun yanı sıra farklı dönemlerde göç eden petrolerin farklı

rezervuarları tercih etmiş olmalarının jeolojik bir gerekçesi bulunmamaktadır. Bu nedenlerle yukarıda sözü edilen ikinci olasılığın da (tek bir ana kaya, farklı olgunluk aşamalarında göç) mümkün olmadığı sonucuna varılmıştır.

Sonuç olarak, Kuzey Irak'ta ve Khabaz petrol sahasındaki petrolerin bazı kuyularda farklı özellikler göstermesinin, aynı ana kayadan ve tek bir evrede göç etmiş petrolerin daha sonra rezervuar koşullarında başkalaşmış olmaları ile ilgili olabileceği daha yüksek bir olasılık olarak değerlendirilmiştir. Bunun nedeni, farklılıkların öncelikle API gravitesi ve asfalten oranına dayanması (Çizelge 10) ve bu özelliklerin de yerinde başkalaşım süreçlerinden etkilenmeleridir.

En önde gelen yerinde başkalaşım süreci ise biyodegradasyon olarak değerlendirilmiştir. Farklılıklar sunan petrolerin moleküler organik jeokimyasal özellikleri bilinmediğinden bu farklılaşmanın biyodegradasyondan kaynaklanıp kaynaklanmadığı belirlenememiştir. Bununla beraber, Kz-2b kuyusundaki aşırı yüksek asfalten oranı ve buna bağlı düşük API gravitesi bunun olası olduğuna işaret etmektedir. Başkalaşmış petrolerin ağırlıklı olarak Üst Qamchuqa rezervuarında bulunmaları, başkalaşıma neden olan süreçlerin bu rezervuar kayanın diğer özellikleri ile de kontrol edildiğini düşündürmektedir.

Khabaz sahasında farklı rezervuarlardaki petrolerde saptanmış olan bileşimsel farklılıkların, göç sırasında ve/veya yerinde başkalaşım sonucunda geliştikleri sonucuna varılmıştır.

Çizelge 10. Khabaz sahasındaki petrollerin özelliklerindeki temel farklılıklar.

Table 10. Basic differences in the characteristics of oils in the Khabaz field.

Kuyular	Rezervuar	Derinlik (m)	API	Asfalten %
Khabaz-8	Tersiyer	2300	34.7	0.49
Kahabz-9	Tersiyer	2310	36.7	2.3
Kahabz-19	Tersiyer	2319	38.0	0.22
Khabaz-25	Tersiyer	2343	33.2	3.51
Khabaz-17	Tersiyer	2360	38.2	1.76
Khabaz-10	Tersiyer	2376	37.4	2.1
Khabaz-2a	Tersiyer	2668	35.5	0.31
Khabaz-3	Tersiyer	2749	37.6	0.54
Khabaz-11	Kretase (Üst Qamchuqa)	3070	28.7	4.35
Khabaz-7	Kretase (Üst Qamchuqa)	3114	21.5	3.84
Khabaz-4	Kretase (Üst Qamchuqa)	3137	22.4	11.2
Khabaz-13	Kretase (Üst Qamchuqa)	3210	37.4	1.68
Khabaz-14	Kretase (Alt Qamchuqa)	3295	34.0	1.02
Khabaz-5	Kretase (Alt Qamchuqa)	3300	40.7	0.25
Khabaz-1	Kretase (Alt Qamchuqa)	3441	35.0	1.2
Khabaz-2b	Kretase (Alt Qamchuqa)	3528	18.2	16.3

KATKI BELİRTME

Bu makale birinci yazar tarafından İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmış olan çalışmadan yararlanılarak hazırlanmıştır. Khabaz Petrol Sahası ve bu sahada üretilen petrollere ait verileri sağlayan Kuzey Petrol Şirketi'ne teşekkür borçluyuz. Makaleyi özenle değerlendirerek, yapıcı eleştirileriyle yol gösterici olan Doç. Dr. Nazan Yalçın Erik (Cumhuriyet Üniversitesi) ve Dr. Zühtü Batı'ya (Türkiye Petrolleri A. O.) da katkıları için özellikle teşekkür ederiz.

EXTENDED SUMMARY

Iraq is one of the so-called oil-rich countries and will also remain in the future as one of the major oil producers, as it consists of various petroleum systems. Most of the Iraqi oil fields are located in northern Iraq within the Zagros-Mesopotamian Belt and are related with a Cretaceous-Tertiary

petroleum system (Figure 1). The Khabaz Oilfield which is investigated in this study belongs to the province of the Kirkuk oils. It is located to the southwest of the Kirkuk field and runs parallel to this field in a northwest-southeast direction (Figures 2 and 3). In this field oil is produced from approximately 30 wells, most of which are penetrated only the Tertiary reservoirs. But, some of these wells are also producing from Cretaceous Upper and Lower Qamchuqa units.

In this study we tried to find out whether oil in these different reservoirs is formed from a single source rock or from different source rocks and whether they are formed as a result of a single or multi-phase migration. For this purpose, physico-chemical properties of the oils such as specific gravity, API-gravity, amounts of asphaltene, sulphur, wax, ash and Ni, V and chemical composition of reservoir water are used. These parameters, which were separately defined for each well and reservoir, are arranged as a data base. By using computer-aided assessments

and comparisons the data are compared with each other by statistical methods such as correlation coefficient (R), factor analysis, and analysis of cluster similarity in order to determine similarities, proximities and differences between the reservoirs.

The conducted statistical evaluation has shown that remarkable compositional differences do exist. Whereas oils in Tertiary and Upper Qamchuqa reservoirs (Type a oil) are similar, the oil in Lower Qamchuqa reservoir (Type b oil) is different due to its low API-gravity and high asphalten content. The existence of these two different oils can be explained either by two different source rocks or by only one source rock, which feeded these reservoirs as a result of a multi-phase generation and migration. Furthermore, an in-situ transformation of oil from a single source rock and a single-phase migration can be considered as another plausible explanation.

Validity of these possible explanations is discussed in the light of previous studies on the petroleum geology of Northern Iraq and of the Khabaz Field (Habba and Abdullah, 1989; Pitman et al., 2004), and of the results of this geostatistical study. According to the results of this discussion, the following items could be concluded:

-Although some compositional differences are observed, both oils are generated most probably from a single source rock, namely the late Jurassic Chia Gara Formation, because the differences are not major. Therefore, the option of two source rocks can be excluded.

-A multi-phase generation and subsequent migration from a single source rock is considered also as not possible, since the temporal and spatial distribution of oil generation in Chia Gara Formation and the geologic history of Northern Iraq does not support this scenario (Pitman et al., 2004).

- It could be concluded that the compositional differences of oils observed in different reservoirs are caused by in-situ degradation of oil in reservoirs, because the differences are mainly related with API-gravity and asphalten content, the most sensitive parameters to degradation.

DEĞİNİLEN BELGELER

- Abdul-Wahab, L.M., 1983. Mineralogy of amphiboles and pyroxenes from recent sediments of the Tigris, Diyala and Adhaim Rivers, Iraq, Yüksek Lisans Tezi, University of Keele, UK, p. 55-57
- Al-Rawi., 1980. Provenance of Miocene Sandstones in Northern Iraq: Constraints from Framework Petrography, Bulk-Rock Geochemistry and Mineral Chemistry, Russian Geology and Geophysics, 50(2009), p. 517-534.
- Buday, T. ve Jassim, S. Z., 1987. The Regional Geology of Iraq, Volume II; Tectonism, Magmatism and Metamorphism. Dar AL-Kutib publishing house, University of Mosul. Iraq. 352 p
- Habba, Y ve Abdullah, M. B., 1989. Geochemical Study of the Hydrocarbon Source Rocks in Northeast Iraq. Oil & Arab Co-operation, 15, p. 12-51.
- Jassim, S.Z., Raiswell, R., ve Bottrell, S.H., 1999. Genesis of Middle Miocene strata bound Sulphur deposits of northern Iraq. Journal of the Geological Society, London 156, P. 25–39.
- Kline, P., 1994. An Easy Guide to Factor Analysis. London, New York: Routledge, 194 pp.
- Numan, N.M.S., 1997. A plate tectonic scenario for the Phanerozoic succession in Iraq. Iraqi Geological Journal 30, 85–110.
- Pitman, J. K., Steinshouer, D. ve Lewa, M. D., 2004. Petroleum generation and migration in the Mesopotamian basin and Zagros fold belt of Iraq, Geology of Iraq, first ed., Brno, Czech Republic, p. 243-249.
- Tissot, B.P. ve Welte, D.H., 1984. Petroleum formation and occurrence. Springer-Verlag, New York, 699 pp.
- Wikipedia, 2011: <http://tr.wikipedia.org>, accessed on 20 February 2011.



Batı Anadolu'da Yüksek Sıcaklıklı Jeotermal Sistemlerde Gözlenen Kabuklaşma Türleri ve Kabuklaşma Oluşumunun Kontrolünün Sağlanmasında Kullanılan Sistemler; Kızıldere-II (Denizli) Jeotermal Güç Santrali Örneği
Scaling Types and Systems Used to Provide Controlling of Scale occurrence in High Temperature Geothermal Systems in Western Anatolia; Kızıldere-II (Denizli) Geothermal Power Plant Example

Fusun Servin Tut Haklıdır 

*Istanbul Bilgi Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi,
Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü, Santral Kampüsü, Eyüp-İstanbul*

Geliş/Received : 11.04.2017 • Düzeltilmiş Metin Geliş/Revised Manuscript Received : 26.05.2017 • Kabul/Accepted : 09.06.2017 • Baskı/Printed : 01.08.2017
Araştırma Makalesi/Research Article *Türkiye Jeol. Bül. / Geol. Bull. Turkey*

Öz: Jeotermal güç üretimi su baskın rezervuarların derin zonlarından gelen orta-yüksek sıcaklıktaki akışkanlardan elde edilmektedir. Bu sistemlerde sıvı fazda termodinamik değişimlerin kontrolüyle jeotermal akışkan üzerinde sıcaklık ve basıncın etkilerinin izlenmesi jeotermal sistemlerin sürdürülebilirliğinin sağlanması bakımından oldukça önem arz etmektedir.

Bir jeotermal sistemde rezervuar kayaların türleri, su-kaya etkileşimleri ve jeotermal akışkanın kompozisyonuna yönelik sağlıklı bilgi elde edilmesi jeotermal güç/ısı sistemlerinin işletilmesi sırasında karşılaşılabilecek kabuklaşma, korozyon gibi problemlerin önlenmesinde önemli olacaktır.

Türkiye'de keşfedilmiş jeotermal sistemler su baskın rezervuar tipindedir. Türkiye'deki en büyük iki graben sistemi olan Büyük Menderes ve Gediz Grabenlerinde orta-yüksek sıcaklıktaki jeotermal sahalardan üretim yapan 30'un üzerinde jeotermal enerji santrali bulunmaktadır. Bu jeotermal sistemlerde, sistem performansını doğrudan etkileyen kalsit, silika türünde kabuklaşmalar gözlenmektedir. Güç santrallerinin üretim dönemlerinde bu kabuklaşma problemlerinin önlenmesi amacıyla jeokimyasal testler ve jeokimyasal modellemeler yapılmaktadır. Bir jeotermal sistemin sürdürülebilir olması, kabuklaşma tiplerinin belirlenmesine, uygun kabuklaşma engelleyici inhibitörlerin seçimine ve inhibitör sistemlerinin doğru noktalara kurulmasına doğrudan bağlıdır.

Bu çalışmada, Batı Anadolu'daki orta-yüksek sıcaklıktaki jeotermal rezervuarların jeolojisine bağlı olarak farklı tip jeotermal santrallerde üretilen akışkanların kabuklaşma eğilimleri ve etkin kabuklaşma engelleme metodları Kızıldere-II (Denizli) jeotermal güç santrali örneğinde test edilerek tartışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Batı Anadolu, güç santrali, inhibitör, jeotermal enerji, kabuklaşma, rezervuar jeolojisi

Abstract: *Geothermal power generation has been generally provided by moderate-high temperatures fluids at deep geothermal zones in water-dominated reservoirs. For these systems, controlling of thermodynamically changes of liquid phase and monitoring of temperature and pressure effects on geothermal fluids have great importance to provide of geothermal system sustainability.*

In a geothermal system, to provide a good information on reservoir rocks types, water-rock interaction and geothermal fluids composition will be important to prevent some problems such as; scaling, corrosion etc. during operational stage of geothermal power/heat systems.

The discovered geothermal systems have water-dominated type in Turkey. Büyük Menderes Graben and Gediz Graben are two of the largest graben systems in Turkey and there are more than 30 geothermal power generation systems on these moderate-high temperatures geothermal fields along these graben systems in Western Anatolia. All these geothermal systems have scaling problems such as calcite and silica and they directly affect performance

of the geothermal energy systems. To prevent these problems geochemical modeling studies and geochemical tests have been performed before operational stage of power generation systems. Sustainability of the system directly depends on determination of scaling types, selection suitable scale inhibitors and installation of inhibitor systems for a geothermal system.

In this study, scaling tendency of geothermal fluids depends on reservoir geology and the most effective scale prevention methods at different type geothermal power plants have been discussed for moderate-high geothermal temperature reservoirs in Western Anatolia and Kızıldere-II (Denizli) Geothermal Power Plant has selected as a case study to explain importance of suitable methods to prevent scaling.

Key Words: *Western Anatolia, power plant, inhibitor, geothermal energy, scaling, reservoir geology*

GİRİŞ

Yerin derinliklerindeki rezervuarlarda yerin ısı ile ısınmış jeotermal akışkanın (su, buhar + gaz) farklı sondaj teknikleriyle yüzeye çıkarılarak, bu akışkanın enerji üretimi, konut ve sera ısıtması, kaplıca ve kurutma gibi farklı endüstriyel uygulamalarda kullanılması, jeotermal enerjinin özellikle yenilenebilir enerji kaynakları arasında önemli bir yere sahip olmasını sağlamaktadır.

Jeotermal rezervuarlarda su baskın veya buhar baskın sistemleri oluşturan jeotermal akışkanların özellikleri, yerin derinliklerinden, yeryüzüne ulaşmaya kadar, özellikle değişen basınç (P) ve sıcaklık (T) parametrelerine bağlı olarak değişkenlik göstermektedir (DiPippo, 2016).

Türkiye’de olduğu gibi ağırlıklı olarak su baskın olarak gözlenen jeotermal sistemlerde, akışkanın üretiminden re-enjeksiyonla yeraltına geri basımının gerçekleştirildiği süreç boyunca değişen P ve T koşullarına bağlı olarak, akışkan bünyesindeki minerallerin duraylılıkları değişmektedir (Haizlip Robinson vd. 2013). Değişen bu termodinamik koşullar jeotermal akışkanın temas halinde olduğu ısı merkezleri ve güç sistemlerinin farklı kısımlarında kabuklaşma ve korozyon gibi etkiler oluşturarak, bu tesislerin işletilmesinde ciddi zorluklara ve finansal kayıplara neden olmaktadır.

Türkiye, önemli tektonik zonların ve genç volkanizmaların etkisinde bulunmakta olup (Şekil 1), bu yapılar jeotermal kaynakların oluşabilmesi için gerekli ısıtıcı kaya ve rezervuar kayaların

oluşmasına ve bu rezervuarlardaki akışkanların faylar vasıtasıyla yeryüzüne ulaştırılmasına olanak sağlamaktadır (Nicholson, 1993). Türkiye genelinde halen 230 keşfedilmiş jeotermal saha bulunmakta olup, en yüksek sıcaklıktaki sahalardan elde edilen jeotermal akışkanlar Batı Anadolu’da ağırlıklı olarak enerji üretiminde ve ısıtmada, düşük sıcaklıkta olanlar ise Orta Anadolu’da ısıtma ve kaplıca, Doğu Anadolu’da ise ağırlıklı olarak kaplıca uygulamalarında kullanılmaktadır (Mertoğlu vd. 2015).

Dünya genelinde jeotermal enerjiden elektrik üretimi 13.3 GWe’ı aşmış durumdadır (GEA, 2016). 2010 yılından önce jeotermal enerji potansiyeli MTA tarafından 31.500 MWt olarak tahmin edilen Türkiye’de, özellikle son beş yılda jeotermal arama çalışmalarına özel sektörün de yatırım yapmaya başlamasıyla, yeni keşfedilen sahalardan elde edilen akışkanlarla mevcut kapasitenin iki katına çıkması öngörülmektedir (Mertoğlu vd. 2015). Türkiye’de halihazırda 33 güç santralinden sağlanan 856 MWe olan kurulu güç kapasitesi (EPDK, 2017) ve jeotermal akışkanın doğrudan kullanıma yönelik yaklaşık 2887 MWt kapasite bulunmaktadır (Mertoğlu vd. 2015). Türkiye’nin 10. Kalkınma Planı’na göre; 2018 yılı jeotermal enerji kurulu güç kapasite hedefi 750 MWe güç ve ısı kapasitesi 4000 MWt olarak belirlenmiş olup, bu kurulu güç hedefi 2016 yılında aşılmıştır (T.C. 10. Kalkınma Planı, 2013).

Özellikle yenilenebilir enerji kaynaklarından enerji üreten güç santralleri arasında kapasite faktörlerinin yüksekliği nedeniyle ön plana

çıkan jeotermal santrallerinin sürdürülebilir olması ve tam kapasitede enerji üretimini uzun süre koruyabilmesi ise, ancak uygun işletme koşullarıyla mümkündür. Bu amaçla, santrallerin optimize edilerek, rezervuar işletme planları yapılarak ve üretimi etkileyecek faktörlerin göz önünde bulundurularak çalıştırılması gerekmektedir.

TÜRKİYE'DE KEŞFEDİLMİŞ YÜKSEK SICAKLIKLI JEOTERMAL SİSTEMLERİN DAĞILIMI

Türkiye jeotermal kaynak potansiyeli bakımından dünyada önde gelen ülkelerden biridir. 1960'ların başında Maden Tetkik Arama Enstitüsü (MTA) tarafından başlatılan jeotermal kaynak arama çalışmaları 2000'li yıllardan sonra hız kazanmış ve sadece 2010-2015 dönemi boyunca MTA ve özel sektör tarafından derinlikleri 2800 m'yi aşan 320'nin üzerinde araştırma, üretim ve re-enjeksiyon amaçlı jeotermal kuyu açılmıştır (Mertoğlu vd. 2015; Haklıdır Tut vd. 2015).

Jeotermal sistemlerin oluşması için gereken koşulların oluşmasına olanak sağlayan Alp-Himalaya orojenezine bağlı oluşan Ege Açılma Zonu, Kuzey Anadolu Fay Zonu, Doğu Anadolu Fay Zonu gibi farklı tektonik kuşaklar boyunca (Bozkurt, 2001) genç volkanizmanın da etkisiyle (Doglioni vd. 2002) Türkiye'de oldukça değişken jeotermal rezervuar sıcaklıkları gözlenmektedir (Mutlu ve Güleç 1998).

Ülkemizde keşfedilmiş, özellikle elektrik üretimine uygun orta-yüksek sıcaklıklı jeotermal

sahalar (150 °C ve üzeri) Batı Anadolu'da bulunmaktadır (Tarcan, 2005). Su-baskın jeotermal rezervuarların bulunduğu bu bölgede, jeotermal akışkan sıcak su, buhar + yoğuşmayan gaz fazlarından oluşmaktadır. Ege Açılma Zonu'na bağlı olarak gelişen kabuk incilmesi sonucunda jeotermal gradyanın yüksek olarak gözlemlendiği (Tezcan, 1979) graben yapılarına bağlı fay sistemleri, mevcut jeotermal akışkanlara sondajlarla nispeten ekonomik olarak erişmeyi olanaklı kılmaktadır. Batı Anadolu'da elektrik üretimine uygun keşfedilmiş orta-yüksek sıcaklıktaki sahalara özellikle Büyük Menderes Grabeni (Büyük Menderes Jeotermal Grabeni), Gediz Grabeni, Simav Grabeni boyunca gözlenmekte olup, Tuzla (Çanakkale) ve Seferihisar (İzmir)'de de elektrik üretimine uygun sahalara mevcuttur. Özellikle Büyük Menderes Grabeni üzerinde Aydın-Denizli şehirleri arasında ülkemizin en yüksek sıcaklıklı jeotermal rezervuarları (240-245 °C'ye ulaşan sıcaklıklar; Haizlip vd. 2016) bulunmakta olup, sadece bu graben üzerinde 2017 itibarıyla 30 üzerinde jeotermal santral işletmeye alınmıştır. Gediz Grabeninde de 200 °C ve civarı jeotermal rezervuar sıcaklıkları gözlenmekte olup, özellikle Alaşehir-Manisa bölgesinde devreye alınmış ve kurulum aşamasında olan farklı projeler bulunmaktadır. 2017 itibarıyla sadece Batı Anadolu Bölgesindeki jeotermal enerji elektrik santral kurulu gücü 856 MWe olup, bu rakam ülkedeki enerji üretiminin hali hazırda % 2'sine denk gelmektedir (EPDK Raporu, 2017).



Şekil 1. Türkiye'deki ana tektonik zonlar (EAZ: Ege Açılma Zonu, KAFZ: Kuzey Anadolu Fay Zonu, KDAFZ: Kuzeydoğu Anadolu Fay Zonu, BZSZ: Bitlis-Zagros Sütür Zonu, BKFZ: Büyük Kafkaslar Fay Zonu, KKFZ: Küçük Kafkaslar Fay Zonu, ÖFZ: Ölü Deniz Fay Zonu (Ketin, 1966, Dewey ve Şengör, 1979, Şengör, 1982'den düzenlenerek; Haklıdır Tut, 2007)

Figure 1. Major tectonic zones of Turkey (EAZ: Aegean Extension Zone, KAFZ: North Anatolian Fault Zone, KDAFZ: Northeast Anatolia Fault Zone, BZSZ: Bitlis-Zagros Suture Zone, BKFZ: Main Caucasians Fault Zone, KKFZ: Small Caucasians Fault Zone, ÖFZ: Dead Sea Fault Zone (Ketin 1966, Dewey and Şengör, 1979, modified after Şengör, 1982; Tut Haklıdır, 2007)

TÜRKİYE'DE KULLANILMAKTA OLAN ORTA-YÜKSEK SICAKLIKTAKİ AKIŞKANLARDAN ELEKTRİK ENERJİSİ ÜRETME TEKNOLOJİLERİ

Jeotermal kaynaklardan, rezervuar tipleri ve sıcaklıklarına göre, enerji üretiminde farklı teknolojiler kullanılmaktadır. Rezervuar tiplerine göre su baskın ve buhar baskın sistemlerde direkt buharın kullanımına dayalı kuru buhar santralleri kurularak enerji üretilirken, su baskın sistemler için daha farklı seçenekler bulunmaktadır. Su baskın rezervuarlarda akışkan sıcaklığı, yoğunlaşmayan gaz (CO_2 , H_2S gibi) oranları, kurulması planlanan güç santralının kapasitesi ve yatırım için ayrılan

bütçeye bağlı olarak değişebilecek, enerji verimliliğinin en yüksek düzeyde kullanılmasına olanak sağlayacak jeotermal güç santrali tasarımları mümkün olabilmektedir. Bu santral tiplerinden ilki $< 200^\circ\text{C}$ akışkan sıcaklığı için daha düşük kapasiteli ve kompakt olan akışkanın kapalı bir çevrimde, kaynama noktasının düşürülerek, n-pentan, n-bütan tipinde organik bir akışkanın varlığında daha fazla buhar elde edilmesine olanak sağlayan organik rankine çevrim tipinde ikili (binary) sistemlerdir. Diğer santral teknolojisi ise; daha yüksek rezervuar sıcaklıklarında kuyudan tek faz halinde gelen akışkanın seperatör adı verilen buhar ayırıcı sistemlerde buhar ve su olarak ayrılarak, buhar kısmının buhar türbinine

iletildiği flaş sistemlerdir. 220 °C'yi aşan akışkan sıcaklıklarında çoklu-flaş (buhar ve su fazının yüksek basınç, düşük-orta basınç seperatörleri vasıtasıyla kademeli olarak birbirinden birkaç kez ayrılabilirdiği) sistemleri ve ileri jeotermal sistemler olarak ifade edilen flaş ve ikili (binary) çevrimlerin birlikte kullandığı sistemlere yerini bırakmaktadır (DiPippo, 2016).

Batı Anadolu'da işletmede ve kurulum aşamasında olan jeotermal enerji santrallerinde kullanılan çevrimler farklılık göstermektedir. Rezervuar sıcaklıkları < 200 °C ve kapasiteleri genel olarak < 25 MWe olan santraller daha kompakt ikili (binary) tipte olup, enerji üretimi için organik rankine çevrim teknolojisi kullanılmaktadır. Ağırlıklı olarak Germencik, Salavatlı, Pamukören (Aydın) ve Alaşehir (Manisa)'da işletilen bu santraller halihazırda toplam kurulu gücün yarısından fazlasını oluşturmaktadır.

Rezervuar sıcaklıkları > 200 °C olan ve buhar türbini teknolojisi kullanılan flaş tipteki santraller ise; Germencik- Aydın (ikili flaş sistemler), Kızıldere-Denizli (tekli flaş çevrim ve üçlü flaş+ binary çevrim), Alaşehir-Manisa'da (ikili flaş + binary sistem) kurulmuştur. İki farklı enerji çevrimin kullanıldığı enerji sistemleri, enerji verimliliğinin artırılması ve santrallerin iç tüketimlerinin düşürülmesi amacıyla bazı yatırımcılar tarafından dünyada ve Türkiye'de kullanılmaktadır.

İkili, flaş ve çoklu flaş sistemleriyle elektrik üreten enerji santrallerinde akışkan ve elektrik üretimlerinin kesintisiz ve sürdürülebilir olabilmesi, jeotermal akışkanın üretim kuyusundan yüzeye çıkmasıyla başlayıp, buharı alınmış atık akışkanın re-enjeksiyon kuyularına iletilmesine dek ilerleyen süreçte, akışkanın farklı sıcaklık, basınç ve pH ortamlarında korozyon ve kabuklaşma oluşturma potansiyeli, oluşabilecek bu kabuklaşma tiplerinin her jeotermal sistem için kendine özgü olduğunun anlaşılmasına ve buna göre araştırma yapılmasına direkt olarak bağlıdır.

Su baskın jeotermal rezervuarlarda, derindeki akışkanın yüksek sıcaklık ve basınç koşullarında etkin su-kaya etkileşimiyle mineral içeriği zenginleşmektedir. Bir üretim kuyusunda akışkanın yüzeye rezervuar koşullarındaki yüksek basınç koşulları nedeniyle tek faz olarak ilerlerken, kuyu içinde su ve buhar (+gaz) olarak iki faza ayrılmaya başladığı kaynama noktasına ulaşıp, P_{CO_2} düşmesi ile başlayan ilk mineral çökelişi $CaCO_3$ ağırlıklı olmaktadır. Yüzeye çıkan akışkanın, sistem tasarımına bağlı olarak, jeotermal borular içinde ilerlerken dirseklerde, vana arkalarında, buhar ve su fazının buhardan ayrıldığı seperatör sistemlerinde, çoklu flaşlı sistemlerde her seperatör sistemi sonrasında; basınç düşümünün gözlemlendiği her noktada $CaCO_3$ minerali çökelişi ve sistemde akışkan sıcaklığının düşümünün gözlemlendiği noktalardan silika veya Al, Mg silikatlı minerallerin çökelişi gözlenmektedir (Haklıdır Tut ve Şengün, 2016). Buna ilaveten ikili çevrimli sistemlerde ısı değiştirmek için kullanılan eşanjör sistemlerinde sülfürlü çökelimler de gözlemlenmektedir. Minerallerin farklı sıcaklık, basınç ve pH koşullarında doygunluklarının farklı olmasından kaynaklanan bu kabuklaşmalar gerek üretim, re-enjeksiyon kuyularından ve hatlarında, gerekse diğer yüzey ekipmanlarında (separatör sistemleri, türbin kanatları, vanalar gibi) oluşabilmekte ve kuyudan elde edilecek akışkan üretimlerini kısa sürede düşürmekte ve yüzey ekipmanlarının tıkanarak, sistemin performansının hızla düşmesine neden olmaktadır (Haklıdır Tut ve Şengün, 2016).

JEOTERMAL KABUKLAŞMA OLUŞUMUNA ETKİ EDEN FAKTÖRLER

Su baskın jeotermal rezervuarlardan üretim yapan jeotermal güç santrallerinde ve ısı merkezlerinde sistem performansını doğrudan etkileyen en önemli faktörlerden biri, akışkanın içinde çözülmesi bulunan iyonların termodinamik koşullara bağlı olarak çökme eğilimini ifade eden kabuklaşmadır.

Özellikle yüksek sıcaklıklı jeotermal rezervuarlarda, akışkan ve kayaların yüksek basınç ortamında etkileşimde olmaları, minerallerin çözünerek jeotermal akışkanın toplam çözünmüş madde miktarının artmasına yol açmaktadır. Çözünen mineraller belirli termodinamik koşullarda duraylıdır, ancak bu koşulların değişmesiyle mineraller akışkanda doymuş hale gelerek çökebilirler.

Bir akışkandaki mineral doygunluğu veya minerallerin termodinamik denge durumu doygunluk indeksi (DI) ile ifade edilir. Termodinamik açıdan dengenin sağlanmadığı durumlarda, akışkandaki gerçek iyonik aktivite ürünü (IAP) çözünme ürüne (Ksp) eşit olamayacaktır (Mutlu, 2009). Bir akışkandaki minerale göre doygunluk durumu olan DI aşağıdaki gibi tanımlanmaktadır:

$IAP > Ksp$ veya $DI = IAP/Ksp > 1$ ise mineral aşırı doymuş durumdur,

$IAP = Ksp$ veya $DI = IAP/Ksp = 1$ ise mineral akışkanda dengededir,

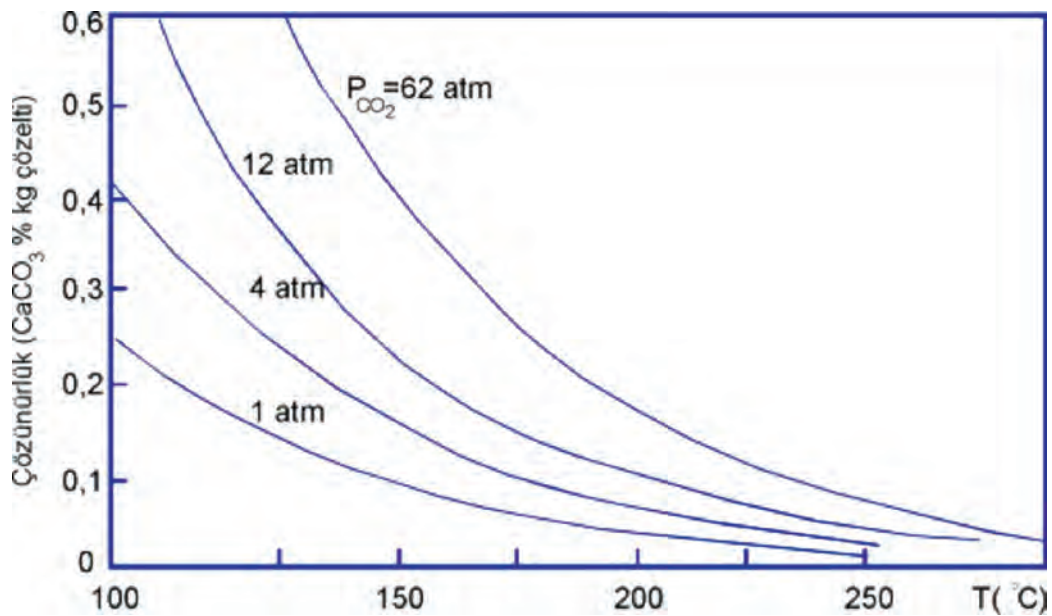
$IAP < Ksp$ veya $DI = IAP/Ksp < 1$ ise mineral akışkanda çözülmüştür.

Jeotermal sistemlerde üretime geçilmeden önce akışkanın kimyasal ve fiziksel özelliklerinin belirlenmesinin ardından WATCH, PHREEQC gibi su modelleme programlarıyla farklı sıcaklıklarda akışkandaki minerallerin kabuklaşma eğilimi tespit edilebilmektedir. Mineral doygunluk indekslerinin işletme koşulları öncesinde hesaplanmasıyla üretim, yüzey ve re-enjeksiyon hatlarında olası

kabuklaşmalar engellenebilmektedir. Söz konusu fiziksel koşulların belirlenmesi (re-enjeksiyona gönderilecek akışkan için uygun sıcaklığın ve pH aralığının belirlenerek, silika minerallerinin çökmesinin en aza indirilmesi gibi) veya gerekiyorsa şartlandırma yapılması kısa test çalışmalarıyla önceden gerçekleştirilmelidir.

Jeotermal akışkandan kaynaklanan kabuklaşma türlerinden en önemlisi üretim kuyuları ve yüzey ekipmanlarında gözlenen $CaCO_3$ çökmesidir. Bunun dışında üretim kuyularında Al-Mg silikatların çökeldikleri de kaydedilmiştir (Haklıdır Tut ve Şengün, 2016). Diğer önemli bir kabuklaşma türü de akışkan sıcaklığı düştükçe silika formundaki minerallerde gözlenen hızlı çökmedir ve bu durum re-enjeksiyonda daha sık karşılaşılan bir diğer problemdir. Bu iki mineral dışında sülfürlü minerallerin de jeotermal sistemlerde çökeldiği, özellikle barit ($BaSO_4$) ve ikili çevrim jeotermal santrallerde gözlenen stibnitin (Sb_2S_3) örnek teşkil edebileceği belirtilmiştir (Tarcan vd. 2016).

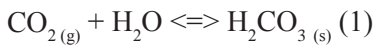
Kalsiyum karbonat jeotermal sularda yaygın olarak bulunan, özellikle kalsit ve aragonit olarak çökelen bir mineraldir. $CaCO_3$ saf suda $25^\circ C$ 'de ancak 14-15 mg/l kadar çözülür. (Schoeller, 1962). Kalsit çözünürlüğünün kısmi karbondioksit basıncı (P_{CO_2}) değişimi ile doğrudan ilgili olması, P_{CO_2} azaldığında CO_2 'nin buhar fazına geçerek, akışkanın pH'sını yükseltmesi ve akışkanın $CaCO_3$ 'e doymuş hale gelmesi ve böylece çökmesine neden olmaktadır (Şekil 2). Karbonat formları değişen pH'a göre suda farklı formlarda bulunmaktadır.



Şekil 2. CaCO₃ çözünürlüğüne basınç ve sıcaklık etkisi (Ellis,1959)

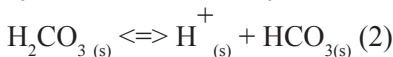
Figure 2. Pressure and temperature effects on CaCO₃ solubility (Ellis, 1959)

Suyun içinde çözünebilir gaz haldeki CO₂ tepkimeye girerek ortamda H₂CO₃ oluşumuna olanak sağlamaktadır (1) (Schoeller,1962; Dramis vd. 1999).

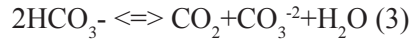


Su içinde çözünme eğiliminde olan gazlar, sistemde basınç arttıkça sıvı içerisinde daha fazla çözülmeye başlayacak, basıncın düştüğü koşullarda çözünmüş olan gaz, kabarcıklar halinde Henry Gaz Çözünürlüğü yasasına uygun olarak serbest kalacaktır. Gazların çözünürlüğünde sıcaklığın etkisi de oldukça önemlidir. Su 0 °C'de 30 °C'deki koşullara oranla üç kez daha fazla CO₂ çözebilmektedir (Schoeller, 1962).

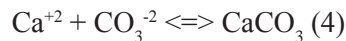
Jeotermal rezervuarda bulunan CO₂'in suda çözünmesiyle ortaya çıkan karbonik asit, iyonlarına ayrılarak, bikarbonat iyonuna dönüşmektedir (2).



Ortam pH'sı değişip, alkalineleştikçe bikarbonat iyonu da aynı şekilde a karbonat iyonuna dönüşmektedir (3).



d) CaCO₃'ün oluşumu



Su basıncı rezervuarlarda 3 ve 4 nolu eşitliklerle ifade edilen reaksiyonlarla P_{CO₂}'nin düşmesi (kaynama noktası) ile sistemde rezervuardan yüksek basınç koşullarında tek faz halinde ilerleyen jeotermal akışkan çift fazla ayrılarak ortamın pH'sı artırır. CaCO₃ ile dengede olan su ise, hızla aşırı doymun hale gelerek kalsiyum karbonat oluşmasına yol açacaktır. Ortamdaki diğer tuzların mevcudiyeti çözünürlüğü arttırmak suretiyle çökelmeyi bir miktar kontrol edecektir (Tut, 2003).



Jeotermal akışkanda silika minerali çökelişi ise CaCO₃ çökelişiyle ters bir işleyişe sahiptir. Silika minerallerinin sistemde çökelişi akışkan sıcaklığının düşmesiyle doğrudan ilişkilidir. Bu mineraller hızlı sıcaklık düşmesiyle hızla kristalleşerek, sistemde amorf silika olarak çökelebilmektedirler. Silika çökelişi, akışkan

pH'sının ayarlanması (asidik veya oldukça alkali ortam) ve akışkan sıcaklığının belli bir hat boyunca sabit kalmasının sağlanması ile etkili şekilde engellenebilmektedir (Haklıdır Tut ve Şengün, 2016). Yukarıda sayılan nedenlerle kuyu içinde CaCO_3 çökelişi ağırlıklı olarak beklenirken, re-enjeksiyon hatlarında ve sıcaklık düşüm noktalarında silika mineralleri çökelişi söz konusudur.

BATI ANADOLU'DAKİ JEOTERMAL SİSTEMLERİN REZERVUAR JEOLJİSİ VE KABUKLAŞMA EĞİLİMLERİ

Rezervuar Jeolojisi

Batı Anadolu'da yer alan keşfedilmiş yüksek sıcaklıktaki jeotermal sistemler ağırlıklı olarak Ege Açılma Zonu'na ait Büyük Menderes Grabeni ve Gediz Grabeninin doğusunda yer almaktadırlar (Şekil 3). 1960'lı yıllardan itibaren jeotermal kaynaklar açısından incelenen Büyük Menderes Grabeninde yer alan Germencik, Salavatlı, Pamukören ve Kızıldere jeotermal sahalarının tamamında elektrik üretimine uygun sıcaklıkta akışkan bulunmaktadır.

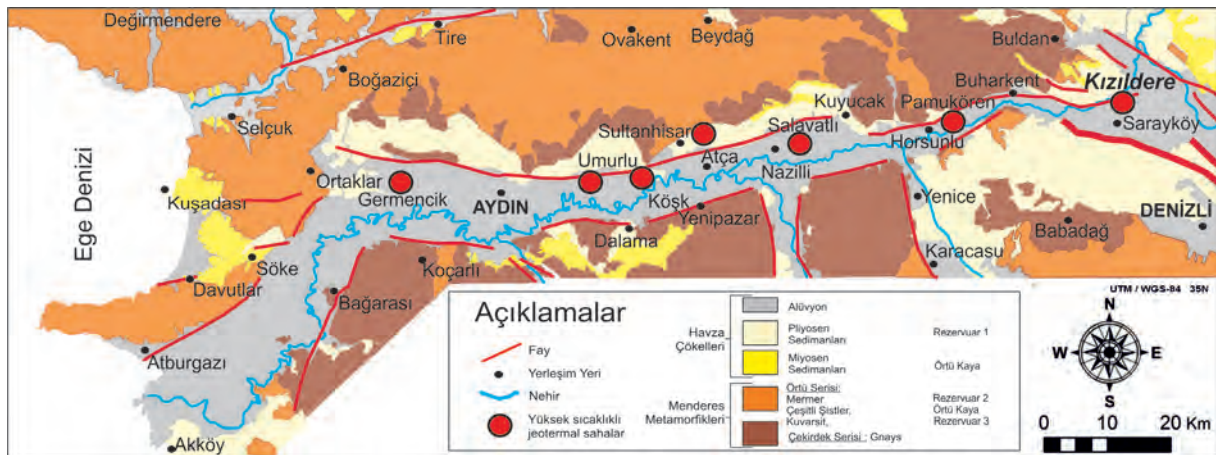
Bu çalışma kapsamında yer alan gerek Büyük Menderes Grabeni gerekse Gediz Grabeni temelinde bulunan Paleozoyik yaşlı Menderes masifine ait metamorfitlet genellikle tabandan tavana doğru çeşitli gnayslar, şistler, kuvarsitler, mikaşistler ve mermerlerle temsil edilmektedir (Domingo ve Samilgil, 1970; Filiz vd. 2000, Şimşek vd. 2005; Wiersberg vd. 2011). Jeolojik istifte genel olarak Paleozoyik birimler üzerine Havza çökelleri olarak da nitelendirilen Alt Pliyosen yaşlı konglomera, kumtaşı, kiltaşından oluşan Kızılburun Formasyonu, kireçtaşı, kiltaş ve marndan oluşan Sazak Formasyonu ve kumtaşı ve marndan oluşan Kolonkoya Formasyonu, Üst Pliyosen yaşlı çakiltaş, kiltaş, kumtaşı ve kireçtaşından oluşan Tosunlar Formasyonu gelmektedir. Bu birimler üzerinde Kuvaterner yaşlı alüvyon, yamaç molozu ve travertenler gelişmiştir.

Çalışma alanında; en sığ rezervuar Pliyosen yaşlı Sazak Formasyonuna ait kireçtaşları olup, ortalama 170 °C rezervuar sıcaklıklara karşılık gelmektedir (Şimşek, 1985). İkinci rezervuar daha derinde Paleozoyik yaşlı metamorfitletlerin üst zonlarında yer alan ve grabenin doğusunda daha ağırlıklı olarak gözlenen İğdecik Formasyonu (Şimşek, 2005) olarak da adlandırılan kuvarsit-şist ardalanması olup, ilk rezervuara göre daha geçirimli ve gözeneklilik göstererek, ortalama 200 °C akışkan sıcaklığına karşılık gelmektedir (Haizlip vd. 2013). Paleozoyik birimlerden İğdecik Formasyonuna ait kalın mikaşistlerin altında gözlenen gnays ve kuvarsitler özellikle Kızıldere jeotermal sahasında yapılan derin sondajlarla ortaya konulmuş olup bu en derin üçüncü rezervuardan 240 °C civarında sıcaklık ölçülmüştür (Şimşek vd. 2005).

Gediz Grabeni içindeki Alaşehir Jeotermal Alanında ise Paleozoyik yaşlı metamorfitlet üzerine Miyosen yaşlı Alaşehir ve Gediz Formasyonları gelmekte, bu birimlerin üzerinde ise Pliyosen yaşlı Kaletepe Formasyonu bulunmaktadır (Yazman vd. 1998). İstif Kuvaterner yaşlı sedimanlarla tamamlanmaktadır (Bozkurt vd. 2002). Yapılan jeotermal sondajlarla sığda yer alan Kaletepe Formasyonu birinci, Alaşehir Formasyonu ve özellikle Paleozoyik yaşlı mermer ise ikinci rezervuar olarak belirtilmiş, kireçtaşları ve mermerlerden 200 °C'lik akışkan sıcaklığı elde edilmiştir (Zorlu Jeotermal A.Ş. ÇED Raporu 2013; Tut vd. 2013).

Jeotermal Akışkandan Kaynaklanan Kabuklaşma Eğilimleri

Jeotermal sistemlerdeki kabuklaşma eğilimleri, rezervuar kayaları-jeotermal akışkan etkileşimiyle ilgili olsa da, yüzeye çıkan akışkanın kaynama noktasından itibaren gaz fazının buhar fazından ayrılması, yüzeyde sıcaklık ve basınç değişim noktalarında akışkan içindeki minerallerin duraylılık alanlarının değişimlerine de bağlıdır.



Şekil 3. Büyük Menderes Grabeni boyunca gözlenen jeotermal sahaların konumu (Haklıdır vd. 2012)

Figure 3. Geothermal fields in the Büyük Menderes Graben (Haklıdır et al. 2012)

Özellikle Batı Anadolu'da Büyük Menderes ve Gediz Grabeni Alaşehir bölgesinde rezervuar kayaların benzerlik sunması, mermerlerin rezervuar kaya olarak gözlenmesi, rezervuardan kaynaklanan yüksek CO_2 konsantrasyonlarına işaret etmektedir (Çizelge 1). Karbonat minerallerinin asidik jeotermal akışkan içinde çözünmesi, sedimanter kaynaklı yüksek CO_2 konsantrasyonuna olanak sağladığı düşünülmekte olup, magmatik kaynaklı olduğuna yönelik bir kanıt bulunamamıştır (Haizlip Robinson vd. 2013). Jeotermal rezervuarlardan kaynaklı CO_2 salınımının Kızıldere jeotermal sahasında 122 kg/kwh olduğu belirtilmektedir (Bertani ve Thain, 2002; EBRD Pluto, 2016). Yukarıda adı geçen tüm sahalarda yoğunlaşmayan gazların %95-98'i CO_2 'den oluşmakta ve rezervuardaki kütlece oranları (Haizlip Robinson vd. 2013); Kızıldere sığ rezervuarda %1.5, derin rezervuarda %3; Germencik'te %2.5, Pamukören-Salavatlı'da %1.5 ve Alaşehir'de %1.78 olarak hesaplanmıştır (Yıldırım ve Yıldırım, 2015). Büyük Menderes ve Gediz Grabeni üzerindeki bu sahalardaki su tipleri ise; Kızıldere'de; Na-K- HCO_3 - SO_4 , Germencik'te; Na-(K)-Cl- HCO_3 , Pamukören-Salavatlı'da; Na-

K- HCO_3 -Cl ve Alaşehir'de Na-K- HCO_3 -Cl olarak tespit edilmiştir (Yıldırım ve Yıldırım, 2015) (Çizelge 2). Yüksek CO_2 oranlarının kuyularda kaynama noktası itibariyle buhar fazından ayrılmaya çalışması ortam pH'sını değiştirmekte ve jeotermal sahalarda çok yaygın gözlenen CaCO_3 kabuklaşmasına neden olmaktadır. Yıldırım ve Yıldırım (2015) her iki grabendeki sahalarda engel olunmadığında 50 m. uzunluğundaki bir boruda 3-7 mm/gün CaCO_3 çökeltme olabileceğini belirtmektedirler. Jeotermal sahalarda gözlenen diğer bir kabuklaşma minerali de aragonit olup, bu tip karbonat minerallerinin akışkandaki doygunluk dereceleri her kuyuda farklı kaynama noktasına bağlı olarak değişmektedir (Tarcan, 2005). Batı Anadolu'da bu sahalarda gözlenen çökeltme eğiliminde olan mineraller ise SiO_2 ve Al-Mg silika mineralleri, sölestin ve stronsiyumlu minerallerden kaynaklı SrCO_3 ve stibnitter (Tarcan,2005; Haizlip Robinson vd. 2013; Osborn vd. 2010). Bu tip kabuklaşma oluşturan minerallerden silika kondüktif soğumaya bağlı olarak çökeltmektedir. Bu kabuklaşmaların Kızıldere ve Salavatlı'da 120 °C, Germencik'te ise 90 °C altında geliştiği belirtilmiştir (Tarcan, 2005).

Çizelge 1. Batı Anadolu’da yüksek sıcaklıktaki sistemlerden alınan jeotermal akışkanların gaz analizleri sonuçları (Haizlip Robinson vd. 2013)

Table 1. *gas analysis results of geothermal fluids from high temperature systems in Western Anatolia (Haizlip Robinson et al. 2013)*

Jeotermal Saha	Rezervuar gaz/buhar(kg/kg)	CO ₂ %	H ₂ S %	Ar %	N ₂ %	CH ₄ %	H ₂ %
Kızıldere Derin Rezervuar	0.030	98.7	0.021	0.01	0.67	0.56	0.025
Germencik	0.021	98.5	0.21	0.001	0.44	0.70	0.035
Alaşehir	0.034	98.5	0.20	0.004	0.40	0.80	0.07

Çizelge 2. Batı Anadolu’da yüksek sıcaklıktaki jeotermal sistemlerden alınan akışkanların kimyasal analiz sonuçları (Yıldırım ve Yıldırım 2015’ten alınmıştır)

Table 2. *Chemical analysis results of geothermal fluids from high temperature geothermal systems in Western Anatolia (after Yıldırım and Yıldırım, 2015)*

Parametreler	Kızıldere R1-A	Pamukören AP-1	Germencik OB-9	Alaşehir BY-1
Sıcaklık (°C)	230	191	205	196
pH	8.7	8.86	7.7	8.67
EC (µS/cm)	5550	4070	4969	2682
Na (mg/l)	1060	1225	1437	605
K (mg/l)	170	148	121	104
Ca (mg/l)	1.1	2.45	1.15	5.4
Mg (mg/l)	0.54	0.67	0.183	1.39
SiO ₂ (mg/l)	529	395	425	349
HCO ₃ (mg/l)	2035	2293	1427	1317
SO ₄ (mg/l)	582	220	21.2	13
Cl (mg/l)	100	297	1556	1317
B (mg/l)	22.6	33.5	58	96
Fe (mg/l)	<0.05	<0.05	<0.05	0.06

KABUKLAŞMA ENGELLENMESİNDE VE KONTROLÜNDE KULLANILAN YÖNTEMLER: KIZILDERE-II JEOTERMAL ENERJİ SANTRALİ ÖRNEĞİ

Jeotermal kuyularda ve yüzey ekipmanlarında oluşan kabuklaşmaların temel nedeni, basınç düşmesiyle karbondioksit gazının ortamdan ayrılmasıdır. Bu nedenle jeotermal sahalardaki kuyularda ve yüzey ekipmanlarında basınç düşüm noktalarında özellikle CaCO₃ kabuklaşması ile karşılaşmak her zaman söz konusudur. Bununla birlikte jeotermal sahalarda silika ve sülfürlü bileşiklerden oluşan kabuklaşmalar da

gözlenebilmektedir. Bu kabuklaşma türlerini belirleyici etmen, bir mineralin akışkanın bulunduğu sıcaklık ve basınç koşullarındaki doygunluk oranıdır. Minerallerin doygunluk/çözünürlük oranları ise ortamın basınç ve sıcaklık değerleri dışında tuzluluk ve pH değerleri ile yakından ilişkilidir (Nicholson, 1993).

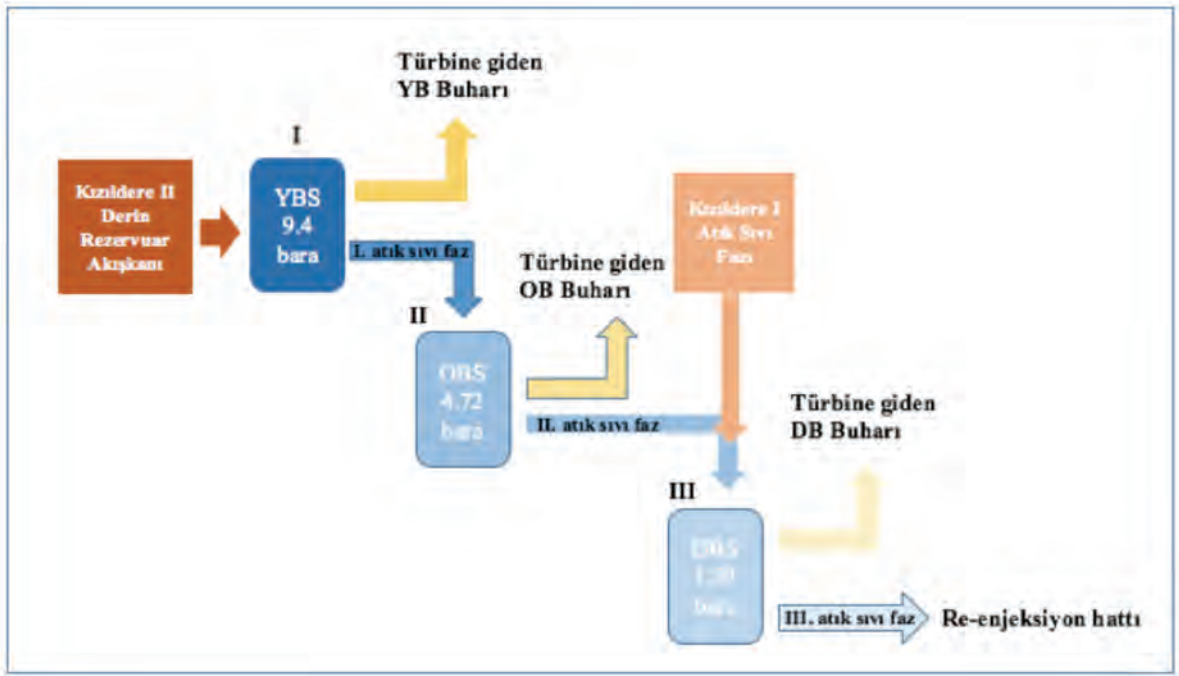
Jeotermal enerji santrallerinde ve ısı merkezlerinde özellikle basınç ve sıcaklık noktalarında oluşan kabuklaşmalar tıkanma yaratarak, üretimi azaltmakta ve mekanik tesisatın çalışmasını engellemektedir. Jeotermal sahalarda açılan kuyu ve yüzey ekipmanlarında

oluşan kabuklaşmaları azami oranda önlemek için kuyu içine kabuklaşma engelleyici inhibitör olarak nitelendirilen, fosfanat, polimer ya da bu ürünlerin karışımından üretilen çözücü kimyasallar uygulanmaktadır. Jeotermal üretim sahalarda inhibitör kullanılmaya başlanmadan önceki dönemlerde kuyularda mekanik temizlik yapılmakta ve üretim düştüğünde sistem durdurularak, kuyularda mekanik temizlik ve asitleme işlemleri yapıldığı bilinmektedir (Kındap vd. 2010). Özellikle yüksek sıcaklıktaki sahalarda, flaş ve çoklu flaşlı sistemlerde inhibitör uygulanmayan kuyularda termodinamik dönüşümler nedeniyle çok noktada gözlenen basınç ve sıcak düşümleri nedeniyle mineral çökelmeleri hızla gelişmekte olup, kuyuların üretim debilerini kısa zamanda düşürmekte, yüzey ekipmanlarının tıkanmalarına neden olmaktadır. Jeotermal kuyularda yüksek maliyetli olan belli periyotlarda yapılması gereken mekanik temizlik işleminden ziyade inhibitör kullanımı, üretim kaybını ve maliyetleri düşüren uygulamalar olduğundan, ülkemizde ve dünyada en çok tercih edilen uygulamadır. Mineral çökeltim koşullarını gözlemek amacıyla sistemde basıncın düştüğü noktalardan önce ve sonra metal kontrol gözlem kuponlarının kullanılması da yaygın olarak izleme yöntemidir.

Kızıldere-II Jeotermal Santrali Denizli ilinin Sarayköy ilçesinde, 1984 yılında kurulan ilk jeotermal santral olan Kızıldere-I Santrali ile aynı lisans alanında kurularak, 2013 yılı Ekim ayında devreye alınmış olan, üçlü flaş ve binary sistemlerinden oluşan 80 MWe gücünde bir santraldir. Dünyadaki 3. üçlü flaş sistemi teknolojisine sahip olan santral (Haklıdır Tut ve Şengün, 2016), 60 MWe flaş türbin ve 2 adet 10 MWe gücünde binary ünitelerden oluşmakta ve 50 MWt ısıtmanın yapıldığı, Kızıldere-I Santrali'nden gelen sıcak atık akışkanının da kullanıldığı entegre bir sistemdir. Santralde jeotermal akışkan yüksek, orta, düşük basınç olmak üzere üç ayrı seperatör sisteminden geçerek kademeli

olarak buhar üretmekte olup, her seperatör sisteminden elde edilen buhar, flaş sistemine ait buhar türbinin yüksek, orta, düşük basınç kademesine iletilmektedir (Şekil 4). Kızıldere-I Santrali'nden gelen yaklaşık 140 °C sıcaklığında re-enjekte edilmeye hazır akışkan ise, Kızıldere-II Santrali'nin düşük basınç seperatörüne ayrı bir boru hattı iletilerek daha fazla buhar elde edilmesi amacıyla kullanılmaktadır. Sistemde son olarak düşük basınç seperatöründen çıkan atık sıvı, re-enjeksiyon pompaları yardımıyla re-enjeksiyon kuyularına gönderilmektedir. Santral 9 üretim ve 8 re-enjeksiyon kuyusu ile devreye alınmış olup, ortalama 220 °C rezervuar sıcaklığı ve 3600 t/sa akışkan ile enerji üretimine başlamıştır (Geologica, 2012; Haklıdır Tut vd. 2015). Sistemde binary ünitelere ısıtıcı akışkan Kızıldere-II yüksek basınç seperatöründen sağlanmaktadır.

Kızıldere-II Santrali için üretim yapan derin rezervuardan gelen akışkanın yüzey koşullarında kabuk oluşturma potansiyeline ilaveten üçlü flaş sisteminde yüksek basınç seperatörü ve re-enjeksiyon uygulaması arasında her seperasyon sisteminde, hem akışkanın bünyesindeki gazın hem de basıncın azalması akışkan içindeki minerallerin duraylılıklarının değişmesine neden olmaktadır (9.4 bardan 1.59 bara düşen basınç koşulları). Bu basınç değişimine paralel olarak, akışkan sıcaklığının sistemde re-enjeksiyon hattına kadar geçen süreçte düşmesi, sistemin farklı noktalarında kabuklaşmaya neden olacak koşulları sağlamaktadır (Haklıdır Tut ve Şengün, 2016) (Şekil 4). Kızıldere-II Santrali için üretim yapan derin rezervuar kuyularından gelen akışkan düşük basınç seperatörüne kadar bünyesindeki buharını ve gazını kademeli olarak kaybetmekte, bu seperatör sisteminde ise Kızıldere-I Santrali'nden gelen daha sığ rezervuarı temsil eden kuyulardan gelen akışkanın atık kısmı bu akışkana karışmakta ve düşük basınç buharı türbine gönderildikten sonra kalan tüm akışkan re-enjeksiyon hattına gönderilmektedir.



Şekil 4. Kızıldere-II Jeotermal Santrali üçlü flaş sisteminde akışkan seperasyon sistemi (Geologica 2012'den düzenlenerek) (YBS: Yüksek Basınç Seperatorü, OBS: Orta Basınç Seperatorü, DBS: Düşük Basınç Seperatorü)

Figure 4. Fluid separationsystem in Kızıldere-II Geothermal Power Plant triple flash system (Modified after Geologica 2012) (YBS: High Pressure Separator, OBS: Medium Pressure Separator, DBS: Low Pressure Separator)

Bu tip çoklu flaş sisteminin kullanıldığı sistemlerde basınç düşmesi öncesinde kabuklaşma engelleyici inhibitör kullanımı çökel oluşmasını kontrol altına alabilmek için en uygun yoldur. Bu amaçla sistemde oluşabilecek kabuklaşma tipleri, akışkan kimyası ve farklı sıcaklıklar gözetilerek WATCH, PhreeQC gibi su modelleme programlarıyla hesaplanarak, santral işletilmeye başlamadan önce büyük oranda tespit edilebilmektedir.

Kızıldere-II Jeotermal Santrali'nde üretim kuyularında ve yüzey hatlarında oluşabilecek bazı minerallerin farklı sıcaklık koşullarında

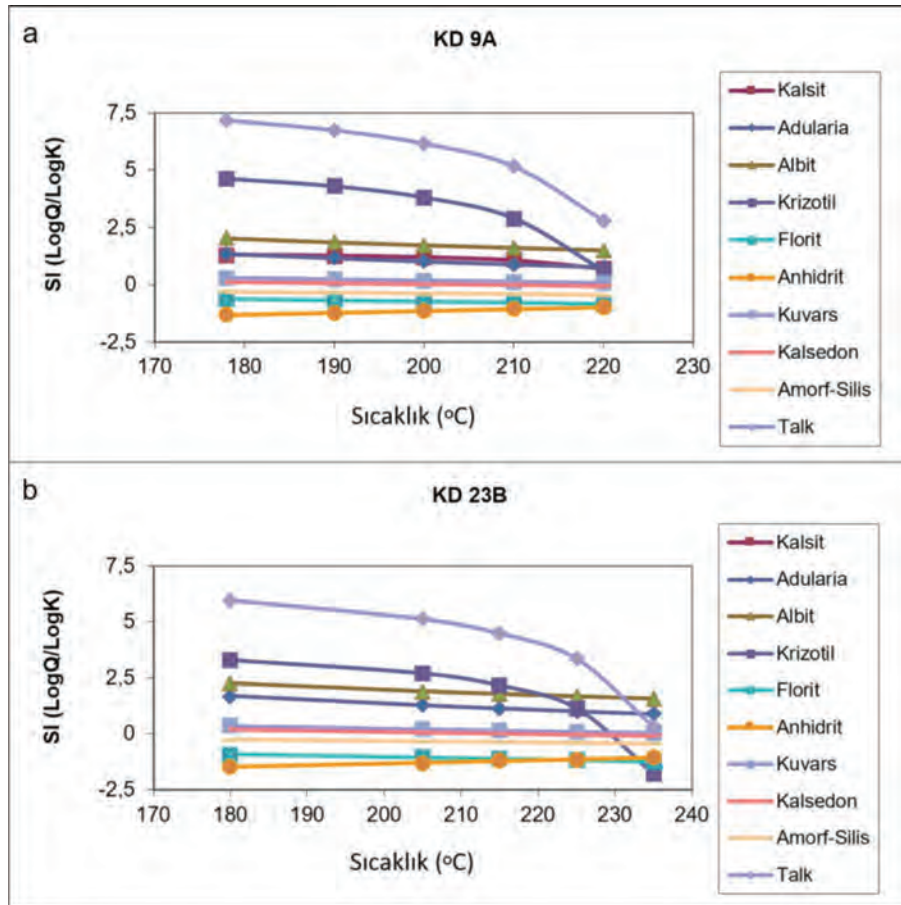
duraylılıklarına bağlı olarak derin rezervuarı temsil üretim kuyularından alınan akışkanın analiz sonuçlarına dayanarak (Çizelge 3) WATCH programı ile yapılan DI hesaplamalarında sistemde özellikle kalsit ve Al-silikatlı çökeltilerin beklenmektedir (Şekil 5a, 5b). Seperasyon sisteminde değişen P, T koşullarında bu çökelmelerin düşük basınç seperatörüne kadar devam edebileceği öngörülmektedir. Re-enjeksiyon akışkanı pH'sının 9.4'ün üzerinde olması, akışkan sıcaklığının 110 °C altına düşmemesi durumunda bu sahada yoğun bir silika çökmesinin beklenmediğini işaret etmektedir (Haklıdır Tut ve Şengün, 2016).

Çizelge 3. Kızıldere Jeotermal Sahasında derin rezervuar kuyularını temsil eden KD-9A ve KD-23B akışkan analiz sonuçları (Analiz sonuçları Zorlu Doğal Elektrik Üretim A.Ş'den alınmıştır)

Table 3. Representative deep reservoir wells; KD-9A and KD-23B fluids analysis resultsin Kızıldere Geothermal Field (Analysis results was taken from Zorlu Doğal Elektrik Üretim Company)

Kuyu No	Örnekleme Noktası	KBB (bar)	EC	T (°C)	pH	Major Katyonlar (mg/l)										Major Anyonlar (mg/l)				
						K	Na	Ca	Mg	Li	Fe	Bt	SiO ₂	NH ₄ ⁺	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	F ⁻	
KD9A	Örnekleme Separatörü	13.90	4200	20.6	7.90	128.3	1116.9	5.74	0.09	2.78	<0.05	23.50	391	5.70	0	2406	91.21	602.09	28.28	
KD23B	Örnekleme Separatörü	11.60	4800	20.8	7.60	162.9	1274.6	5.86	0.03	4.25	<0.05	25.00	445	4.98	0	2834	111.22	701.06	23.80	

Kuyu No	İz Element (mg/l)						% Gaz Analizleri							
	As	PO4	Hg	Sr	Ba	Al	CO2	H2S	N2	CH4	Ar	O2	H2	He
KD9A	0.64	0.44	<0.005	0.81	0.06	1.20	99.28	0.0398	0.4201	0.2384	0.0034	0.0026	0.00279	0.000024
KD23B	1.19	0.44	<0.005	0.47	0.05	1.30	99.28	0.0404	0.3926	0.2760	0.0032	0.0029	0.00164	0.000030



Şekil 5. a. Kızıldere- II Jeotermal Santrali'ne ait derin rezervuarı temsil eden KD-9A kuyusuna ait DI hesabı, **b.** Kızıldere-II Jeotermal Santraline ait derin rezervuarı temsil eden KD-23B kuyusuna ait DI hesabı

Figure 5. a. SI calculation for KD-9A deep reservoir well in Kızıldere-II Geothermal Power Plant, **b.** SI calculation for KD-23B deep reservoir well in Kızıldere-II Geothermal Power Plant

Jeotermal Sahalarda Kabuklaşma Önleyici İnhibitör Çalışma Mekanizmaları ve Malzeme Seçiminin Önemi

Jeotermal sahalarda temelde rezervuar sıcaklığına bağlı olarak kabuklaşma engelleyici inhibitör seçimi yapılmaktadır. Seçilecek inhibitörün duraylılığını sıcaklık ve basınç altında yitirerek parçalanmaması ve etkisini ortam koşullarında koruyarak, olası kabuklaşmayı engellemesi beklenmektedir. Her jeotermal sistem kendine özgü dinamikleri olup, farklı fiziksel ve kimyasal akışkan özelliklerine sahip olduğundan, seçilecek olan inhibitörün belirlenmesinde, daha önce su modelleme programlarıyla sahada beklenen kabuklaşmayı engellemeye yönelik davranışta bulunması, inhibitörün kuyu içi ve yüzey ekipmanlarına iletilmesi sırasında kullanılan dozaj sistemleriyle uyumlu olup, korozyona neden olmaması gerekmektedir. Çok asidik olan inhibitör kimyasalları su ile seyreltilerek kullanılsa bile inhibitör sisteminde kullanılan malzemeler karbon çeliği ise, kısa sürede metalin erimesine neden olabilmektedir (Haklıdır Tut, 2012).

Hali hazırda jeotermal sahalarda fosfanik asit/fosfonat organik bazlı, fosfanik asitlerin Na ve K tuzları ile nötrleştirilerek elde edilen inhibitörler, polimer inhibitörler ve polimer+fosfanik bazlı karışımlardan oluşmaktadır (Haklıdır Tut ve Şengün, 2016).

Fosfanik asitler ve fosfonat bazlı inhibitörler bünyelerinde bir veya daha fazla C-PO (OH)₂ veya C-PO(OR)₂ (R: alkyl, aryl) grubunu içeren bileşiklerdir (Kılıççioğlu, 2009). Bu tip inhibitörler içerdikleri aktif madde miktarlarının yüksek olması nedeniyle kalsit çökeliminde oldukça başarılı olup, kalsit minerallerinin yapılarına geçerek, Ca²⁺ ve CO₃²⁻ iyonlarının etrafını sararak, ortamda sert kabuk oluşmasını engellemektedirler. Düşük dozajlarla kesin sonuç alınabilse de pH değerleri 2'nin altında olup, inhibitör dozaj pompası borularında ciddi hasarlar oluşturabilmektedir. Bu nedenle sıcaklığı düşük,

dozaj noktası çok derin kuyularda SS 316 veya 316 L malzemeleriyle kullanılması uygun olsa da (Kılıççioğlu, 2009), daha yüksek sıcaklık ve daha derin dozajlama noktalarında sistemi korumak amacıyla fosfonik asitlerin Na-K bazlı alkaliler kullanılarak pH değerlerinin nötr koşullara getirilerek, biraz daha yüksek dozajla, daha uzun kullanılması ekipmanların ömrünü uzatacağından tercih edilmelidir. Fosfonat bazlı inhibitörler 200 °C'ye yaklaşan sıcaklıklara kadar duraylılıklarını koruyabilmektedir. İnhibitör optimum dozajlarının belirlenmesi de önemli olup, kuyuda bu doz aşıldığında, kuyu içinde inhibitör dozaj sistemi ekipmanları üzerinde beklenmedik çökelmeler gözlenmektedir (Haklıdır Tut, 2012).

Polimer inhibitörler ise yüksek rezervuar sıcaklıkları ve basınçlarda yapıları gereği stabilitelelerini koruyabilmektedir. Polimer bazlı inhibitörlerde kullanılan hammaddeler genellikle polymaleinat, polyakrilamidler olup (Kılıççioğlu, 2009), kabuklaşmayı engelleme etkinliklerinin aynı miktardaki dozajlarda fosfonat asitlere göre daha düşük olduğu saha testleri sırasında da gözlenmektedir. Bu nedenle yüksek sıcaklıktaki sahalarda polimer-fosfonat inhibitör karışımları kullanılması verimli sonuç alınmasını sağlamakta, bu sonuçlar Büyük Menderes Grabeni doğusundaki Kızıldere sahasında da iyi sonuçlar vermektedir (Haklıdır Tut ve Şengün 2016).

Rezervuar sıcaklıkları, jeotermal sisteminin tipi, su ve gaz kompozisyonları, sistem ekipmanlarının malzemeleri ve sahadaki kısa süreli inhibitör testleri o saha için uygun inhibitör veya inhibitörlerin belirlenmesi için oldukça önemlidir. Uygun inhibitörün belirlenmesinin ardından seyreltme faktörü, inhibitörün uygulanacağı dozaj noktalarının belirlenmesi, inhibitör uygulamasının kuyu içinde flaş noktasının 10-50 m altına dek ulaşmasının sağlanması da sistemde etkin bir inhibitör uygulaması için gerekli görülmektedir.

Yüksek sıcaklıktaki jeotermal sistemlerde etkin bir kabuklaşma kontrolü için; kuyu içinde

ana separatör öncesi çoklu separasyon olduğunda separatörler arasında inhibitör dozajı uygulanması sahada tecrübe ile gözlenmektedir (Haklıdır Tut, 2012). Bu amaçla kullanılan inhibitör sistemleri, üretim kuyu başlarına kurulan ve kuyu içine inhibitörün verilebilmesi sağlayan lubrikatör sistemi, inhibitörün tanktan kuyu içine transferini sağlayan kapiler borunun sarılı olduğu tambur, inhibitör çözeltisinin bulunduğu inhibitör tankı ve inhibitörün tanktan alınıp, kuyu içine veya sisteme gönderilmesini sağlayan pompa ve dozaj kontrolünü yapan sistemden oluşmaktadır (Şekil 6).

deniz suyu katkısı gibi etkilerden dolayı kalsit, silika ve sülfürlü çökeltilerin oluşması nedeniyle birden fazla inhibitör kullanımı gerekebilmektedir (Tuzla İkili Çevrim Tip Jeotermal Santrali, Tuzla, Çanakkale).

Özellikle çoklu flaş sistemlerinde jeotermal akışkan farklı P, T koşullarında farklı çökeltiler oluşmasına neden olmaktadır. Bu tip sistemlerde farklı basınçtaki buharın türbine ulaşmasını sağlayan yüksek, orta ve düşük basınç separatörleri olmakta (Yamada vd. 2015) ve buhar ve suyun her ayrımında akışkan içinde çökelme

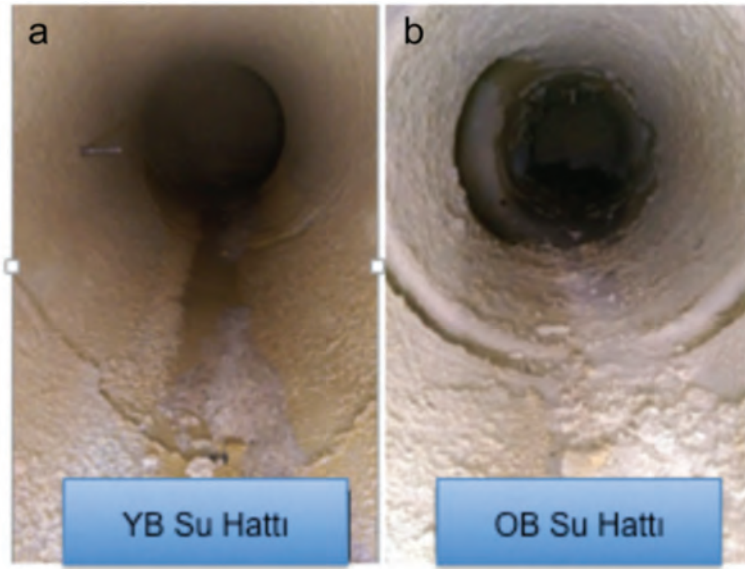


Şekil 6. Kızıldere-II Jeotermal Santralinde kabuklaşmayı engellemeye yönelik kurulan inhibitör sistemine örnek: 1: Lubrikatör Sistemi, 2. Makara Sistemi, 3. İnhibitör Tankı, 4. İnhibitör Pompa ve Kontrol Sistemi (Fotoğraf: Kızıldere-II Jeotermal Santrali)

Figure 6. A Sample for chemical inhibitor system in Kızıldere-II Geothermal Power Plant: 1:Lubricator System, 2. Drum 3. Inhibitor Tank, 4. Inhibitor Pump and Control System (Photo by: Kızıldere-II Geothermal Power Plant)

Enerji üretimi yapılan yüksek sıcaklıktaki sahalarda farklı teknolojiler kullanılmaktadır (çoklu flaş sistemler gibi). Büyük Menderes Grabeni'nde Germencik, Kızıldere ve Gediz Grabeni'nde ve Alaşehir'deki bu tip jeotermal güç santrallerinde tek bir inhibitör kullanımı veya tek noktadan inhibitör dozajı yapılması sistemin kabuklaşma kontrolünde etkin olamamaktadır. Kimi zaman kıyıya yakın jeotermal sahalarda

eğilimi artmakta, enjeksiyon hatlarında sıcaklığı düşen akışkanda silika çökelimi gözlenmektedir (örneğin, Kızıldere-II Jeotermal Santrali). Polimer tip inhibitör kullanılmasından bir hafta sonra, santralin farklı noktalarından alınan çökel örneklerinde yüksek basınç separatörü ve enjeksiyon hattı arasında CaO, Al₂O₃, SiO₂, MgO mineral çökelimlerinin olduğu da gözlenmiştir (Şekil 7 a, b; Çizelge 4).



Şekil 7. a. Kızıldere-II Jeotermal Santrali yüksek basınç seperatörü su (brine) hattında gözlenen kabuklaşma (Fotoğraf: Kızıldere Jeotermal Santrali'nden alınmıştır), **b.** Kızıldere-II Jeotermal Santrali orta basınç seperatörü su (brine) hattında gözlenen kabuklaşma

Figure 7. a. Observed scaling in high pressure separator brine line at Kızıldere Geothermal Power Plant, **b.** Observed scaling in medium pressure separator brine line at Kızıldere Geothermal Power Plant (Photo is provided from Kızıldere Geothermal Power Plant)

Çizelge 4. Üçlü flaş tipteki Kızıldere-II Jeotermal Santrali'nde gözlenen kabuklaşma türleri (Haklıdır Tut ve Şengün 2016). (Örnekleme Noktası: OB: Orta Basınç Seperatörü, DB: Düşük Basınç Seperatörü, YB: Yüksek Basınç Seperatörü. 1-OB-DP Kontrol Vanası (KV) Öncesi, 2-YB-OB KV Sonrası, 4-YB-OB KV Öncesi, 5-OB-DB KV Öncesi, 6-OB-DB KV Hattı, 7-YB-OB KV Sonrası)

Table 4. Scaling types at Kızıldere-II the triple flash power plant (Haklıdır Tut and Şengün 2016). (Sampling Points: IP: Intermediate Pressure Seperator, LP: Low Pressure Seperator, HP: High Pressure Seperator. 1-Before IP-LP Control Valve (CV), 2- After HP-IP CV, 4-Before HP-IP CV, 5- Before IP-LP CV, 6- On CV IP-LP, 7- After HP-IP CV)

Gözlenen Çökeltme Örnekleme Noktası	Na ₂ O %	MgO %	Al ₂ O ₃ %	SiO ₂ %	P ₂ O ₅ %	SO ₃ %	K ₂ O %	CaO %
1	0.077	14.55	2.068	27.78	0.104	0.0591	0.3826	11.41
2	<0.014	6.012	1.182	12.46	0.7029	0.0328	0.1876	36.66
4	<0.014	18.83	2.413	37.54	0.4684	0.0754	0.3394	2
5	<0.014	10.79	1.626	21.65	0.2876	0.029	0.382	17.93
6	<0.014	18.45	2.57	36.87	0.0204	<0.0005	0.5908	1.805
7	<0.014	18.12	2.569	36.58	0.0202	<0.0005	0.6118	2.07

TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Orta-yüksek sıcaklıktaki su baskın rezervuarlardan üretim yapan jeotermal santraller, kapasite faktörleri yüksek olması nedeniyle diğer yenilenebilir enerji sistemleri arasında önemli bir konumda bulunmakla birlikte sürdürülebilir olmaları için işletme koşulları oldukça dikkat gerektiren santrallerdir. Batı Anadolu'da Büyük Menderes ve Gediz Grabenleri boyunca kurulmuş olan santraller flaş, çoklu flaş, flaş ve ikili çevrim teknolojilerinin entegre şekilde kullanıldığı sistemlerdir.

Su baskın rezervuarlarda akışkanın derinden yüzeye doğru ilerlediği ve yüzey hatlarında buhar ve suyun birbirinden ayrılarak, buharın türbin hattına ve üretimden dönen sıcak su fazının re-enjeksiyon hatları boyunca ilerleyerek re-enjektörde edilmesi tüm yollar boyunca sıcaklık ve basınç koşullarının değişmesiyle, yüksek çözünmüş madde içeriğine sahip akışkanda mineral çökmesi gerçekleşmektedir. Jeotermal akışkanda çökecek minerallerin türü rezervuar jeolojisine bağlı olup, mineraller yüksek sıcaklık ve basınç koşullarında su-kaya etkileşimine bağlı olarak sıvı fazda çözünmüş durumdadırlar. Batı Anadolu'da incelenen jeotermal sistemlerin rezervuar jeolojisi birbirleriyle büyük oranda benzerlik göstermektedir. Buna bağlı olarak, beklenen kabuklaşmalar ağırlıklı şekilde kalsit, sülfürlü mineraller ve silika tipindedir. Bu minerallerin akışkan fazda sistem tasarımına uygun olarak çözülmesi kalması, santrallerin üretim performanslarını arttırmakta ve bu nedenle, her enerji santralinde kullanılan teknolojiye göre ayrı bir kabuklaşmanın (mineral çökmesinin) hem kuyu içlerinde hem de yüzey ekipmanlarında engellenmesi ve bu amaçla inhibitör sistemleri kullanılması gerekmektedir. İnhibitörlerin seçimi yine akışkan kimyasına, rezervuar sıcaklığına göre yapılmalıdır. İnhibitör çözeltilerinin uygulanması sırasında basınç ve sıcaklık düşüm noktalarının bulunması ve uygulanacak dozajların optimum düzeylerinin sahada kısa dönem testleriyle

belirlenmelidir. Uygulanması gereken bu optimum inhibitör düzeylerinin altında kalınmaması veya üstüne çıkılmamasıyla, hem akışkandan hem de inhibitör kimyasından kaynaklı yeni kabuklaşma türlerinin oluşmamasına dikkat edilmesi ile enerji santrallerinin ömürlerinin uzaması ve sürdürülebilirliği sağlanabilmektedir. Özellikle flaş ve çoklu flaş tip santrallerde akışkanın çift faza ayrıldığı yüksek basınç, orta basınç ve düşük basınç seperasyon alanlarında, basınç ve sıcaklık düşümleri hızla geliştiğinden, üretim kuyuları dışında her seperasyon sistemi sonrasında da özellikle CaCO_3 çökelinin engellenmesi amacıyla inhibitör uygulanması sistemin korunması için oldukça kritik bir uygulamadır. Sistemde silikatlı minerallerin çökmesinin kontrolü amacıyla sistemdeki akışkanın re-enjeksiyon hattına ilerlerken sıcaklığının ve pH'sının kontrol edilmesi sistemin sürdürülebilirliği bakımından önem taşımaktadır.

KATKI BELİRTME

Yazar, Zorlu Enerji Genel Müdürü Sayın Ali Kındap'a veri paylaşımı ve bu alanda jeokimyasal çalışmalara verdikleri destekleri için, geçmişte Kızıldere Jeotermal Sahası'nda jeokimyasal süreçlerde birlikte çalıştığı Zorlu Doğal Elektrik Üretim A.Ş.'de halen Kıdemli Jeokimya Uzmanı olarak çalışan Sayın Raziye Şengün'e çalışmaya desteklerinden dolayı teşekkür eder.

EXTENDED SUMMARY

Geothermal power generation has been generally provided by moderate-high temperatures at deep geothermal zones in water-dominated reservoirs. For these systems, controlling of thermodynamically changes of liquid phase and monitoring of temperature and pressure effects on geothermal fluids have great importance to provide of geothermal system sustainability.

The geothermal power plant types have been recorded as binary, single-flash, multi-flash systems and bottoming cycle (flash + binary) along Büyük Menderes Graben and Gediz Graben in Western Anatolia. In Turkey, there are 33 installed geothermal power plants and total capacity is declared as 856 MWe by EMRA. All these power plants have been produced steam from water-dominated reservoirs in Western Anatolia. In these systems, more than a few fields' reservoir temperatures are recorded more than 200 °C and it is concluded that water-steam phases separates more than one time. It means pressure and temperature dramatically drops and mineral precipitation, which is calling scaling, starts after each separation system when geothermal fluids reach to surface at these systems.

Principally, after discharging of geothermal fluid, it directly goes to separator systems in high temperature water-dominated systems. These systems consist of different separator systems, which indicate different pressure values (such as high pressure, low pressure separators) at multi-flash systems. The flow rate is controlled by valves, while P, T parameters have been changed at different processes such as production, separation, reinjection. Changing of pressure and temperature values is also changed mineral-equilibrium in the fluid and some minerals tend to precipitate of the different points of a geothermal system. To control mineral precipitation chemical inhibitors have been used at different part of a geothermal system.

In Western Anatolia, Germencik (Aydın city), Kızıldere (Denizli city), Pamukören and Salavatlı (Aydın city), Alaşehir (Manisa city) fields are great geothermal energy potential to produce energy. Although these fields have so many installed geothermal power plants, because of water-dominated reservoirs and reservoir rocks, there are a few scaling minerals are declared such as calcite, stibnite and silica minerals in

these systems. It means that management of these power plants require high attention to protect performance of these systems.

Calcite, silica and some sulfide minerals are observed main scale types in a geothermal system. Calcite precipitation can be seen in production wells and surface equipment, while silica can be often observed at reinjection lines and other surface equipment also. In water-dominated systems, gas breakout or two-phase conditions occurs at the depth of borehole. Under dynamic conditions at depth, when measured total pressure lower than $P_{gas} + P_{liquid}$, flashing process starts. Calcite and silica stabilities are incompatible under same conditions in a geothermal system.

To prevent mineral precipitation in a production well, the chemical inhibitor must be injected into the flowing well through capillary tubing at 10-50 m below the estimated gas-breakout depth. Sometimes one dosage point may be not enough to prevent scale to protect of surface equipment before separator systems. With this reason, after wellhead, before the valve the second dosage point set to the system at high temperature systems. At a multi-flash system, chemical dosage systems must be installed before high pressure drop points to protect the mechanical equipment also. To observe mineral precipitation conditions, control coupons can be set before and after critical pressure drop points at the multi-flash system. Almost all scale prevention inhibitors can be categorized as phosphate, phosphate salts and polymeric forms. But field experiences have been observed that polymer-based inhibitors are relatively more stable compared to phosphate salts at high temperatures. In Western Anatolia, all geothermal power systems have been used inhibitor systems and different type inhibitors to provide efficiency and sustainability of their systems.

DEĞİNİLEN BELGELER

- Bertani, R. ve Thain, I., 2002. Geothermal power generating plant CO₂ emission survey. IGA News 49, 1–3.
- Bozkurt, E., 2001. Neotectonics of Turkey—a synthesis. *Geodinamica Acta* 14: 3-30.
- Dewey, J.F.ve Şengör, A.M.C., 1979. Aegean and surrounding regions: complex multiplate and continuum tectonics in a convergent zone. *Geological Society of American Bulletin*, 90, 8
- DiPippo, R., 2016. *Geothermal Power Plants : Principles, Applications, Case Studies and Environmental Impact*. 4th Edition. Waltham, MA : Butterworth-Heinemann.
- Dogliani, C., Agostini, S., Crespi, M., Innocenti F., Manetti P., Riguzzi, F. & Savaşçın M.Y., 2002. On the extension in western Anatolia and the Aegean Sea. *Virtual Explorer* 8, 169–183.
- Dramis, F., Materazzi, M. ve Cilla, G., 1999. Influence of Climatic Changes on Freshwater Travertine Deposition: A New Hypothesis. *Phys. Chem. Earth (A)*, Vol. 24. No: 10, pp. 893-897.
- EBRD Pluto, 2016. Assessing the use of CO₂ from Natural Sources for Commercial Purposes in Turkey-Pluto. Technical Report Pluto Programme.
- EPDK Raporu, 2017. T.C. Enerji Piyasası Düzenleme Kurulu 2017 Ocak Ayı Elektrik Piyasası Sektör Raporu, 60 sayfa.
- EPDK, 2017. www.epdk.gov.tr/lisanslar, 7 Nisan 2017
- Ellis, G.P., 1959. The Maillard Reaction. En: *Advances in Carbohydrate Chemistry*, Vol. XIV, Academic Press, New York, s 63-134.
- Filiz, S., Tarcan, G. ve Gemici, U., 2000. Geochemistry of the Germencik Geothermal Fields, Turkey. *Geothermal Resources Council Transactions*, V. 24.
- GEA, 2016. 2016 Annual U.S. & Global Geothermal Power Production Report.
- Geologica, 2012. Zorlu Energy Kızıldere-II Geothermal Power Plant Design Criteria Report (yayınlanmamış).
- Haizlip Robinson, J., Stover, M., Garg, K.S., Haklıdır Tut, F.S. ve Prina, N., 2016. Origin and Impacts of High Concentrations of Carbon Dioxide in Geothermal Fluids of Western Turkey. *Proceedings, 41st Workshop on Geothermal Reservoir Engineering Stanford University, Stanford, California, February 22-24.*
- Haizlip Robinson, J., Haklıdır Tut, F. ve Garg, S.K., 2013. Comparison of Reservoir Conditions in High Noncondensable Gas Geothermal Systems. 38th Workshop on Geothermal Reservoir Engineering Stanford University, Stanford- CA, February 11-13, 2013.
- Haklıdır, Tut F.S. ve Şengün, R., 2016. Thermodynamic Effects on Scale Inhibitors Performance At Multi-flash and Advanced Geothermal Power Systems. *Proceedings, 41st Workshop on Geothermal Reservoir Engineering Stanford University, Stanford, California, 22-24 February 2016.*
- Haklıdır Tut, F.S., Şengün, R. ve Haizlip Robinson, J., 2015. The Geochemistry of Deep Reservoir Wells in Kızıldere Geothermal Field (Turkey), *Proceedings of World Geothermal Congress, Melbourne-Australia, 19-24 April 2015.*
- Haklıdır Tut, F.S., 2012. Jeotermal Akışkan Kaynaklı Kabuklaşma Oluşumu ve Engellenmesinde Kontrol Parametrelerinin İzlenmesinin Önemi. *Türkiye Jeotermal Kaynaklar Arama ve Uygulama Sempozyumu, İTÜ, İstanbul, 08-09 Aralık 2012.*
- Haklıdır Tut, F.S., Uzun, A. ve Şengün, R., 2012. Investigation of reservoir characteristics of high enthalpy geothermal fields on Büyük Menderes Graben and sulphate variations of geothermal fluids in the graben. *Proceedings of International Earth Science Colloquium on the Aegean Region (IESCA), 1-5 October 2012, Dokuz Eylül University, İzmir, Turkey.*
- Ketin, İ., 1966. Anadolu'nun tektonik birlikleri. *MTA Dergisi*, 66, 20-34.
- Haklıdır Tut, F.S., 2007. Bursa İli ve Çevresindeki Termal, Maden ve Yeraltı Sularının Jeokimyasal İncelenmesi. *Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, 282 S.
- Kılıççıoğlu, F., 2009. Jeotermal Kuyularda Kalsit ve Silika Çökelmelerine Karşı Kullanılacak İnhibitör Çeşitleri ve Çalışma Mekanizmalarının İncelenmesi. *Bildiriler Kitabı, İzmir, 27-28 Nisan 2009.*
- Kındap, A., Kaya, T., Tut Haklıdır, F.S. ve Alpagut Bükülmez, A., 2010. Privatization of Kızıldere Geothermal Power Plant and New Approaches for Field and Plant. *World Geothermal Congress, Bali, Indonesia, 24-30 April 2010.*
- Mertoğlu, O., Şimşek, Ş. ve Başarır, N., 2015. Geothermal Country Update Report of Turkey (2010-

- 2015). Proceedings World Geothermal Congress 2015 Melbourne, Australia, 19-25 April 2015.
- Mutlu, H. ve Güleç, N., 1998. Hydrogeochemical outline of thermal waters and geothermometry applications in Anatolia, Turkey, *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, v. 85, 495-515.
- Mutlu, H., 2009. Jeotermal Akışkanlarda Su-Kayaç Etkileşimi. *Bildiriler Kitabı*, İzmir, 27-28 Nisan 2009.
- Nicholson, K., 1993. *Geothermal Fluids Chemistry and Exploration Techniques*. Berlin: Springer-Verlag.
- Osborn, W.L., Demirci, N., Güngör, A., Erkan, B. ve Yıldırım, Y., 2007. Carbonate Scale Inhibition in a High-Gas Geothermal Well, Germencik-Turkey. *Geothermal Resources Council Transactions*, V. 31, 2007.
- Şengör, A.M.C., 1982. Ege'nin neotektonik evrimini yöneten etkenler. O. Erol ve V. Oygür (editörler), *Batı Anadolu'nun Genç Tektoniği ve Volkanizması Paneli*, Türk. Jeol. Kur., Ankara, S. 59-71.
- Mertoğlu, O., Şimşek, Ş., Başarır, N., 2015. Geothermal country update of Turkey (2010-2015). *World Geothermal Congress 2015*, Melbourne, Australia, April 19-24.
- Şimşek, Ş., 1985. Geothermal model of Denizli, Sarayköy-Buldan area. *Geothermics*, 14 (2/3), 393-417.
- Şimşek, Ş., Yıldırım, N. ve Gülgör, A., 2005. Developmental and environmental effects of the Kızıldere geothermal power project, Turkey. *Geothermics* 34, 239-256.
- Schoeller, H., 1962. *Les Eaux Souterraines*, Mason and C. Paris, 642 pp.
- Tarcan, G., Balaban Ozen, T., Gemici, U., Çolak, M. ve Karamanderesi, İ.H., 2016. Geochemical assessment of mineral scaling in Kızıldere geothermal field, Turkey. *Environmental Earth Sciences*, 75(19):1317
- Tarcan, G., 2005. Mineral saturation and scaling tendencies of waters discharged from wells (>150 °C) in geothermal areas of Turkey. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 142, p. 263-283.
- T.C. 10. Kalkınma Planı, 2013. T.C. Kalkınma Bakanlığı 2014-2018 10. Kalkınma Planı. www.onuncuplan.gov.tr, erişim tarihi 7 Nisan 2017.
- Tezcan A. K., 1979. Geothermal studies, their present status and contribution to heat flow contouring in Turkey. In: *Terrestrial heat flow in Europe*. Berlin: Springer-Verlag.
- Tut, F.S., 2003. Dünya Doğal ve Kültürel Mirası Pamukkale'nin Beyazlığının Korunması: Hidrojeokimyasal Bir Yaklaşımla. Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, 162 s.
- Yamada, S., Tamaya, Y. ve Muto, T., 2015. Unique Steam Turbine for Kızıldere Geothermal Power Plant in Turkey. *Proceedings World Geothermal Congress 2015 Melbourne, Australia, 19-25 April 2015*.
- Yazman, M.K., Güven, A., Ermiş, Y., Yılmaz, M., Özdemir, I, Akçay, Y., Gönülalan, U., Tekeli, Ö., Aydemir, V., Sayılı, A., Batı, Z., İztan, H., Korucu, Ö. ve Grunnaleite, İ., 1998. Alasehir grabeni ve Alasehir - 1 prospekti nin değerlendirme raporu. TPAO Rapor No. 3864, 146 s (yayınlanmamış).
- Yıldırım, N. ve Yıldırım, A., 2015. High Total Inorganic Carbon Concentration, Dependent Carbonate Scaling and Mitigation System, in Moderate to High Enthalpy Geothermal Fields in Turkey. *Proceedings World Geothermal Congress 2015 Melbourne Australia, 25-29 April 2015*.
- Wiersberg, T., Süer, S., Güleç, N., Erzinger, J. ve Parlaktuna, M., 2011. Noble gas isotopes and the chemical composition of geothermal gases from the eastern part of the Büyük Menderes Graben (Turkey). *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 208, 112-121.
- Zorlu Jeotermal A.Ş. ÇED Raporu, 2013. 45 MWe Alaşehir Jeotermal Santral Projesi Çevre Etki Değerlendirme Raporu.



Taxonomy and Distribution of Recent Benthic Foraminifera from Bir Ali Beach, Shabwah Governorate, Arabian Sea, Yemen

Mohammed Al-Wosabi^{1,2*} , Munef Mohammed³ , Fahad Basardah⁴ 

¹ *Earth and Environmental Sciences Dept., Faculty of Science, Sana'a University, Yemen, PO. Box: 11903 Sana'a*

² *Current Address: Visiting Professor, Dept. Earth Sci., Col. Sci., Sultan Qaboos University, Oman*

³ *Earth and Environmental Sciences Dept., Faculty of Science, Sana'a University, Yemen*

⁴ *Oil and Gas Department, Faculty of Oil and Minerals, University of Aden, Shabwah, Yemen,*

Geliş/Received : 21.02.2017 • Düzeltilmiş Metin Geliş/Revised Manuscript Received : 21.05.2017 • Kabul/Accepted : 09.06.2017 • Baskı/Printed : 01.08.2017
Araştırma Makalesi/Research Article *Türkiye Jeol. Bül. / Geol. Bull. Turkey*

Abstract: One hundred and eleven benthic foraminiferal species belonging to 36 genera, 25 families, 16 superfamilies and 4 suborders were identified from twenty samples collected from Bir Ali beach on the Yemeni Arabian Sea coastline. The benthic foraminifera assemblages were dominated by species belonging to Miliolina suborder with 71 species and 17 genera, followed by Rotaliina with 29 species and 14 genera, Textulariina 9 species and 3 genera and Lagenina 2 species and 2 genera. The distribution of recent shallow-water benthic foraminifera in surface sediment samples is in various from sample to another. Higher abundance of genus *Quinqueloculina* is recorded in almost all the samples of the study area. The recorded assemblages show a high similarity to the foraminiferal assemblages of the Indo-Pacific region, East African coast and Red Sea.

Key Words: Arabian Sea, Bir Ali Beach, Recent benthic foraminifera, Shabwah, Yemen

INTRODUCTION

The Arabian Sea represents a tropical region of high priority, as it is one of the richest marine biological areas of the world. It is a major contributor to global ocean productivity and biogenic carbonate burial; It is therefore currently under intensive study to understand its role in both modern and palaeoenvironmental global ocean/climate system (Sears, 2011). The Arabian Sea is known to harbour a wide range of benthic foraminiferal morphospecies (Brummer and Kroon, 1988). This sea is a classical region for investigations in foraminifera taxonomy. Numerous researchers

studied the foraminiferal diversity of the Arabian sea (i.e. Chapman, 1895; Hofker, 1927; Stubbings, 1939; Rao, 1970; Nigam et al., 1979; Setty and Nigam, 1980; Cherif et al., 1997; Kurbjeweit et al., 2000; Erbacher and Nelskamp, 2006 and Sarkar and Gupta, 2009). The first study of benthic foraminifera in Arabian Sea goes back to the time of Chapman (1895) who reported 274 species of foraminifera from the Arabian Sea. This is followed by a monograph of foraminifera collected from the Arabian Sea published by Hofker (1927). Stubbings (1939) recorded about 300 species from the same area. Sarkar and Gupta

*Correspondence / Yazışma: ma_wosabi@yahoo.com

(2009) recorded 201 benthic foraminifera species from southeastern Arabian Sea. Al-Wosabi et al. (2011) reported 86 foraminiferal species from Socotra Island, Indian Ocean, Yemen.

This study aims to introduce the classification of the benthic foraminifera assemblages and their surface distribution in the recent sediments from the Bir Ali beach, Yemeni Arabian Sea coastline (Figure 1).

STUDY AREA

Bir Ali Beach is chosen for this study due to its important location as a port for oil and gas export. The study area is located in the south-east part of Yemen, between 14° 01'N and 48° 20'E (Figure 1). This area is covered by basaltic rocks of Neogene and Quaternary age and has been defined as “Aden Volcanic Series” (Beydoun, 1966). Several large volcanic cones composed of

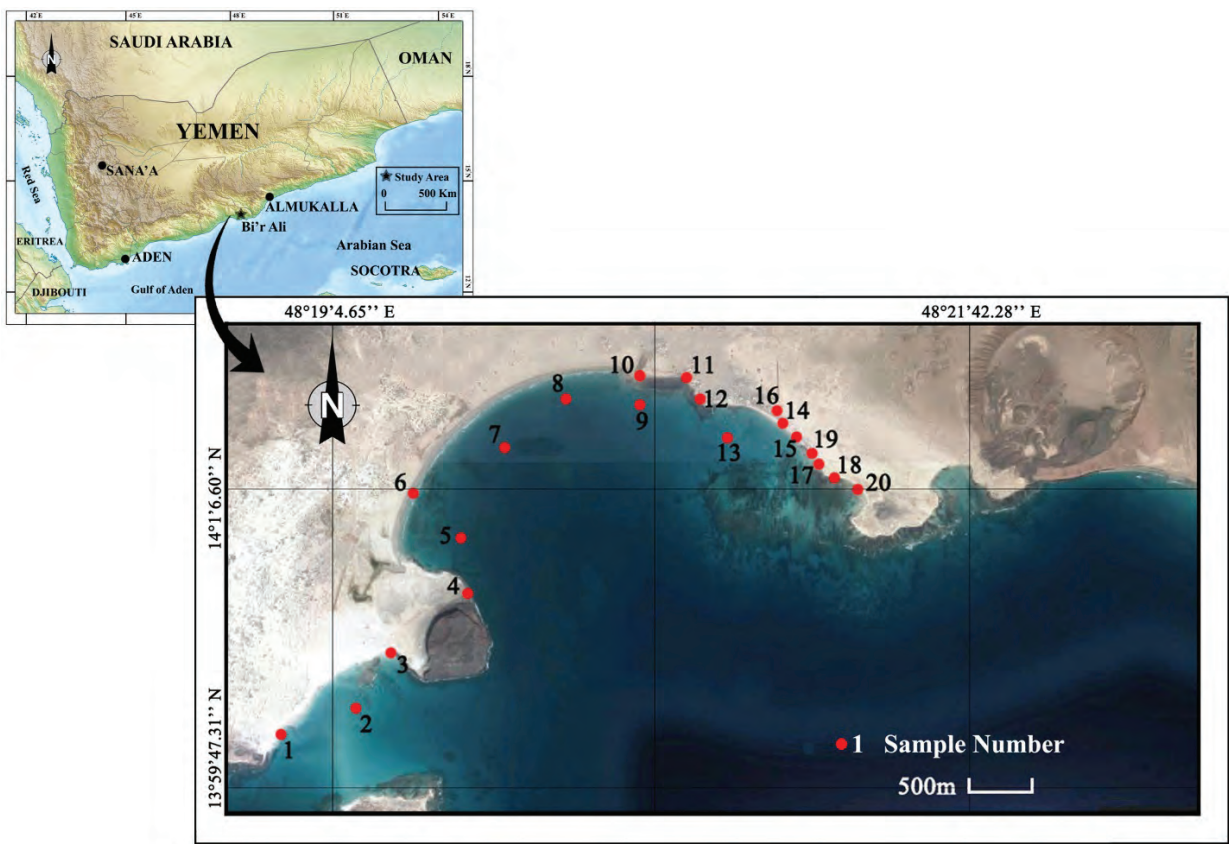


Figure 1. Location map of collected samples (After Google Earth and <http://www.Maps-of-the-world.net/maps-of-asia/maps-of-yemen>, with modification)

light coloured and well-bedded basaltic tuffs align at the offshore parallel to the coastal sand of the land. The volcanic cones are restricted to the rift zone of the Gulf of Aden, characterized by a high volcanic activity. In the near coast areas, parts of the basaltic rocks are covered by thin sheets of blowing sand or by gritty-silty (tuff) weathering products, which may have considerably flattened the original rough surface. Parts of the cliff-coast are plain by abrasional processes of the sea and occurrences of beach rock, coral, or wave-cut platforms and small cliffs are frequent at levels of 5 to 7 meters above sea level (Fantozzi and Sgavetti, 1998).

The climate of the study area is tropic-arid. It is essentially affected by the monsoon winds of the Indian Ocean. The Arabian Sea is a unique marine environment since its circulation is completely reversed biannually by seasonally reversing monsoon winds. It is therefore subject to greater seasonal variability than any other ocean basin on the globe (Clemens et al., 1991). This area is characterized by low and irregular rainfall (less than 50 mm/y) where the drainage system consists of dry watercourses, of wadis, which flow only episodically in times of torrential runoff after heavy rains (Caton-Thompson and Gardner, 1939).

METHODOLOGY

In the present study, twenty recent sediment samples were collected from the beach of Bir Ali area with depth ranging between 0.5 – 5 m (Figure 1). 100 grams of each sample were treated for extracting the foraminiferal tests. The sample immersed in water mixed with hydrogen peroxide (10% conc.), and were boiled for about 5 hours to remove the organic materials, the clay, silt, and fine sand from the foraminiferal tests. By stirring the material with salty water in a plastic container

and according to the difference in the density, the sediment sunk and the foraminiferal tests still suspended or floated for a short time. Repeating this method, most of the foraminiferal tests were separated from the other sample components, and then collected in a glass tubes. A binocular light microscope has been used to examine and identify the foraminiferal tests to the species level. These species are coated with gold using Blazer sputtering equipment (EMITECH, K550X sputter coater), and photographed using the scanning electron microscope (SEM) Model Philips XL 30, in the SEM Unit at the Egyptian mineral resources authority (Central Laboratories Sector), Geza - Egypt.

SYSTEMATIC PALEONTOLOGY

Systematic classification of foraminiferal species has been accomplished according to their morphological features such as shell shape, wall composition and structure, chamber shape and numbers and other features. The systematic classification of the recorded foraminiferal assemblages here has been done according to Loeblich and Tappan, 1988; Kaminski, 2004 and Ellis and Messina, 1940 and their supplements as well as related publications in different scientific relevant journals. The distribution of the the species through the samples was determined and displayed in Table 1. In this paper, the description of species restricted to unknown species, whereas the description of identified species is similar to their identical type species. In case there are differences between present identified species and the type species, these differences will be shown in the remarks. All the illustrated specimens and sediment samples utilized for this study have been indexed and deposited in the repository of the Earth and Environmental Sciences Department, Faculty of Science, Sana'a University.

Table 1. Distribution of identified foraminifera species from the study area.

No	Species	Stations																			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	<i>Spiroplectinella sagittula</i>		A			A				A											
2	<i>S. sp.</i>					F						R	F		F						
3	<i>Gaudryina rudis</i>		A	F		A							F								
4	<i>Textularia agglutinans</i>		A	F		R			R	A			A					A			
5	<i>T. candeiana</i>			C	C					A				C	A						
6	<i>T. conica</i>		F			F							F	C							C
7	<i>T. gramen</i>		A			R			R				F	R						F	
8	<i>T. sp.1</i>	F				F			R				F	R						F	
9	<i>T. sp.2</i>		A			A								C							
10	<i>Planispirinella exigua</i>			C		C								C							
11	<i>Adelosina laevigata</i>		C						C	C				C							
12	<i>A. mediterraneensis</i>					F	F							F							F
13	<i>A. sp</i>					C			R					R			C				C
14	<i>Cribrulinoides curta</i>	C	C			C				A											
15	<i>Spiroloculina acutimargo</i>	A	F										F	A	A						
16	<i>S. aequa</i>		C			C								R					C	R	
17	<i>S. antillarum</i>		A			F				F				A	A						
18	<i>S. communis</i>	F				F										F					
19	<i>S. depressa</i>		C			R				C		R		C							C
20	<i>S. elegans</i>		F			F				F				R					R		
21	<i>S. tenuiseptata</i>		C							C				C							
22	<i>S. sp.1</i>	C				C								C						C	
23	<i>S. sp.2</i>					R					R			F							F
24	<i>Siphonaperta agglutinans</i>		A			F				F									A		A
25	<i>S. horrida</i>		A			C				C						C					C
26	<i>S. irregularis</i>		A			R							A	R							
27	<i>Hauerina diversa</i>		A			R								A			C				C
28	<i>Quinqueloculina agglutinata</i>	R	A			A				A					R				A		
29	<i>Q. bradyana</i>		C						C						C						
30	<i>Q. carinatastriata</i>		A			A				A	R			A	R					A	
31	<i>Q. corrugate</i>		C			A	C							A					A		
32	<i>Q. debenayi</i>		F			A			F					A						F	
33	<i>Q. granulocostata</i>			A		C			A	C				A	C						A
34	<i>Q. jugosa</i>		A			A				C				A	C						
35	<i>Q. lamarckiana</i>		A			R			A		A				R						
36	<i>Q. lata</i>		C							C				C							C
37	<i>Q. multimarginata</i>		A	F		A				F			A		F				A		
38	<i>Q. neapolitana</i>		F			F					R			R							
39	<i>Q. padana</i>		R			R			C		C				C					C	
40	<i>Q. parkeri</i>		F	A		F							A		F				F		A
41	<i>Q. plicosa</i>		A			R							A		R						

42	<i>Q. poeyana</i>		C			A			C			A		C					
43	<i>Q. pseudoreticulata</i>		A			R		A						R		A			
44	<i>Q. cf. Q. rugosa</i>		A			A								F				F	
45	<i>Q. seminulum</i>		A			A	C			A	C			C				A	C
46	<i>Q. subpolygona</i>	A	A			F		A			F			F				A	
47	<i>Q. cf. Q. triangularis</i>		R			R			C					C					C
48	<i>Q. triangula</i>		A			A				F			A	F			A		
49	<i>Q. undulosecostata</i>	A				R			A				A	R					R
50	<i>Q. vulgaris</i>		A			A		R						R		R		A	
51	<i>Q. sp. 1</i>		A			A				F				F	F			A	F
52	<i>Q. sp.2</i>		A			A								R				R	
53	<i>Miliolinella subrotunda</i>		A			R		A		R				R					
54	<i>M.sp.</i>		F			F					F			F					
55	<i>Pseudomassilina pacificiensis</i>		R					R					R	R					
56	<i>Pyrgo oblonga</i>		R			R								R					R
57	<i>P. sp.</i>		F			F								F				F	
58	<i>Triloculina affinis</i>					R		R						R					R
59	<i>T. brongniatiana</i>		A			F				A				F					A
60	<i>T. elongotricarinata</i>		A			R								A			R		
61	<i>T. fichteliana</i>		C		C	C								C					
62	<i>T. insignis</i>		A			R	A						A	R				A	
63	<i>T. marioni</i>					R			R					R					
64	<i>T. oblonga</i>		A			F							A	F					
65	<i>T. plicata</i>		R					R						R					
66	<i>T. rotunda</i>		F			F												F	
67	<i>T. terquemiana</i>		R							R				R					
68	<i>T. tricarinata</i>		F								F			F					F
69	<i>T. trigonula</i>		A						A					R	A				R
70	<i>T. trihedral</i>		A	C		A				A				C				A	
71	<i>Sigmoihauerina bradyi</i>					F								F			F		F
72	<i>Rupertianella rupertiana</i>		R			R							R	R					
73	<i>Borelis schlumbergeri</i>		A			C		A						C	A				A
74	<i>Coscinospira hemprichii</i>	A	R				A				A	A		A					
75	<i>Peneroplis arietinus</i>		C			C								C					
76	<i>P. bradyi</i>	R	A			R				A				A					
77	<i>P. pertusus</i>		F			F								F				F	
78	<i>P. planatus</i>					A					A	A		R			A		R
79	<i>Sorites marginalis</i>		A			F								A		F			
80	<i>S. orbiculus</i>		C			C							C	C					
81	<i>Amphimorphina butonensis</i>		R											R			R		
82	<i>Fissurina sp.</i>		F								F			F					F
83	<i>Bolivina pseudoplicata</i>		A			A				R					A				
84	<i>B. pseudopunctata</i>		C					C						C					C

85	<i>B. variabilis</i>		F				F													
86	<i>Sagrinella lobata</i>		R		A		A				A		R					R		
87	<i>Reussella spinulosa</i>				F				F		F								F	
88	<i>Eponides repandus</i>		C				C				C									
89	<i>Rosalina anomala</i>	A	R		R		A			R	A									
90	<i>R. bradyi</i>		F		A		A		F										F	
91	<i>R. globularis</i>					C		C										C		
92	<i>R. sp.</i>		R															R		
93	<i>Hyalinea bathica</i>	F				F												F		
94	<i>Planorbulina mediterraneensis</i>							F										R		
95	<i>Cymbaloporella tabellaeformis</i>		F			F				F									F	
96	<i>Amphistegina lessonii</i>		C			C												C		
97	<i>A. lobifera</i>		R			R				R								R		
98	<i>A. radiate</i>		F			F												F		
99	<i>Nonion fabum</i>		C					C										C		
100	<i>Neorotalia calcar</i>		A					A										R		
101	<i>Pararotalia cf. P. ozawai</i>			R														R		
102	<i>Ammonia aoteana</i>			A	R			A										A	R	
103	<i>A. beccarii</i>	F		A		F	C			A		C		A	F		F		R	F
104	<i>A. convexa</i>		R			R								R						
105	<i>A. parkinsoniana</i>		F			F								F						
106	<i>Elphidium aculeatum</i>			A		A								A				R		
107	<i>E. advenum</i>					F		F						F						
108	<i>E. crispum</i>		C			C								C						
109	<i>E. macellum</i>			C		C												C		
110	<i>E. margaritaceum</i>		R					R						R						
111	<i>E. gerthi</i>			F		F													F	

A: Abundant: more than 15; C: Common: 10-15; F: Frequent: 5-10; R: Rare: less than 5.

Order: Foraminiferida Eichwald, 1830

Suborder: Textulariina Delage and Herouard, 1896

Superfamily: Spiroplectamminoidae Cushman, 1927

Family: Spiroplectamminidae Cushman, 1927

Subfamily: Spiroplectammininae Cushman, 1927

Genus: *Spiroplectinella* Kisel'man, 1972

Spiroplectinella sagittula DeFrance, 1824

(Figure 2. 1-2)

1824 *Textularia sagittula* (DEFRANCE):
177.

2009 *Spiroplectinella sagittula* DEFRANCE;
Milker et al.: 215, pl. 1, figs. 7-9.

Material: This species is identified as an abundant form in samples 2, 5, and 9, and as a common in sample 13.

Geographical distribution: *Textularia sagittula* (DEFRANCE) was recorded in the Gulf of Iskenderun by (Ofiaz, 2006) and from western Mediterranean Sea (Milker et al., 2009 and Milker and Schmiedl, 2012).

Spiroplectinella sp.

(Figure 2. 3-4)

Description: Wall agglutinated; test triangular to subtriangular; chambers biserially arranged, laterally compressed and rapidly increasing in size as added; sutures depressed and slightly curved; periphery acute; aperture low arch at the base of the apertural face.

Material: It is recorded as frequent in samples 5, 13, and 15, and as a rare in samples 8 and 12.

Superfamily: Verneuilinoidea Cushman, 1911

Family: Verneulinidae Cushman, 1911

Subfamily: Verneulininae Cushman, 1911

Genus: *Gaudryina* d'Orbigny, 1839

Gaudryina rudis Wright, 1900

(Figure 2. 5-8)

1900 *Gaudryina rudis* WRIGHT: 53, pl. 2, fig. 1.

2009 *Connemarella rudis* (WRIGHT); Milker et al.: 215, pl. 1, fig. 15.

Material: This species is recorded as an abundant form in samples 2, 5, and as a frequent form in samples 3 and 13.

Geographical distribution: *Connemarella rudis* Wright, was recorded in Hebridean shelf, west of Scotland (Murray, 2003), New Caledonia, Southwestern Pacific (Debenay, 2012) and from western Mediterranean Sea (Milker et al., 2012).

Superfamily: Textularoidea Ehrenberg, 1838

Family: Textularidae Ehrenberg, 1838

Subfamily: Textulariinae Ehrenberg, 1838

Genus: *Textularia* DeFrance, 1824

Textularia agglutinans d'Orbigny, 1839

(Figure 2. 9-11)

1839 *Textularia agglutinans* D'ORBIGNY: 144, pl. 1, figs. 17-18, 32-34.

2006 *Textularia agglutinans* D'ORBIGNY; Hussain et al.: 1660, figs. 3-6; 1661, figs. 4-11; 1662, figs. 1-5.

Material: *Textularia agglutinans* d'Orbigny is identified as an abundant form in samples 2, 9, 13 and 17, and as a rare form in samples 5, and 8.

Geographical distribution: This species was recorded from several areas worldwide such as southern Thailand (Jumnonghai, 1980), Spain (Ariza, 1988), southern Norway (Alve, 1995), Bermuda islands (Javaux, et al., 2003), the central Adriatic Sea (Sabbatini et al., 2005), Central east coast of India (Rana, 2009), the Dardanelles Strait (Meriç et al., 2009), western Mediterranean Sea (Milker et al., 2012), Indonesia (Suhartati and Muchlisin, 2012), coast of Iligan Bay, Mindanao, Philippines (Lacuna, et al., 2013) and the Egyptian Red Sea (Madkour, 2013).

Textularia candeiana d'Orbigny, 1839

(Figure 2. 12-13)

1839 *Textularia candeiana* D'ORBIGNY: 143, pl. 1, figs. 25-27.

2009 *Textularia candeiana* D'ORBIGNY; Parker: 44, figs. 34a-f.

Material: This species is found as an abundant form in samples 9 and 14, and as a common form in samples 2, 3, and 13.

Remarks: The recorded form differs from type species by its slightly narrow early portion, much compressed and later ones enlarging rapidly, and the final chamber is semi-inflated.

Geographical distribution: This species was identified from several areas such as the North American Atlantic Coast (Culver and Buzas, 1980 and Culver, 1986), the Caribbean Region (Culver and Buzas, 1982), and Western Australia (Parker, 2009).

Textularia conica d'Orbigny, 1839

(Figure 2. 14-16)

1839 *Textularia conica* D'ORBIGNY: 143, pl. 1, figs. 19-20.

2009 *Textularia conica* D'ORBIGNY; Sarkar and Gupta: 44, pl. 10, fig 7.

Material: This species is recorded as frequent in samples 2, 5, and 12, and as a common form in samples 13 and 20.

Geographical distribution: This species was recorded from Bermuda islands (Javaux and Scott, 2003), Eastern Mediterranean (Ofiaz, 2006), Northern Adriatic Sea (Sabbatini et al., 2005), and western Mediterranean Sea (Milker et al., 2012).

Textularia gramen d'Orbigny, 1846

(Figure 2. 17-19)

1846 *Textularia gramen* D'ORBIGNY: 248, table 1, figs. 4-6.

2009 *Textularia bocki* HOEGLUND; Avsar et al.: 134, pl. 1, figs. 9-10.

Material: In the present study, *Textularia gramen* d'Orbigny occurs in samples 2, 5, and 12 as an abundant form, and as a rare in samples 2, 5, 13 and 14.

Geographical distribution: This species was recorded from several areas such as the Caribbean Region (Culver and Buzas, 1982), Spain (Ariza, 1988), northern Argentina (Mercau et al., 2011) and western Mediterranean Sea (Milker and schmidl, 2012).

Textularia sp.1

(Figure 2. 20-22)

Description: Test biserial throughout, subtriangular in side view, ovate in end view; periphery rounded throughout; chambers wider than high, increasing gradually in width slightly inflated; wall coarsely agglutinated; sutures slightly depressed, nearly horizontal; aperture an elongate slit a low broad opening at the base of the inner margin of the final chamber, with a distinct flaplike lip bordering the opening.

Material: This form is recorded as frequent in samples 1, 5, 12 and 18, and as a rare form in samples 7 and 13.

Textularia sp.2

(Figure 2. 23-24)

Description: Test characterized by a subtriangular shape in outline; initial end narrowly rounded, rapidly widening toward the apertural end; periphery subacute in the early portion, later thickening; the wall is coarsely agglutinated; chambers are triserially arranged, laterally compressed and rapidly increasing in size as added; sutures indistinct by slightly depressed; nearly horizontal; three apertures distinct with suboval to subcircular shape.

Material: This species is identified from samples 2, and 5 as abundant form, and as a common form in sample 13.

Suborder: Miliolina Delage and Herouard, 1896

Superfamily: Cornuspiroidea Schultze, 1854

Family: Fischerinidae Millett, 1898

Subfamily: Fischerininae Millett, 1898

Genus: *Planispirinella* Wiesner, 1931

Planispirinella exigua (Brady), 1879

(Figure 2. 25 and Figure 3. 1)

1879 *Hauerina exigua* BRADY: 27.

2009 *Planispirinella exigua* (BRADY); Parker: 157, figs. 110a-k.

Material: In the present study, *Planispirinella exigua* Brady occurs as a common form in samples 3, 5 and 13.

Geographical distribution: This form was identified from the Red Sea (Brady, 1879) and from Ningaloo Reef, Western Australia (Parker, 2009).

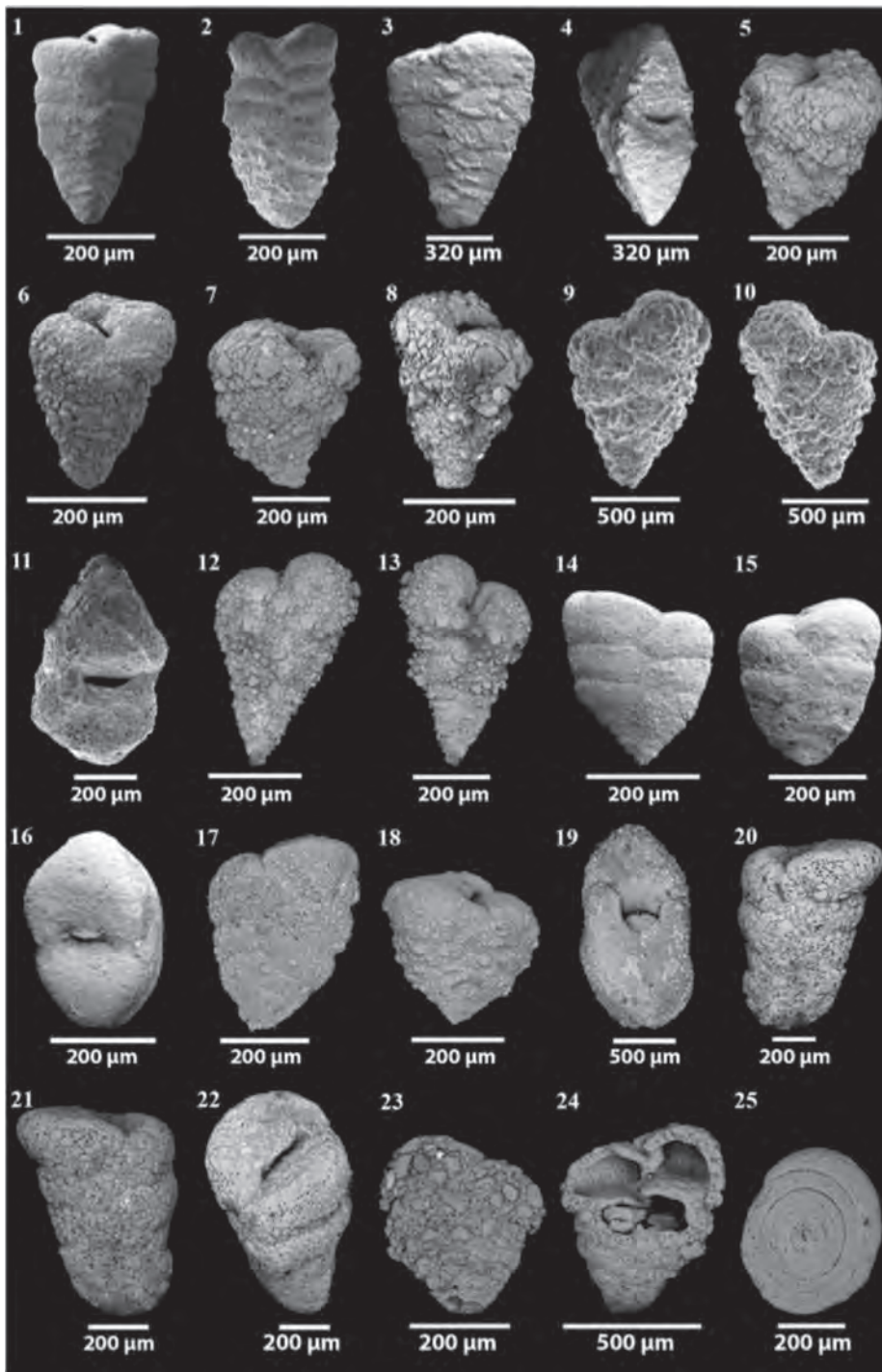


Figure 2. 1-2. *Spiroplectinella sagittula* DeFrance, side views. 3-4; *Spiroplectinella* sp., lateral view and apertural view. 5-8. *Gaudryina rudis* Wright, 5, 7. Side views; 6, 8. Lateral views; 9-11. *Textularia agglutinans* d'Orbigny, 9-10. Side views, 11. Apertural view; 12-13. *Textularia candeiana* d'Orbigny, side views; 14-16. *Textularia conica* d'Orbigny, 14-15. Side views, 16. Apertural view; 17-19. *Textularia gramen* d'Orbigny, 18-19. Side views, 19. Apertural view; 20-22. *Textularia* sp.1, 20-21. Side views, 22. Apertural view; 23-24. *Textularia* sp. 2, side views; 25. *Planispirinella exigua*, Brady, side view.

Superfamily: Milioloidea Ehrenberg, 1839

Family: Spiroloculinidae Wiesner, 1920

Genus: *Adelosina* d'Orbigny, 1826

Adelosina laevigata d'Orbigny, 1826

(Figure 3. 2-3)

1826 *Adelosina laevigata* D'ORBIGNY: 304, fig.1.

1988 *Adelosina laevigata* D'ORBIGNY; Loeblich and Tappan: 90, pl. 337, figs. 5-12.

Material: In the present study, *Adelosina laevigata* d'Orbigny occurs as a common form in samples 2, 7, and 8 as a rare form in samples 13, and 16.

Geographical distribution: *Adelosina laevigata* d'Orbigny was identified from the Neogene of Mediterranean by d'Orbigny, 1826 and 1846.

Adelosina mediterraneensis (Le Calvez and Le Calvez), 1958

(Figure 3. 4-5)

1958 *Quinqueloculina mediterraneensis* LE CALVEZ and LE CALVEZ: 177, pl. 4, figs. 29-31.

1991 *Adelosina mediterraneensis* (LE CALVEZ and LE CALVEZ); Cimerman and Langer: 28, pl. 19, figs. 1-16.

2009 *Adelosina mediterraneensis* (LE CALVEZ and LE CALVEZ); Milker et al.: 215, pl. 1, fig. 16.

Material: In the present study, this species is reported frequently from samples 5, 6, 13 and 20.

Geographical distribution: *Adelosina mediterraneensis* Le Calvez and Le Calvez was recorded from several regions such as Gulf of Naples, Italy (Sgarrella and Moncharmont Zei, 1993), Kallithea Bay, Greece (Rasmussen, 2005), West Turkey (Avsar et al., 2009), Western Mediterranean Sea (Milker et al., 2009) and Southwestern Pacific (Debenay, 2012).

Adelosina sp.

(Figure 3. 6-7)

Description: Wall porcelaneous; proloculus followed by an embracing, planispirally enrolled second chamber; periphery angular; aperture rounded on a neck; test surface partly ornamented with costae.

Material: This species is identify from samples 5, 16 and 19 as a common form and as a rare form from samples 8 and 13.

Genus: *Cribrolinoidea* Cushman and LeRoy, 1939

Cribrolinoidea curta Cushman, 1917

(Figure 3. 8-9)

1917 *Quinqueloculina disparilis* D'ORBIGNY var. *curta* – CUSHMAN: 49; pl. 14, fig. 2, text-fig. 30.

1951 *Cribrolinoidea curta* CUSHMAN; Asano: 9, pl. 6, figs. 63-64.

2009 *Quinqueloculina* cf. *Q. curta* CUSHMAN; Parker: 193, figs. 136a-e.

Material: *This species* is recorded presently as an abundant form in samples 5 and 9 and as a common form in samples 1 and 2.

Geographical distribution: *Cribrolinoidea curta* Cushman was recorded in the North Pacific Ocean (Cushman, 1917), Tokyo (Asano, 1951), northern Great Barrier Reef, Australia (Baccaert, 1987) and Ningaloo Reef, Western Australia (Parker, 2009).

Genus: *Spiroloculina* d'Orbigny, 1826

Spiroloculina acutimargo Brady, 1884

(Figure 3. 10-12)

1884 *Spiroloculina acutimargo* BRADY: 154, pl. 10, figs. 12-15.

1994 *Spiroloculina acutimargo* BRADY; Jones: 26, pl. 10, fig. 13.

Material: In the present study, this species is distinguished from samples 1, 13 and 14 as an

abundant form and as a frequent form in Samples 2 and 12.

Geographical distribution: This species was recorded from several areas worldwide such as Caribbean region (Culver and Buzas, 1982), southeastern Arabian Sea (Sarkar and Gupta, 2009), Green Bay Cave on Bermuda (Scott and Hengstum, 2011) and Southwestern Pacific (Debenay, 2012).

Spiroloculina aequa Cushman, 1932

(Figure 3. 13-15)

1932 *Spiroloculina aequa*, CUSHMAN: 38, pl.9, figs. 13a-b.

2009 *Spiroloculina aequa*, CUSHMAN; Devi and Rajashekhar: 23, fig. 1.

Material: In the present study, *Spiroloculina aequa* Cushman occurs as a common form in samples 2, 5 and 17 and as a rare form in samples 13 and 18.

Geographical distribution: This species was recorded from several Indian coastlines such as Karwar, central west coast by Khare, 1992 and Devi and Rajashekhar, 2009.

Spiroloculina antillarum d'Orbigny, 1839

(Figure 3. 16-17)

1839 *Spiroloculina antillarum* D'ORBIGNY: 166, pl. 7, figs. 3-4.

2009 *Spiroloculina antillarum* D'ORBIGNY; Parker: 341, figs. 246a-l; 247a-l.

Material: *Spiroloculina antillarum* d'Orbigny is recorded here as an abundant form in samples 2, 13, and 14 and as a frequent form in samples 5 and 9.

Geographical distribution: This species was recorded from the Caribbean Region (Culver and Buzas, 1982), the northwestern Mediterranean coast of Egypt (Samir et al., 2003), the Dardanelles Strait, Turkey (Meriç et al., 2009) and from the Egyptian Red Sea (Madkour, 2013).

Spiroloculina communis Cushman and Todd, 1944

(Figure 3. 18-20)

1944 *Spiroloculina communis* CUSHMAN and TODD: 63, pl. 9, fig. 4-5, 7- 8.

1990 *Spiroloculina communis* CUSHMAN and TODD; Kumar et al.: 57, pl. 1, fig. 5, table 1.

Material: In the present study, this species is recorded as frequent in samples 1, 5 and 15.

Geographical distribution: This cosmopolitan species was recorded from different Arabian Sea areas by (Gandhi et al., 2002; Schumacher et al., 2007 and Sarkar and Gupta 2009) and from Tambelan Islands of Indonesia. (Natsir and Muchlisin, 2012) and coast of Iligan Bay, Mindanao, Philippines (Lacuna, et al., 2013).

Spiroloculina depressa d'Orbigny, 1826

(Figure 3. 21-23)

1826 *Spiroloculina depressa* D'ORBIGNY: 298.

2009 *Spiroloculina depressa* D'ORBIGNY; Devi and Rajashekhar: 24, image 2. fig. d.

Material: In the present study, *Spiroloculina depressa* d.Orbigny is recorded as a common in samples 2, 9, 13 and 20, and as a rare form in samples 5 and 11.

Geographical distribution: This species was recorded from several areas worldwide such as Florida (Buzas and Severin, 1982), Karwar, central west coast of India (Khare, 1992), France (Debenay et al., 2001), Gulf of Iskenderun, Eastern Mediterranean (Ofiaz, 2006), Thailand Gulf (Melis and Violanti, 2006), the Dardanelles Strait, Turkey (Meriç et al., 2009), Indian coast (Devi and Rajashekhar, 2009) and coast of Iligan Bay, Mindanao, Philippines (Lacuna et al., 2013).

Spiroloculina elegans Cushman, 1917

(Figure 3. 24-25; Figure 4. 1)

1917 *Spiroloculina elegans* CUSHMAN: p. 29.

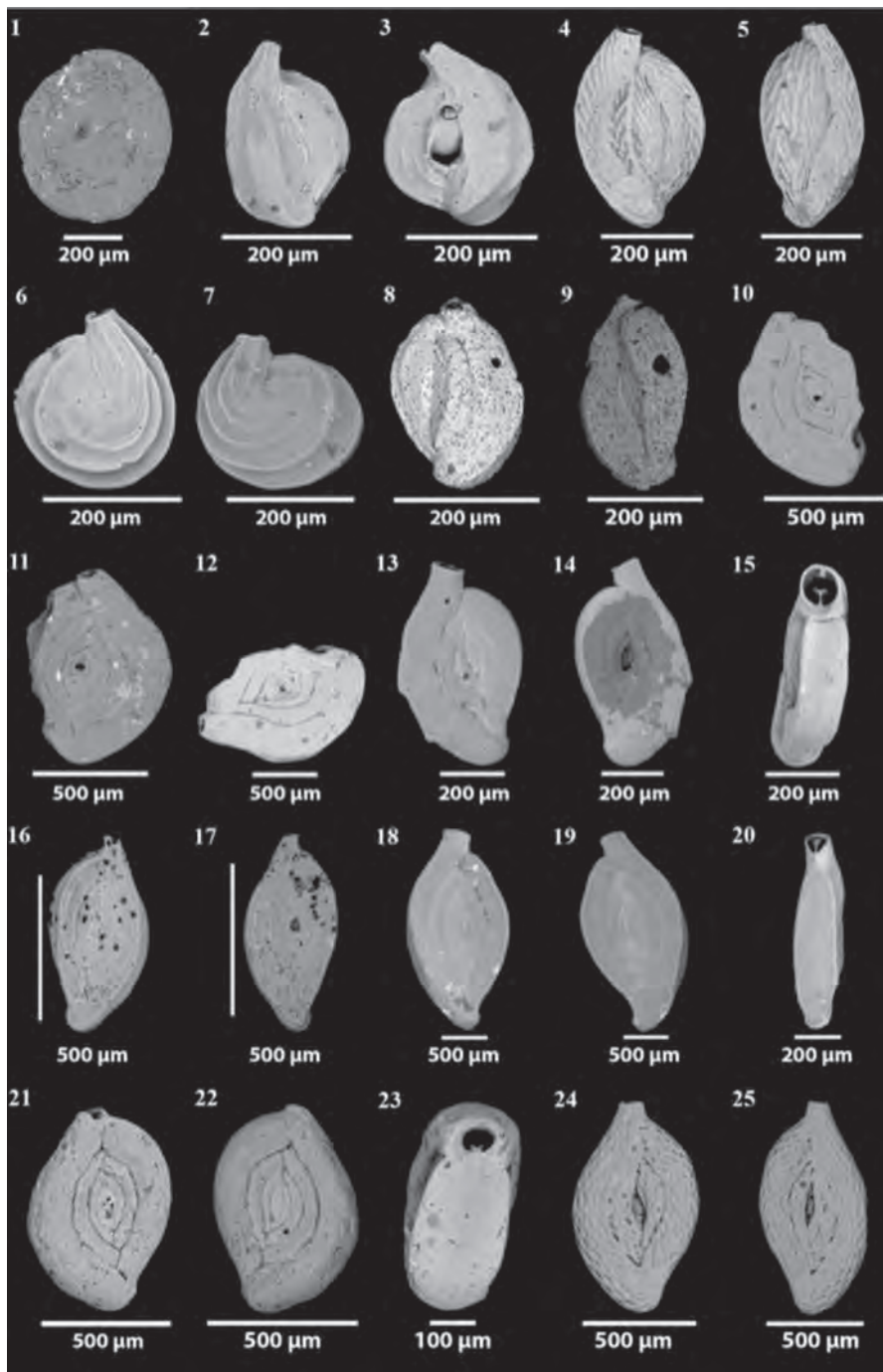


Figure 3.1. 1. *Planispirinella exigua*, Brady, side view; 2-3. *Adelosina laevigata* d'Orbigny, side views; 4-5. *Adelosina mediterraneensis* Le Calvez and Le Calvez, side views; 6-7. *Adelosina* sp., side views; 8-9. *Cribrolinooides curta* Cushman, side views; 10-12. *Spiroloculina acutimargo* Brady, 10-11. Side views, 12. Oblique view; 13-15. *Spiroloculina aequa* Cushman, 13-14. Side views, 15. Apertural view; 16-17. *Spiroloculina antillarum* d'Orbigny, side views; 18-20. *Spiroloculina communis* Cushman and Todd, 18-19. Side views, 20. Apertural view; 21-23. *Spiroloculina depressa* d.Orbigny, 21-22. Side views, 23. Apertural view; 24-25. *Spiroloculina elegans* Cushman, side views.

Material: In the present study, *Spiroloculina elegans* Cushman, is identified as a frequent form in samples 2, 5, and 9, and as a rare form in Samples 13 and 17.

Geographical distribution: Cushman (1917) recorded this species from the recent sediments of Pacific Ocean.

Spiroloculina tenuiseptata Brady, 1884

(Figure 4. 8-9)

1884 *Spiroloculina tenuiseptata* BRADY: 153, pl. 10, figs. 5-6.

2005 *Spiroloculina tenuiseptata* BRADY; Rasmussen: 61, pl. 3, fig. 12.

Material: In the present study, *Spiroloculina tenuiseptata* Brady is detected as a common form in samples 2, 9 and 13.

Geographical distribution: This species was recorded from several regions such as Gulf of Iskenderun (Ofiaz, 2006), Maldives Ridge, southeastern Arabian Sea (Sarkar and Gupta, 2009), Dardanelles Strait in Turkey (Meriç et al., 2009) and Western Mediterranean (Milker and Schmiedl, 2012).

Spiroloculina sp.1

(Figure 4. 2-4)

Description: Test subcircular, slightly longer than broad in lateral view; with slightly rounded peripheral margins; wall porcelaneous and imperforate; chambers U-shaped in transverse section, with a rounded margin; surface covered with costae that are arranged with an angle to the chamber margin so that they are not continuous from the basal end to the apertural end; aperture rounded at the end of a distinct neck covered with costae.

Material: This species is recognized from samples 1, 5, 13, and 18 as a common.

Spiroloculina sp.2

(Figure 4. 5-7)

Description: Test fusiform in shape, slightly longer than broad in lateral view and strongly biconcave in end view; wall is porcelaneous; chambers arranged in "spiroloculine form, leading to a raised some portions; later chambers broad, planispirally arranged, each chamber one-half coil in length; aperture subcircular at the end of a short cylindrical neck.

Material: In the present study, this form is recorded as frequent in samples 13 and 19, and as a rare form in samples 5 and 10.

Family: Hauerinidae Schwager, 1876

Subfamily: Siphonapertinae Saidova, 1975

Genus: *Siphonaperta* Vella, 1957

Siphonaperta agglutinans (d'Orbigny), 1839

(Figure 4. 10-11)

1839 *Quinqueloculina agglutinans* D'ORBIGNY: 195, pl. 12, figs. 11-13.

1993 *Siphonaperta agglutinans* (D'ORBIGNY); Hottinger et al.: 62, pl. 61, figs. 10, 11; pl. 62, figs. 1-3.

2004 *Siphonaperta agglutinans* (D'ORBIGNY); Meriç et al.: 60, pl. 7, fig. 8.

Material: *Siphonaperta agglutinans* (d'Orbigny) is recorded here as abundant form in samples 2, 17 and 20, and as a frequently from samples 5 and 8.

Geographical distribution: This species was recorded from several areas worldwide such as Atlantic Ocean (Cushman, 1929), the Gulf of Aqaba, Red Sea (Hottinger et al., 1993), Aegean Sea (Turkey) (Meriç et al., 2004), the western Mediterranean Sea (Milker and Schmiedl, 2012) and Philippines (Lacuna, et al., 2013).

Siphonaperta horrida (Cushman), 1947

(Figure 4. 12)

1947 *Quinqueloculina horrida* CUSHMAN: 88, pl. 19, fig. 1.

1993 *Siphonaperta horrida* (CUSHMAN); Hottinger et al.: 63, pl. 63, figs. 7-12.

Material: *Siphonaperta horrida* (Cushman) is identified as an abundant in samples 2, and 9, and as a rare form in samples 5, 15 and 19.

Geographical distribution: This species was recorded from northwest Gulf of Mexico (Phleger, et al., 1951), northern Gulf of Mexico (Leroy et al., 1974), the Gulf of Aqaba, Red Sea (Hottinger et al., 1993) and Central east coast of India (Rana, 2009).

Siphonaperta irregularis (d'Orbigny), 1826

(Figure 4. 13-14)

1826 *Quinqueloculina irregularis*
D'ORBIGNY: 302, no. 25.

1958 *Quinqueloculina irregularis*
D'ORBIGNY; Le Calvez and Le Calvez: 166, pl. 3, figs. 1-2.

1991 *Siphonaperta irregularis*
(D'ORBIGNY); Cimerman and Langer: 32, pl. 26, figs. 4-6.

Material: The present species is recorded now as an abundant form in samples 2 and 12, and as a rare form in samples 5 and 13.

Geographical distribution: This species was recorded from France (Debenay et al., 2001), Turkey (Meriç et al., 2009) and Western Mediterranean (Milker and Schmiedl, 2012).

Subfamily: Hauerininae Schwager 1876

Genus: *Hauerina* d'Orbigny 1839

Hauerina diversa Cushman, 1946

(Figure 4. 15-16)

1946 *Hauerina diversa* CUSHMAN: 11, pl. 2, figs. 16-19.

1993 *Hauerina diversa* CUSHMAN; Hottinger et al.: 50, pl. 36, figs. 1-7.

Material: In the present study, *Hauerina diversa* Cushman is recorded as an abundant form in samples 5 and 13, and as a common form in samples 2, 16 and 20.

Geographical distribution: This species was recorded from several areas such as Atlantic Ocean (Baccaert, 1987), Southern Ryukyu Island Arc, Northwestern Pacific (Hatta and Ujiie, 1992), Gulf of Aqaba and north of Red Sea (Said, 1949 and Hottinger et al., 1993) and Haifa Bay (Yanko, 1995).

Genus: *Quinqueloculina* d'Orbigny, 1826

Quinqueloculina agglutinata d'Orbigny, 1839

(Figure 4. 17-18)

1839 *Quinqueloculina agglutinata*
D'ORBIGNY: 195, p1. 12, figs. 11-13.

1987 *Quinqueloculina agglutinata*
D'ORBIGNY; Rao et al.: 164, p1. 1, figs. 22-24.

Material: In the present study, this form is found as abundant form in samples 2, 5, 9 and 17 and as a rare form in samples 1 and 14.

Geographical distribution: The present species was described from North Pacific Ocean (Cushman, 1917). Later, it was recorded from the north of the Red Sea (Said, 1949), Denmark (Haman, 1966), the Atlantic continental shelf of the U.S.A. (Murray, 1969), Newfoundland (Sen Gupta, 1971), Biscayne Bay, Florida (Ishman et al., 1997) and East coast of India (Gandhi et al., 2002).

Quinqueloculina bradyana Cushman, 1910

(Figure 4. 19-20)

1910 *Quinqueloculina bradyana* CUSHMAN: 52; pl. 18, fig. 2.

1995 *Quinqueloculina bradyana* CUSHMAN; Yassini and Jones: 83; figs. 14-15.

Material: This form is recorded as a common form in samples 2, 7 and 13.

Geographical distribution: This species was recorded from Bermuda island in the northwest Atlantic Ocean (Javaux et al., 2003), Maldives Ridge, southeastern Arabian Sea (Sarkar, et al, 2009) and New Caledonia, Southwestern Pacific (Debenay, 2012).

Quinqueloculina carinatastriata (Wiesner), 1923
(Figure 4. 21-23)

1923 *Adelosina milletti* WIESNER var. *carinatastriata* Wiesner: 76; pl. 14, figs. 190-191.

1988 *Quinqueloculina carinatastriata* (WIESNER); Haig: 233, pl. 5, figs. 6-10.

2009 *Quinqueloculina carinatastriata* (WIESNER); Parker: 188, figs. 133a-h, 134a-h.

Material: In the present study, this species is identified as an abundant in samples 2, 5, 8, and 12, and as a rare form in samples 9 and 13.

Geographical distribution: This species was recorded off Palk Strait, India (Gandhi et al., 2002), Southwestern Pacific (Debenay, 2012) and from the coastal plains of the Aegean Sea (Greece) (Koukousioura et al., 2012).

Quinqueloculina corrugate (Collins), 1958
(Figure 4. 24-25)

1958 *Massilina corrugata* COLLINS: 362; pl. 2, figs. 11, 12.

1988 *Quinqueloculina corrugata* (COLLINS), Haig: 233, pl. 5, figs. 15-17.

Material: The present species occurs as an abundant form in samples 5, 13 and 17 and as a common form in samples 2 and 6.

Geographical distribution: This species was identified from the recent sediments of Great Barriers by Collins, 1958 and then by Haig, 1988 from the Papuan Lagoon.

Quinqueloculina debenayi Langer, 1992
(Figure 5. 1)

1992 *Quinqueloculina debenayi* LANGER: 90, pl. 2, figs. 7-8.

Material: In the present study, this species recorded as abundant form in samples 5 and 13, and as a frequent form in samples 2, 7, and 18.

Geographical distribution: *Quinqueloculina debenayi* Langer, 1992 identified this species from the lagoon recent sediments at Madang, Papua New Guinea.

Quinqueloculina granulocostata Germeraad, 1946
(Figure 5. 2-3)

1946 *Quinqueloculina granulocostata*, GERMERAAD: 63, pl. 7, figs. 11, pl. 8, fig. 11.

2009 *Quinqueloculina granulocostata* GERMERAAD; Parker: 211, figs. 150a-k; 151a-h.

Material: In the present study, this species is recorded as an abundant in samples 3, 7, 12 and 20 and as a common form in samples 5, 8 and 13.

Geographical distribution: The present species was described from Indonesia (Germeraad, 1946), the southeast Australian coast (Yassini and Jones, 1995), east coast of India (Gandhi et al., 2002) and Tambelan Archipelago, Indonesia (Suhartati and Muchlisin, 2012).

Quinqueloculina jugosa Cushman, 1944
(Figure 5. 4-5)

1944 *Quinqueloculina seminulum* LINNÉ var. *jugosa* Cushman: 13, pl. 2, fig. 5.

2005 *Quinqueloculina jugosa* CUSHMAN; Debenay et al.: 332, pl. 1, fig. 16.

Material: In the present study, this form is distinguished as abundant form in samples 2, 5 and 13 and as a common form in samples 9 and 14.

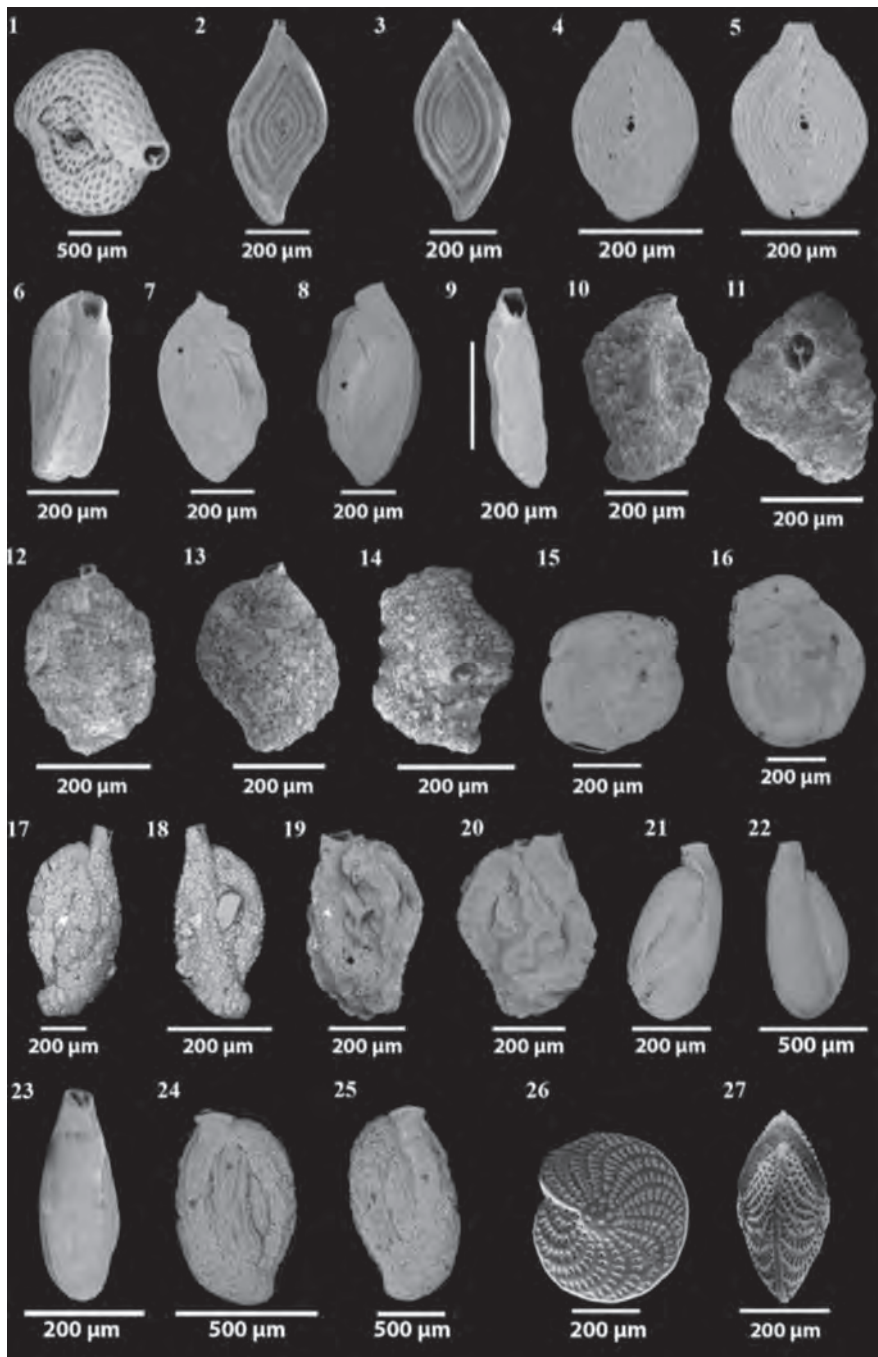


Figure 4. 1- *Spiroloculina elegans* Cushman, 1. Apertural view; 2. Side view; 3-4. *Spiroloculina* sp.1, 3. Side view; 4. Apertural view; 5-7. *Spiroloculina* sp.2, 5-6. Side views, 7. Apertural view; 8-9. *Spiroloculina tenuiseptata* Brady, Side views; 10-11. *Siphonaperta agglutinans* d'Orbigny, 10. Side view, 11. Apertural view; 12. *Siphonaperta horrida* Cushman, side view; 13-14. *Siphonaperta irregularis* d'Orbigny, 13. Side view, 14. Apertural view; 15-16. *Hauerina diversa* Cushman, side views; 17-18. *Quinqueloculina agglutinata* D'orbiony side views; 19-20. *Quinqueloculina bradyana*, Cushman, side views; 21-23. *Quinqueloculina carinatastriata* Wiesner, 21-22. Side views, 23. Apertural view; 24-25. *Quinqueloculina corrugata* Collins, side views; 26-27. *Elphidium crispum* (Linné), 26. Side view, 27. Apertural view.

Geographical distribution: Cushman (1944) described this species from the recent deposits of the New England coast. It was later recorded from northern Carolina (Miller, 1953), the Dardanelles Strait in Turkey (Meriç et al., 2009) and Southwestern Pacific (Debenay, 2012).

Quinqueloculina lamarckiana d'Orbigny, 1839

(Figure 5. 6-7)

1839 *Quinqueloculina lamarckiana*
D'ORBIGNY: 189, pl. 11, figs. 14-15.

1990 *Quinqueloculina lamarckiana*
D'ORBIGNY; Kaladhar et al.: 72, table 1.

Material: In the present study, this species is identified as abundant in samples 2, 7 and 10, and as a rare form in samples 5 and 13.

Geographical distribution: This cosmopolitan species was described from the recent deposits of Jamaica (d'Orbigny, 1839). It was later recorded from different areas such as California (Bandy, 1953), Carolina (Miller, 1953), India (Bhatia, 1956 and Gandhi et al., 2002), the Atlantic continental shelf of U.S.A. (Murray, 1969), western North America (Lankford and Phleger, 1973), Bermuda islands in the northwest Atlantic Ocean (Javaux et al., 2003), the Dardanelles Strait (Meriç et al., 2009) and Maldives Ridge, southeastern Arabian Sea (Sarkar and Gupta, 2009).

Quinqueloculina lata Terquem, 1876

(Figure 5. 8-9)

1876 *Quinqueloculina lata* TERQUEM: 82, pl. 11, figs. 8a-c.

2003 *Quinqueloculina lata* TERQUEM;
Murray: 17, fig. 4: 9-10

Material: In the present study, it is recorded as a common form in samples 2, 9, 13 and 20.

Geographical distribution: This species was recorded from several areas worldwide such as France (Terquem 1876 and Levy et al., 1975),

the Atlantic continental shelf of U.S.A (Murray, 1969), the English Channel (Murray, 1970), Indian coast (Devi and Rajashekhar, 2009) and western Mediterranean Sea (Milker and Schmiiedl, 2012).

Quinqueloculina multimarginata Said, 1949

(Figure 5. 10-11)

1949 *Quinqueloculina multimarginata* SAID: 10, pl. 1, fig. 34.

Material: In the present study, *Quinqueloculina multimarginata* Said occurs as an abundant form in samples 2, 5, 10 and 17 and as a frequent form in samples 8 and 13.

Geographical distribution: It was described from the recent deposits of northern Red Sea (Said, 1949).

Quinqueloculina neapolitana Sgarrella and
Moncharmont Zei, 1993

(Figure 5. 12-14)

1993 *Quinqueloculina neapolitana*
SGARRELLA AND MONCHARMONT ZEI: 173, pl. 5, figs. 10-12

Material: In the present study, it is recorded as a frequent form in samples 2 and 5, and as a rare form in samples 10 and 13.

Geographical distribution: Sgarrella and Moncharmont Zei (1993) identified this species from the Gulf of Naples (Italy).

Quinqueloculina padana Perconig, 1954

(Figure 5. 15-17)

1954 *Quinqueloculina padana* PERCONIG: 95, 97, figs. 1-4.

2009 *Quinqueloculina padana* PERCONIG;
Frezza and Carboni: 55, pl. 1, fig. 9.

Material: In the present study, this species recorded as a common in samples 7, 9, 13 and 18, and as a rare form in samples 2 and 5.

Geographical distribution: *Quinqueloculina padana* Perconig was recorded from the Aegean

Sea (Greece) (Koukousioura et al., 2012) and western Mediterranean Sea (Milker et al., 2012).

Quinqueloculina parkeri Brady, 1881

(Figure 5. 18-19)

1881 *Miliolina parkeri* BRADY: 177; pl. 7, figs. 14a-c.

2009 *Quinqueloculina parkeri* Brady; Parker: 233, figs. 167a-g; 168a- j.

Material: In the present study, *Quinqueloculina parkeri* Brady occurs as an abundant form in samples 3, 11 and 20, and as a frequent form in samples 2, 5, 13 and 17.

Geographical distribution: This species was recorded from several areas such as Hawaii Islands (Brady, 1881), northern Red Sea (Said, 1950), Solomon Islands (Hughes, 1977), East coast of India (Gandhi et al., 2002), southeastern Arabian Sea (Sarkar and Gupta, 2009) and Southwestern Pacific (Debenay, 2012).

Quinqueloculina plicosa Costa, 1856

(Figure 5. 20-22)

1856 *Quinqueloculina plicosa* COSTA: 322, pl. 25, fig. 2, 5, 7.

2000 *Quinqueloculina plicosa* COSTA; Al-Hitmi: 168, fig.2.

Material: In the present study, this species recorded as an abundant in samples 2, 9 and 13 and as a rare form in samples 5 and 11.

Geographical distribution: It was recorded from Nepal by Costa, 1856 and from the coastline of Qatar Peninsula by Al-Hitmi (2000).

Quinqueloculina poeyana d'Orbigny, 1839

(Figure 5. 23-25)

1839 *Quinqueloculina poeyana* D'ORBIGNY: 191, pl. 11, figs. 25-27.

2010 *Quinqueloculina poeyana* D'ORBIGNY; Issa: 6, pl. 1, fig. 5.

Material: The present species recorded as abundant in samples 5 and 11 and as a rare form in samples 2, 8 and 13.

Geographical distribution: *Quinqueloculina poeyana* D'ORBIGNY was recorded from the recent deposits of Cuba (d'Orbigny, 1839), North Carolina (Miller, 1953), California (Bandy, 1961), the Atlantic continental shelf of U.S.A. (Murray, 1969). Later it is recorded from Bahama West of Andros Island (Todd and low, 1971), Florida (Buzas and Severin, 1982), Bermuda islands (Javaux et al, 2003), coast of Iligan Bay, Mindanao, Philippines (Lacuna, et al., 2013) and from Yemen (El-Nakhal, 1980).

Quinqueloculina pseudoreticulata Parr, 1941

(Figure 6. 2-4)

1941 *Quinqueloculina pseudoreticulata* PARR: 177, pl. 9, figs. 2-3.

2009 *Quinqueloculina pseudoreticulata* PARR; Parker: 243, figs. 174a-j; 175a-h.

Material: In the present study, it is found as an abundant form in samples 2, 7 and 15, and as a rare form in samples 5 and 13.

Geographical distribution: Parr, 1994 described *Quinqueloculina pseudoreticulata* from the Australian coastlines, then it was described as cosmopolitan species by different authors such as Rocha and Ubaldo, 1964 from Australia; Bahafzallah, 1979 from Saudi Red Sea coastline; Bhalla and Nigam, 1979 and Ragothaman and Kumar, 1985 from Indian coastlines; and Parker, 2009 from Ningaloo Reef, Western Australia.

Quinqueloculina cf. *Q. rugosa* d'Orbigny, 1826

(Figure 6. 5-7)

1826 *Quinqueloculina rugosa* D'ORBIGNY: 302; no. 24.

1988 *Quinqueloculina* cf. *Q. rugosa* D'ORBIGNY; Haig: 234, pl. 8, figs. 1- 5.

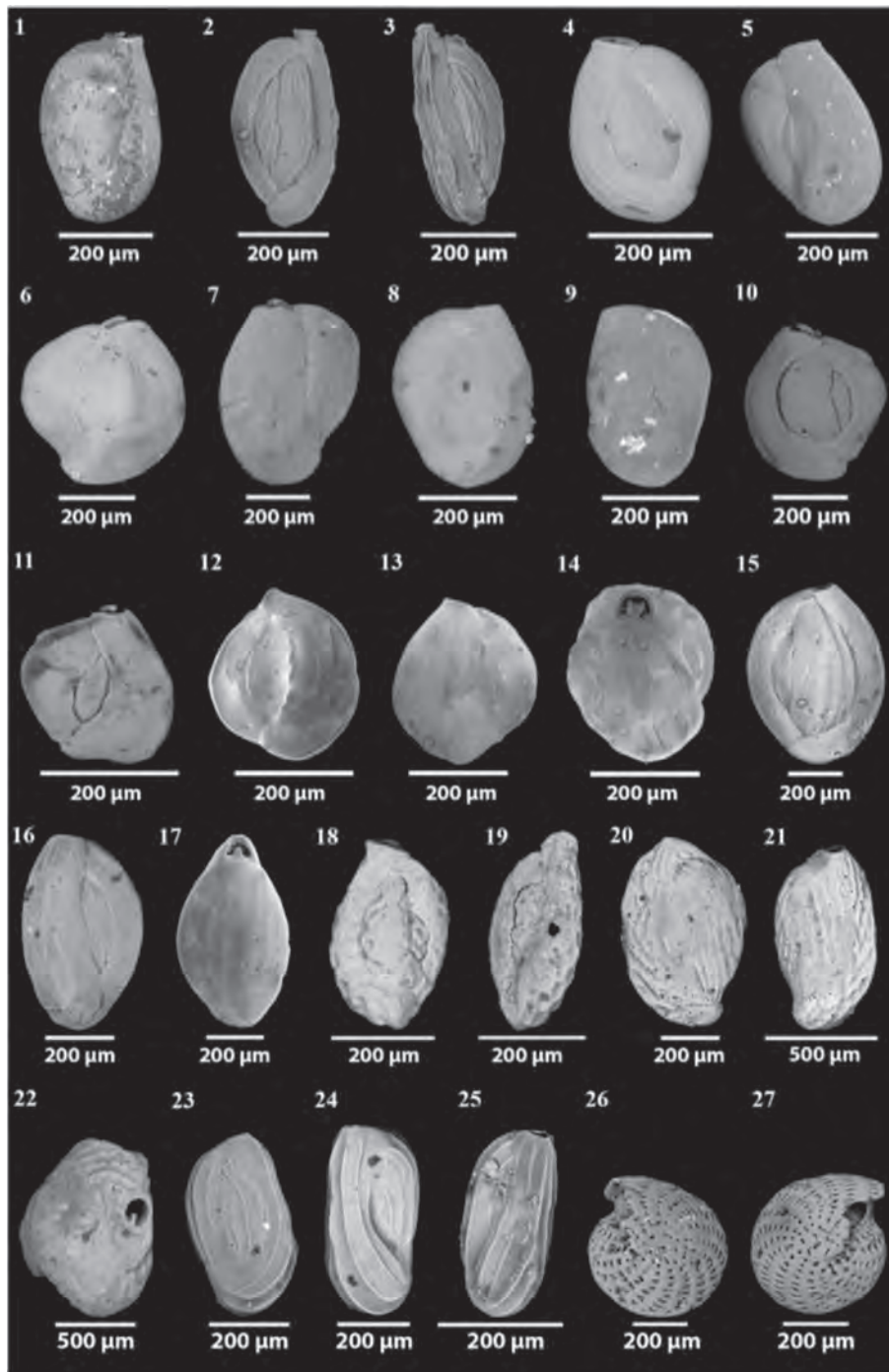


Figure 5. 1- *Quinqueloculina debenayi* Langer, side view; 2-3. *Quinqueloculina granulocostata* Germeraad, side views; 4-5. *Quinqueloculina jugosa* Cushman, side views; 6-7. *Quinqueloculina lamarckiana* d'Orbigny, side views; 8-9. *Quinqueloculina lata* Terquem, side views; 10-11. *Quinqueloculina multimarginata* Said, side views; 12-14. *Quinqueloculina neapolitana* Sgarrella and Moncharmont Zei, 12-13. Side views; 14. Apertural view; 15-17. *Quinqueloculina padana* Perconig, 15-16. Side views; 17. Apertural view; 18-19. *Quinqueloculina parkeri* Brady, side views; 20-22. *Quinqueloculina plicosa* Costa, 20-21. Side views; 22. Apertural view; 23-25. *Quinqueloculina poeyana* d'Orbigny, 23. Side view, 24-25. Oblique views; 26-27. *Elphidium advenum* Cushman, side views.

Material: In the present study, *Quinqueloculina* cf. *Q. rugosa* occurs as an abundant form in samples 2 and 5, and as a frequent form in samples 13 and 18.

Geographical distribution: This species was recorded from the North Pacific Ocean (Cushman, 1917) and Papuan Lagoon (Haig, 1988).

Quinqueloculina seminulum (Linné), 1758

(Figure 6. 8-10)

1758 *Serpula seminula* LINNÉ: 786. fig. 1 a-c.

2009 *Quinqueloculina seminula* (LINNAEUS); Parker: 251, figs. 180a-l; 181a-j; 182a-f.

Material: In the present study, this species recorded as an abundant in samples 2, 5, 9 and 18, and as a common form in samples 6, 10, 13 and 20.

Geographical distribution: This cosmopolitan species was originally described from the recent deposits of the Adriatic Sea (Linné 1758), it was later recorded from numerous localities such as Carolina (Miller, 1953), India (Bhatia, 1956, and Rao and Rao, 1974), Denmark (Haman, 1966), The Atlantic continental shelf of U.S.A. (Murray, 1969), Newfoundland (Sen Gupta, 1971), Solomon islands, Pacific Ocean (Hughes, 1977), France (Debenay et al., 2001), Hebridean shelf, west of Scotland (Murray, 2003), Eastern Mediterranean (Ofiaz, 2006) and Southwestern Pacific (Debenay, 2012).

Quinqueloculina subpolygona Parr, 1945

(Figure 6. 20-22)

1945 *Quinqueloculina subpolygona* PARR: 196: 12, figs. 2a-c.

2009 *Quinqueloculina subpolygona* PARR; Parker: 262, figs. 191a-j; 192a-l.

Material: In the present study, *Quinqueloculina subpolygona* occurs as an abundant form in

samples 1, 2, 7 and 18, and as a frequent form in samples 5, 10 and 13.

Geographical distribution: This species was recorded from New Zealand (Hayward et al., 1999) and Southwestern Pacific (Debenay, 2012).

Quinqueloculina cf. *Q. triangularis* d'Orbigny, 1846

(Figure 6. 23-26)

1846 *Quinqueloculina* cf. *Q. triangularis* D'ORBIGNY: 312.

2005 *Quinqueloculina* cf. *Quinqueloculina triangularis* D'ORBIGNY; Toefy et al.: 5, fig. 2F.

Material: In the present study, this species recorded as a common in samples 8, 13 and 20, and as a rare form in samples 2 and 5.

Quinqueloculina trigonula Terquem, 1876

(Figure 6. 27-28)

1876 *Quinqueloculina trigonula* TERQUEM: 84, pl. 12, fig. 4.

1975 *Quinqueloculina trigonula* TERQUEM; Levy et al.: 172. pl, figs. 10-15.

Material: In the present study, *Quinqueloculina trigonula* Terquem occurs as an abundant form in samples 2, 5, 13 and 16, and as a frequent form in samples 9 and 13.

Geographical distribution: This species was described from the northern shores of France (Terquem, 1876 and Levy et al., 1975).

Quinqueloculina undulosecostata Terquem, 1882

(Figure 7. 2-3)

1882 *Quinqueloculina undulosecostata* TERQUEM: 185, pl. 20. figs. 18-19.

1956 *Quinqueloculina undulosecostata* TERQUEM; Bhatia: 17, pl. 2, fig. 8.

Material: In the present study, this species recorded as an abundant in samples 1, 8 and 12 and as a rare form in samples 5, 8, 13 and 20.

Geographical distribution: *Quinqueloculina undulosecostata* Terquem was originally described from the Eocene of Paris (Terquem, 1882). It was later recorded from the recent deposits of the western shores of India (Bhatia, 1956).

Quinqueloculina vulgaris d'Orbigny, 1826

(Figure 6. 29; Figure 7. 1)

1826 *Quinqueloculina vulgaris* D'ORBIGNY, 302, fig. 33.

1980 *Quinqueloculina vulgaris* D'ORBIGNY; Steinker: 136, pl. 6, fig. 4.

Material: The presentspecies is recorded as an abundant form in samples 2, 5 and 18, and as a rare form in samples 7, 13 and 15.

Geographical distribution: This species was recorded from several regions such as the central west coast of India (Khare, 1992), Bermuda islands in the northwest Atlantic Ocean (Javaux et al., 2003) and Indian coast (Devi and Rajashekhar, 2009).

Quinqueloculina sp.1

(Figure 6. 11-13)

Description: Test quinqueloculine, subrectangular in lateral view; periphery and sides broadly rectangular to sub acute; chambers acutely angled, quadrangular in cross section; wall ornamented with numerous, slightly elliptical shallow pits evenly distributed over the surface of the test; sutures slightly depressed; aperture terminal, quadrangular, produced on short a neck, provided with long simple tooth.

Material: In the present study, this species recorded as an abundant form in samples 2, 5 and 17, and as a frequent in samples 9, 13, 14 and 19.

Quinqueloculina sp.2

(Figure 6. 17-19)

Description: Test elongate about two and a half longer than broad, somewhat triangular in end view, with five chambers visible in the adult;

chambers narrow with bicarinate margin; the two carinae merge towards the apertural end, giving a single high carina; oral end truncated and slightly produced, aboral end rounded and produced; sutures slightly depressed; wall finely striate, roughly finished; aperture terminal with a tall oval shape, with thickened peristomal lip; long thin tooth thickened at the tip.

Material: In the present study, it is recorded as an abundant form in samples 2 and 5 and as a rare form in samples 13 and 17.

Subfamily: Miliolinellinae Vella, 1957

Genus: *Miliolinella* Wiesner, 1931

Miliolinella subrotunda (Montagu), 1803

(Figure 7. 4-5)

1803 *Vermiculum subrotundum* MONTAGU: 521.

1929 *Quinqueloculina subrotunda* (MONTAGU); Cushman: 25, pl. 2, fig. 4.

2009 *Miliolinella subrotunda* (MONTAGU); Parker: 124, figs. 88a-j; 89a- g.

Material: In the present study, *Miliolinella subrotunda* (Montagu) occurs as an abundant form in samples 2 and 7 and as a rare form in samples 5, 9 and 13.

Geographical distribution: This species was recorded in Bahama West of Andros Island (Todd and low, 1971), France (Debenay et al., 2001), Bermuda islands (Javaux, et al., 2003), the Gulf of Iskenderun (Ofiaz, 2006), Indian coast (Devi and Rajashekhar, 2009), Maldives Ridge, southeastern Arabian Sea (Sarkar and Gupta, 2009), Southwestern Pacific (Debenay, 2012), western Mediterranean Sea (Milker Schmiedl, 2012) and the Egyptian Red Sea coast (Madkour, 2013).

Miliolinella sp.

(Figure 7. 6-7)

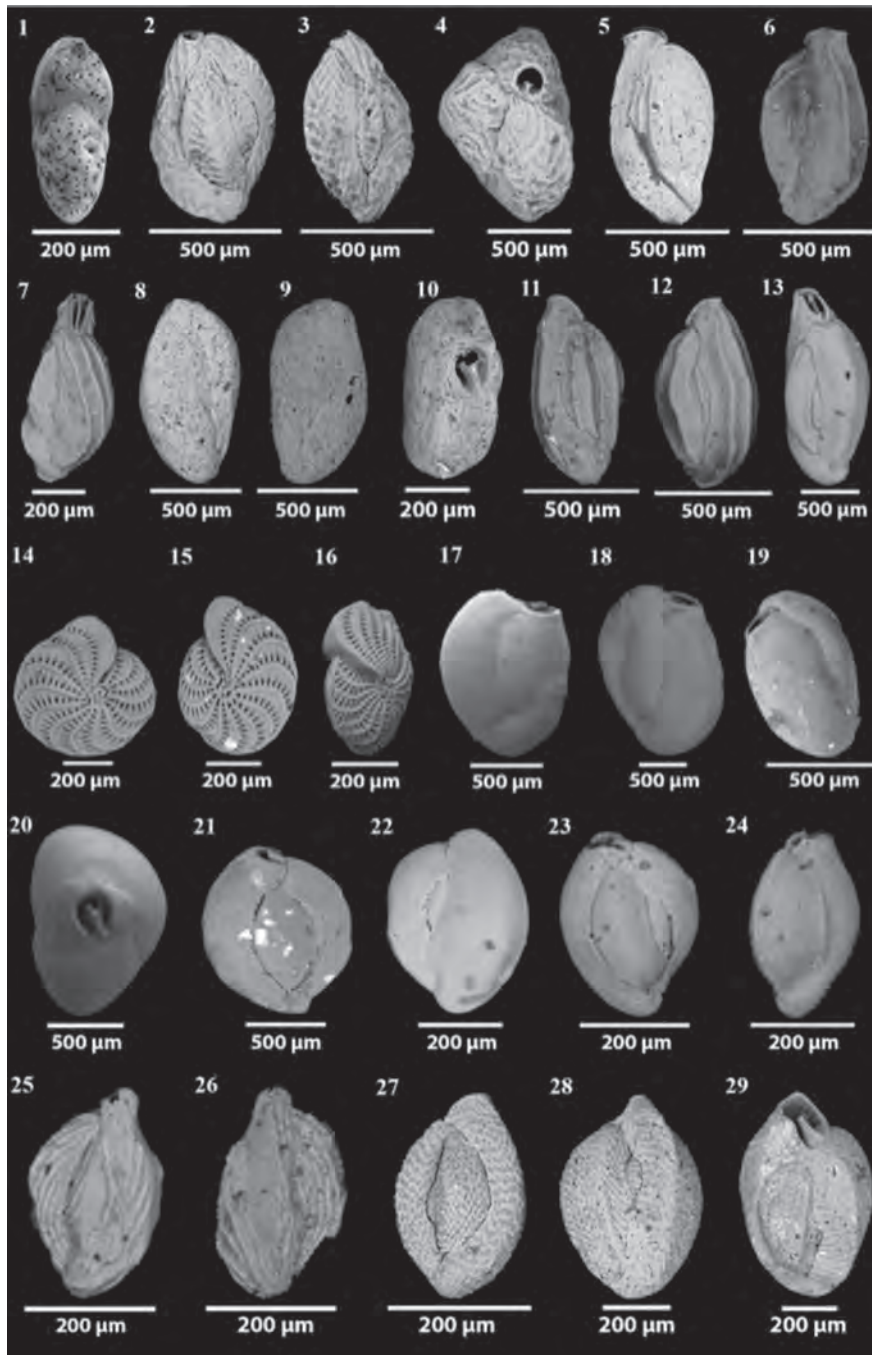


Figure 6. 1- *Elphidium advenum* Cushman, apertural view; 2-4. *Quinqueloculina pseudoreticulata* Parr, 2-3. Side views, 4. Apertural view; 5-7. *Quinqueloculina* cf. *Q. rugosa* d'Orbigny, 5-6. Side views; 7. Apertural view; 8-10. *Quinqueloculina seminulum* Linné, 8-9. Side views; 10. Apertural view; 11-13. *Quinqueloculina* sp.1, 11-12. Side views, 13. Apertural view; 14-16. *Elphidium macellum* Fichtel and Moll, 14-15. Side views; 16. Apertural view; 17-19. *Quinqueloculina* sp.2, 17-18. Side views, 19. Apertural view; 20-22. *Quinqueloculina subpolygona* Parr, 20-21. Side views; 22. Apertural view; 23-26. *Quinqueloculina* cf. *Q. triangularis* (d'Orbigny), 23. Side view, 24-25. Oblique view, 26. Apertural view; 27-28. *Quinqueloculina trigonula* Terquem, side views; 29. *Quinqueloculina vulgaris* d'Ortigny, side view.

Description: Test elliptical to circular in lateral view, flattened; early stage quinqueloculine, latter planispiral with two to three chambers per whorl, slowly increasing in width; wall smooth; aperture terminal, rectangular, compressed, at end of the last chamber.

Material: In the present study, this species recorded as frequent in samples 2, 5, 10 and 13.

Genus: *Pseudomassilina* Lacroix, 1938

Pseudomassilina pacificiensis Cushman, 1924

(Figure 7. 8-10)

1924 *Pseudomassilina pacificiensis*
CUSHMAN: 66, pl. 24, figs. 1-2.

1993 *Pseudomassilina pacificiensis*
CUSHMAN; Hottinger et al.: 54, pl. 42, figs. 1-4.

Material: In the present study, this species recorded as a rare form in samples 2, 7, 12 and 13.

Geographical distribution: This species was recorded from the Gulf of Aqaba, Red Sea (Hottinger et al., 1993) and from New Caledonia, Southwestern Pacific (Debenay, 2012).

Genus: *Pyrgo* (Defrance), 1824

Pyrgo oblonga (d'Orbigny), 1839

(Figure 7. 11)

1839 *Biloculina oblonga* D'ORBIGNY: 163, pl. 8, figs. 21-23.

1993 *Pyrgo oblonga* (D'ORBIGNY);
Hottinger et al.: 57, pl. 50, figs. 1-6.

Material: In the present study, *Pyrgo oblonga* (d'Orbigny) occurs as a rare form in samples 2, 5, 13 and 20.

Geographical distribution: This species was recorded from several areas worldwide such as the central Adriatic Sea (Morigi et al., 2005), Western Mediterranean shelf (Milker, 2010) and Southwestern Pacific (Debenay, 2012).

Pyrgo sp.

(Figure 7. 12-13)

Description: Test ovate in outline, slightly produced towards the aperture, inflated and subcircular in cross section; periphery obtusely angled to subrounded; wall smooth; chambers highly inflated and rotund with longitudinal two grooves elongates from base of test to the end of the last chamber, aperture subcircular provided with T-shaped tooth with a thin base.

Material: In the present study, this species recorded as frequent in samples 2, 5, 13 and 17.

Genus: *Triloculina* d'Orbigny, 1826

Triloculina affinis d'Orbigny, 1826

(Figure 7. 14)

1826 *Triloculina affinis* D'ORBIGNY: 299, pl. 2, figs. 9-10.

1993 *Triloculina affinis* D'ORBIGNY;
Hottinger et al.: 64, pl. 65, figs. 7-10; pl. 66, figs. 1-3.

Material: In the present study, *Triloculina affinis* d'Orbigny occurs as a rare form in samples 5, 7, 13 and 19.

Geographical distribution: This species was originally described from the Tertiary of France d'Orbigny (1826). It was later recorded from the recent deposits of Solomon Islands (Hughes, 1977), Southwestern Pacific (Debenay, 2012) and Red Sea (Madkour, 2013).

Triloculina brongniatiana D'Orbigny, 1826

(Figure 7. 15-17)

1826 *Triloculina Brongniatiana*
D'ORBIGNY: 300.

1973 *Triloculina Brongniatiana*
D'ORBIGNY; Brooks: 406, pl. 6, figs. 3-4.

Material: In the present study, it is recorded as an abundant form in samples 2, 9 and 18, and as a frequent form in samples 5 and 13.

Geographical distribution: D'Orbigny (1826) described *Triloculina Brongniartiana* from the recent deposits of Italy. It was recorded later from the southern coast of Puerto Rico (Brooks, 1973).

Triloculina elongotricarinata Debenay, 2013

(Figure 7. 18-19)

2013 *Triloculina elongotricarinata* DEBENAY: 136, 352, 379.

Material: In the present study, *Triloculina elongotricarinata* Debenay occurs as an abundant form in samples 2 and 13, and as a rare form in samples 5 and 16.

Geographical Distribution: This species was identified by Debenay, 2013 from the Southwestern Pacific New Caledonia, records this species.

Triloculina fichteliana d'Orbigny, 1839

(Figure 7. 20-21)

1839 *Triloculina fichteliana* D'ORBIGNY, 171, pl. 9, figs. 8-10.

1993 *Triloculina fichteliana* D'ORBIGNY; Hottinger et al.: 65, pl. 66, figs. 10-15.

Material: This species is recorded here as a common in samples 2, 4, 5 and 13.

Geographical distribution: This species was recorded from Eastern Pacific (Graham and Militante 1959), Western shore of Andros Island (Todd and low, 1971), Red Sea (Hottinger et al., 1993), southwestern coasts of Turkey (Meriç et al., 2009) and Southwestern Pacific (Debenay, 2012).

Triloculina insignis Brady 1884

(Figure 7. 22-23)

1884 *Triloculina insignis* BRADY: 165, p1.4, figs. 8-10.

1988 *Triloculina insignis* BRADY; Shareef and Venkatachalapathy: 434, p1. 2, figs. 7a-b.

Material: *Triloculina insignis* Brady is recorded as an abundant form in samples 2, 6, 12, and 18, and as a rare form in samples 5 and 13.

Geographical distribution: This species was identified from several regions areas in India (Khare, 1992 and Rana, 2009) and from New Zealand (Cameron, 1995).

Triloculina marioni Schlumberger, 1893

(Figure 7. 24)

1893 *Triloculinamarioni* SCHLUMBERGER: 204, pl. 1, figs. 38-41.

2004 *Triloculinamarioni* SCHLUMBERGER; Meriç et al.: 101, pl. 15, figs. 3-5.

Material: In the present study, this species recorded as a rare in samples 5, 8 and 13.

Geographical distribution: This species was recorded from several areas worldwide such as eastern Mediterranean, (Ofiaz, 2006), the Dardanelles Strait in Turkey (Meriç et al., 2009) and western Mediterranean Sea (Milker and Schmiedl, 2012).

Triloculina oblonga (Montagu), 1803

(Figure 7. 25; Figure 8. 1-2)

1803 *Vermiculum oblongum* (MONTAGU): 522, pl. 14, fig. 9.

1839 *Triloculina oblonga* (Montagu); d'Orbigny, p. 175, pi. 10, figs. 3-5.

2009 *Triloculina oblonga* MONTAGU; Avsar et al.: 134, pl. 1, fig. 24.

Material: In the present study, *Triloculina oblonga* (Montagu) occurs as an abundant form in samples 2 and 12, and as a frequent form in samples 5 and 13.

Geographical distribution: This species was described from the recent deposits of Devonshire, England (Montagu, 1803). It was later recorded from Bahama West of Andros Island (Todd and low, 1971), Mukha area, Red Sea (El-Nakhal, 1984), Karwar, central west coast of India (Khare, 1992), Bermuda islands (Javaux et al., 2003), Eastern Mediterranean (Ofiaz, 2006) and Turkey (Meriç et al., 2009).

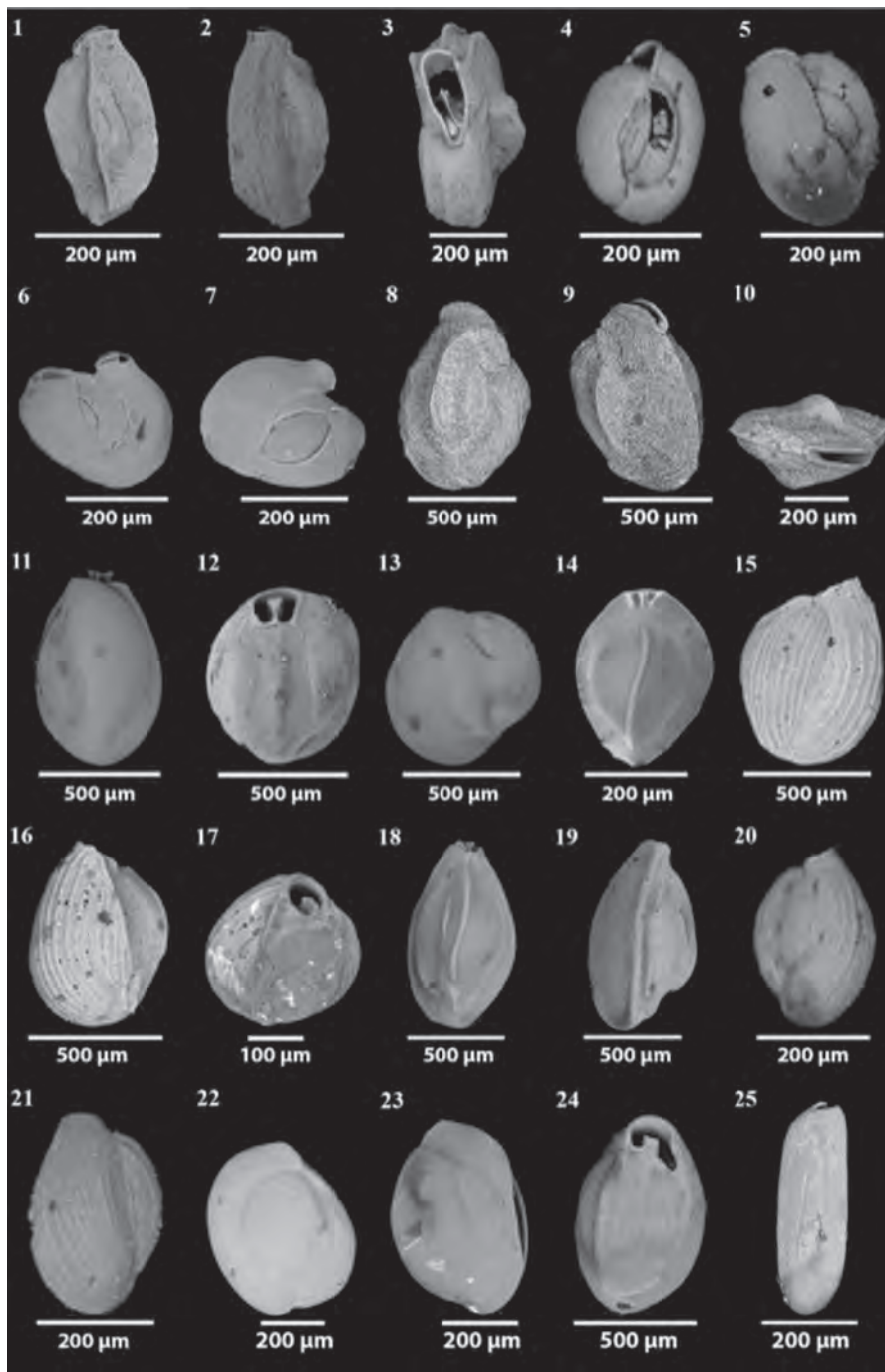


Figure 7. 1- *Quinqueloculina vulgaris* d'Ortign, side view; 2-3. *Quinqueloculina undulosecostata* Terquem, side views; 4-5. *Miliolinella subrotunda* Montagu, side views; 6-7. *Miliolinella* sp., side views; 8-10. *Pseudomassilina pacificiensis* Cushman, 8-9. Side views, 10. Apertural view; 11. *Pyrgo oblonga* d'Orbigny, side view; 12-13. *Pyrgo* sp., side views; 14. *Triloculina affinis* d'Orbigny, side view; 15-17. *Triloculina brongniatiana* D'Orbigny, 15-16. Side views, 17. Apertural view; 18-19. *Triloculina elongotricarinata* D'Orbigny, side views; 20-21. *Triloculina fichteliana* d'Orbigny, side views; 22-23. *Triloculina insignis* Brady, side views; 24. *Triloculina marioni* Schlumberger, side view; 25. *Triloculina oblonga* Montagu, side view.

Triloculina plicata Terquem, 1876

(Figure 8. 3-4)

1876 *Triloculina plicata* TERQUEM: 61, pl. 6, fig. 2.

2005 *Triloculina plicata* TERQUEM; Rasmussen: 67, pl. 5, fig. 5.

Material: In the present study, this species recorded as frequent in samples 2, 7 and 13.

Geographical distribution: This species was recorded from several areas such as Eastern Mediterranean (Ofiaz, 2006), the Dardanelles Strait in Turkey (Meriç et al., 2009) and western Mediterranean Sea (Milker and Schmiedl, 2012).

Triloculina rotunda d'Orbigny, 1826

(Figure 8. 5-6)

1826 *Triloculina rotunda* D'ORBIGNY: 299, fig. 4.

1977 *Triloculina rotunda* D'ORBIGNY; Lagoe: 106, 129.

Material: In the present study, this form is recorded frequently in samples 2, 5 and 17.

Geographical distribution: *Triloculina rotunda* d'Orbigny was originally described from the recent deposits the Adriatic Sea, Italy (d'Orbigny, 1826 and 1839). It was later recorded from the shore sands of western India (Bhatia, 1956), the coast of Puerto Rico (Brooks, 1973), the Central Arctic Ocean (Lagoe, 1977), Bermuda islands (Javaux et al., 2003), Indian coast (Devi and Rajashekhar, 2009) and New Caledonia, Southwestern Pacific (Debenay, 2012).

Triloculina terquemiana (Brady), 1884

(Figure 8. 7-9)

1884 *Miliolina terquemiana* BRADY: 166, pl. 114, fig. 1.

2009 *Triloculina barnardi* RASHEED; Parker: 358, figs. 260a-m.

Material: In the present study, it is recorded as a rare form in samples 2, 9 and 13.

Geographical distribution: Brady, 1984, described *Triloculina terquemiana* from the shallow water of Ceylon and Madagascar. It was later recorded from the shore sands of western India (Bhatia, 1956), Indian coasts (Rana, 2009 and Devi et al., 2009) and Southwestern Pacific (Debenay, 2012).

Triloculina tricarinata d'Orbigny, 1826

(Figure 8. 10-12)

1826 *Triloculina tricarinata* D'ORBIGNY: 299, pl. 1, fig. 8.

2005 *Triloculina tricarinata* D'ORBIGNY; Rasmussen: 67, pl. 5, fig. 6.

Material: In the present study, *Triloculina tricarinata* d'Orbigny occurs as a frequent form in samples 2, 11, 13 and 20.

Geographical distribution: This species was recorded from central Adriatic Sea (Morigi et al., 2005), Eastern Mediterranean (Ofiaz, 2006), Central east coast of India (Rana, 2009), southeastern Arabian Sea (Sarkar and Gupta, 2009), Indonesia (Suhartati and Muchlisin, 2012), Aegean Sea (Koukousioura et al., 2012) and Red Sea (Madkour, 2013).

Triloculina trigonula (Lamarck), 1804

(Figure 8. 13-14)

1804 *Miliolites trigonula* LAMARCK: 35, pl. 17, fig. 4.

2009 *Triloculina trigonula* (LAMARCK); Parker: 366, figs. 266a-k; 267a-k.

Material: In the present study, it is recorded as an abundant form in samples 2, 8 and 14, and as a rare form in samples 13 and 19.

Geographical distribution: This cosmopolitan species was described from the Eocene of France (Lamarck, 1804). It was later recorded from

the recent deposits of several parts of the world such as the Gulf of California (Bandy, 1961), the Atlantic Continental Shelf, U.S.A. (Murray, 1969), Bahama West of Andros Island (Todd and low, 1971), Mediterranean coast of Egypt (Samir et al., 2003), Indian coast (Devi and Rajashekhar, 2009), Aegean Sea (Koukousioura et al., 2012) and coast of Iligan Bay, Mindanao, Philippines (Lacuna, et al., 2013).

Triloculina trihedra Loeblich and Tappan, 1953

(Figure 8. 15-16)

1953 *Triloculina trihedra* LOEBLICH and TAPPAN: 45, pl. 4. fig. 10.

1980 *Triloculina trihedra* LOEBLICH and TAPPAN; El-Nakhal: 44, pl. 3, figs. 4- 6.

Material: In the present study, it is found as abundant form in samples 2, 5, 9 and 18 and as a common form in samples 3 and 13.

Geographical distribution: *Triloculina trihedra* Loeblich and Tappan was described from the recent deposits of the Arctic Ocean, north Alaska and Greenland by Loeblich and Tappan (1953) and Lago (1977) and from the Red Sea coastline of Yemen (El-Nakhal, 1980, 1984).

Subfamily: Sigmolinitinae Luczkowska, 1974

Genus: *Sigmohauerina* Zheng, 1979

Sigmohauerina bradyi (Cushman), 1917

(Figure 8. 17-19)

1917 *Hauerina bradyi* CUSHMAN; p. 62, Pl. 23, Figure 2.

1994 *Sigmohauerina bradyi* (CUSHMAN); Jones: 27, pl. 11, figs. 12-13.

Material: In the present study, it is recorded as a frequent form in samples 5, 13, 16 and 20.

Geographical distribution: This form was recorded by Cushman, 1917 from the North Pacific Ocean and from the Gulf of Aqaba by Hottinger et al., 1993.

Family: Miliolidae Ehrenberg, 1839

Subfamily: Miliolinae Ehrenberg, 1839

Genus: *Rupertlanella* Loeblich and Tappan, 1985

Rupertianella rupertiana Brady, 1884

(Figure 8. 20-21)

1884 *Rupertianella rupertiana* BRADY, 354.

Material: In the present study, *Rupertianella rupertiana* Brady occurs as an abundant form in samples 2, 5, 12 and 13.

Geographical distribution: It was recorded from Palk Strait, India (Gandhi et al., 2002).

Super family: Alveolinoidea Ehrenberg, 1839

Family: Alveolinidae Ehrenberg, 1839

Genus: *Borelis* de Montfort, 1808

Borelis schlumbergeri Reichel, 1937

(Figure 8. 24)

1937 *Nealveolina pygmaea* (Hanzawa) schlumbergeri – REICHEL: 110, pl. 10, figs. 1-3.

1979 *Borelis schlumbergeri* REICHEL; Bahafzallah: 182, pl. 15, figs. 11-12.

1997 *Borelis schlumbergeri* REICHEL; Haig: 270, fig. 3.

Material: In the present study, it is recorded as an abundant form in samples 2, 7, 14 and 19 and as a common form in samples 5 and 13.

Geographical distribution: This species was originally described by Reichel (1937) from Madagascar. It has been recorded from different areas along the Red Sea coastline (Said, 1949, Bahafzallah, 1979, Hottinger et al., 1993 and Madkour, 2013) and from Exmouth Gulf, Western Australia (Haig, 1997).

Superfamily: Soritoidea Ehrenberg, 1839

Family: Peneroplidae Schultze, 1854

Genus: *Coscinospira* (Ehrenberg, 1839)

Coscinospira hemprichii Ehrenberg, 1839

(Figure 8. 25-27; Figure 9. 1)

1839 *Coscinospira hemprichii* EHRENBERG: 131 pl. 2, fig. 2.

2006 *Coscinospira hemprichii* EHRENBERG; Yalcin et al.: 38, pl. 3, figs. 1-2.

Material: In the present study, *Coscinospira hemprichii* Ehrenberg occurs as an abundant form in samples 1, 6, 10 and 13, and as a rare form in samples 2 and 11.

Geographical distribution: This species was recorded from Yemen (El-Nakhal, 1993), Western Australia (Haig, 1997), Turkey (Yalcin et al., 2006) and New Caledonia, Southwestern Pacific (Debenay, 2012).

Geographical distribution: *Peneroplis pertusus* (Forsk.) was originally described by Forskal (1775) as *Nautilus pertusus*. It was later recorded from Florida (Buzas and Severin, 1982), Eastern Mediterranean (Ofiaz, 2006), Central east coast of India (Rana, 2009), the Dardanelles Strait in Turkey (Meriç et al., 2009), Indonesia (Suhartati and Muchlisin, 2012), Aegean Sea (Koukousioura et al., 2012), the Egyptian Red Sea coast (Madkour, 2013) and from the Philippines (Lacuna, et al., 2013).

Peneroplis planatus (Fichtel and Moll) 1798
(Figure 9. 10-11)

1798 *Nautilus planatus* FICHTEL AND MOLL: 91-94, pl. 16, figs. a-h.

1988 *Peneroplis planatus* (FICHTEL AND MOLL); Loeblich and Tappan: 371, pl. 391, figs. 7-8.

2002 *Peneroplis planatus* (FICHTEL AND MOLL); Hyams et al.: 174, pl. 1, fig. 13.

Material: In the present study, *Peneroplis planatus* (FICHTEL AND MOLL) occurs as an abundant form in samples 5, 10, 11 and 16, and as a rare form in samples 13 and 20.

Geographical distribution: This cosmopolitan species was originally described

from the coast of Italy by (Fichtel and Moll, 1798). It was later recorded from southern Thailand (Jumnongthai, 1980), East Coast of India (Gandhi and Rajamanickam, 2002), eastern Mediterranean, (Ofiaz, 2006) and Philippines (Lacuna, et al., 2013).

Family: Soritidae Ehrenberg, 1839

Subfamily: Soritinae Ehrenberg, 1839

Genus: *Sorites* Ehrenberg, 1839

Sorites marginalis Lamarck, 1816

(Figure 9. 12-13)

1816 *Sorites marginalis* LAMARCK: 196.

1994 *Sorites marginalis* LAMARCK; Loeblich and Tappan: 62, pl. 112, figs. 1-5.

Material: In the present study, this species is recorded as abundant in samples 2 and 13 and as a frequent form in samples 5 and 15.

Geographical distribution: This species has been recorded from the Red Sea by (Said, 1949 and Madkour, 2013).

Sorites orbiculus (Forsk.), 1775

(Figure 9. 14-15)

1775 *Nautilus orbiculus* FORSKAL: 125.

1987 *Sorites orbiculus* (FORSKAL); Baccaert: 70, pl. 27, fig. 2; pl. 28, figs. 1-2; pl. 29, fig. 1.

2009 *Sorites orbiculus* (FORSKAL); Parker: 336, figs. 244a-g; 245a-h.

Material: In the present study, *Sorites orbiculus* (Forsk.) occurs as a common form in samples 2, 5, 12 and 13.

Geographical distribution: The present species was recorded from several areas worldwide such as Yemeni Red Sea coastline (El-Nakhal, 1980 and 1993), Egyptian Mediterranean coast (Samir et al., 2003), Eastern Mediterranean (Ofiaz, 2006), Central east coast of India (Rana, 2009), the Dardanelles Strait in Turkey (Meriç et al., 2009) and Southwestern Pacific (Debenay, 2012).

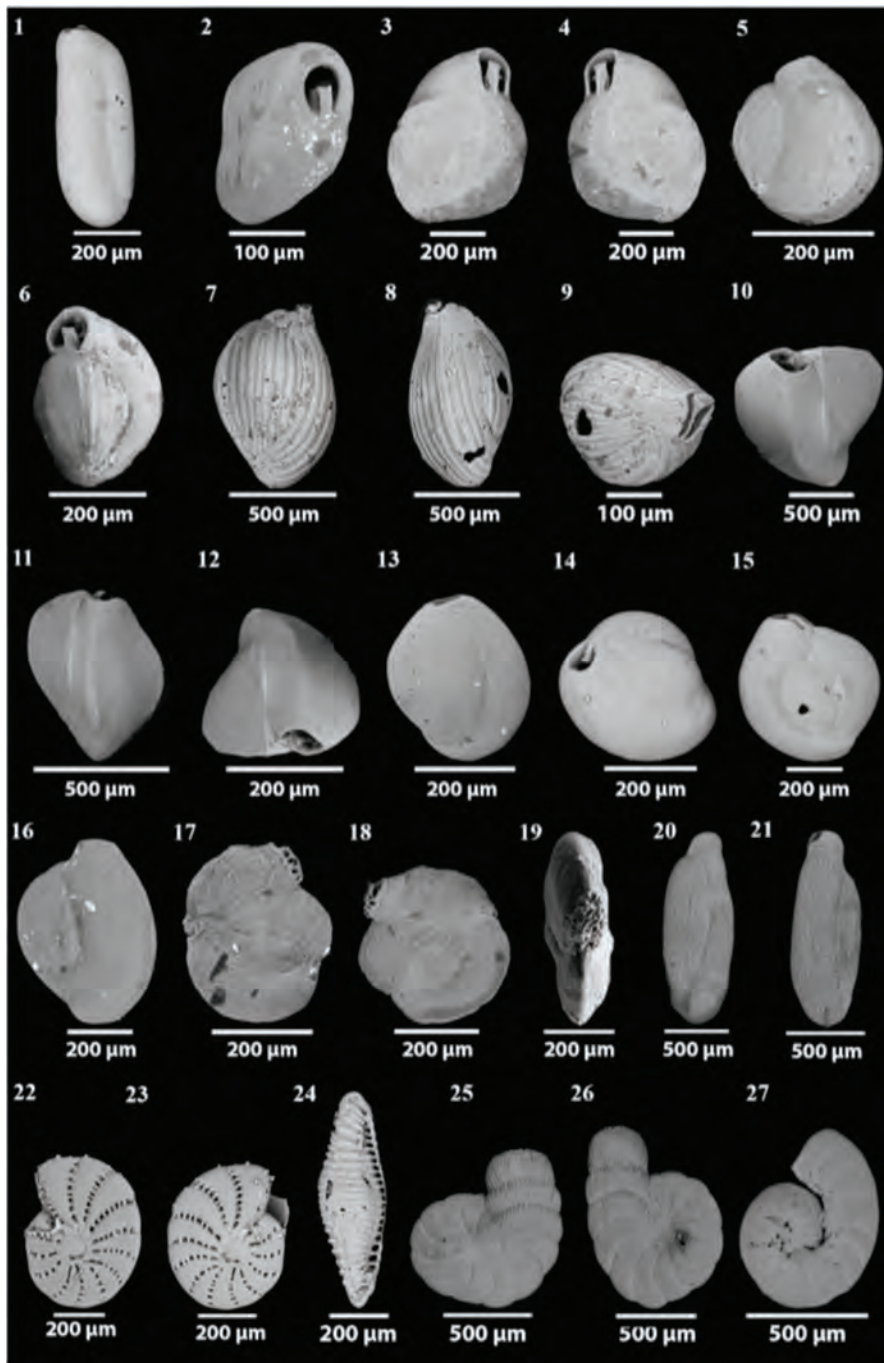


Figure 8. 1-2. *Triloculina oblonga* Montagu, 1. Side view; 2. Apertural view; 3-4. *Triloculina plicata* Terquem, side views; 5-6. *Triloculina rotunda* d'Orbigny, 5. Side views, 6. Apertural view; 7-9. *Triloculina terquemiana* Brady, 7-8. Side views; 9. Apertural view; 10-12. *Triloculina tricarinata* d'Orbigny, 10-11. Side views; 12. Apertural view; 13-14. *Triloculina trigonula* Lamarck, 13. Side view, 14. Apertural view; 15-16. *Triloculina trihedra* Loeblich and Tappan, side views; 17-19. *Sigmoihauerina bradyi* Cushman, 17-18. Side views, 19. Apertural view; 20-21. *Repertianella rupertiana* Brady, side views; 22-23. *Elphidium gerthi* Van Voorthuysen, side views; 24. *Borelis schlumbergeri* Reichel, side view; 25-27. *Coscinospira hemprichii* Ehrenberg, side views.

Genus: *Peneroplis* de Montfort, 1808

Peneroplis arietinus (Batsch) 1791

(Figure 9. 2-4)

1791 *Nautilus arietinus* BATSCH: 3, pl. VI, figs. 15d-f.

1988 *Peneroplis arietinus* (BATSCH); Loeblich and Tappan: 371, pl. 391, figs. 11-12.

1994 *Peneroplis arietinus* (BATSCH); Gudmundsson: 113, text-Figs 21-22; pl. 2, fig. 3; pl. 3, fig. 2.

Material: In the present study, it is recorded as a common form in samples 2, 5, 8 and 13.

Geographical distribution: *Peneroplis arietinus* (Batsch) was originally described by Batsch (1791) from recent sand of Italy. It was later recorded from Northeast of Australia (Baccaert, 1987), Southeastern China Sea (Hatta and Ujiie, 1992), eastern Mediterranean, (Oflaz, 2006) and from the Egyptian Red Sea coast (Madkour, 2013).

Peneroplis bradyi Cushman, 1930

(Figure 9. 5-6)

1930 *Peneroplis bradyi* CUSHMAN: 40, pl. 14, figs. 8-10.

1971 *Peneroplis bradyi* CUSHMAN; Bock: 33, pl. 13, fig. 8.

Material: In the present study, it is found as abundant form in samples 2, 9 and 13 and as a rare form in samples 1 and 5.

Geographical distribution: This form was described from Montego Bay, Jamaica, (Cushman, 1930), and from the Bahama West of Andros Island (Todd and Low, 1971).

Peneroplis pertusus (Forsk), 1775

(Figure 9. 7-9)

1775 *Nautilus pertusus* FORSKAL: 125.

1917 *Peneroplis pertusus* (FORSKAL); Cushman: 86, pl. 37, figs. 1-2, 6.

2009 *Peneroplis pertusus* (FORSKAL); Parker: 152, figs. 108a-h, 109i-l.

Material: In the present study, it is recorded as a frequent form in samples 3, 5, 13 and 17.

Suborder: Lagenina Delage and Herouard, 1896

Superfamily: Nodosaroidea Ehrenberg, 1838

Family: Nodosariidae Ehrenberg, 1838

Subfamily: Plectofrondiculariinae Cushman, 1927

Genus: *Amphimorphina* Neugeboren, 1850

Amphimorphina butonensis Keyzer, 1953

(Figure 9. 16-17)

1998 *Amphimorphina butonensis* KEYZER; Loeblich and Tappan: 114, pl. 44, figs. 12-14.

1999 *Amphimorphina butonensis* KEYZER; Eagle et al.: 59, fig. 10.

Material: In the present study, *Amphimorphina butonensis* Keyzer is recorded as a rare form in samples 2, 13 and 16.

Geographical distribution: This species was recorded from Buton Island, Indonesia by Keyzer, 1953 and then from the Mathesons Bay, Auckland by Eagle et al., 1999.

Family: Ellipsolagenidae Silvestri, 1923

Subfamily: Ellipsolageninae Silvestri, 1923

Genus: *Fissurina* Reuss, 1850

Fissurina sp.

(Figure 9. 18)

Description: Test is subrounded outline and ovate in section. Wall calcareous, coarser perforations, surface coarsely with a rounded margin; the aperture is terminal at the end of a short neck.

Material: This form is recorded here as a frequent manner in samples 2, 10, 13 and 19.

Suborder: Rotaliina Delage and Herouard, 1896

Superfamily: Bolivinoidea Glaessner, 1937

Family: Bolivinidae Glaessner, 1937

Genus: *Bolivina* d'Orbigny, 1839

Bolivina pseudoplicata Heron-Allen and Earland, 1930

(Figure 9. 19-21)

1930 *Bolivina pseudoplicata* HERON-ALLEN and EARLAND: 81, pl. 3, figs. 36-40.

2005 *Bolivina pseudoplicata* HERON-ALLEN and EARLAND; Rasmussen: 80, pl. 9, figs. 16-17.

Material: In the present study, *Bolivina pseudoplicata* Heron-Allen and Earland occurs as an abundant form in samples 2, 5 and 14 and as a rare form in samples 8.

Geographical distribution: This species was recorded from several areas such as Northern New Zealand (Hayward et al., 1999), North American Pacific coast from California (Culver and Buzas, 1986), France (Debenay et al., 2001) and from the western Mediterranean Sea (Milker et al., 2012).

Bolivina pseudopunctata Höglund, 1947

(Figure 9. 22-24)

1947 *Bolivina pseudopunctata* HÖGLUND: 273, pl. 24, fig. 5a; pl. 32, figs. 23-24.

2006 *Bolivina pseudopunctata* HÖGLUND; LLOYD: 323, pl. 2, fig.c.

Material: This species is recorded here as a common in samples 2, 6, 13 and 19.

Geographical distribution: *Bolivina pseudopunctata* Höglund was recorded from the Caribbean Region (Culver and Buzas, 1982), Hebridean shelf, west of Scotland (Murray, 2003), King George Island, West Antarctica (Majewski, 2007), West Greenland (Lloyd, 2006)

and Maldives Ridge, southeastern Arabian Sea (Sarkar, and Gupta, 2009).

Bolivina variabilis (Williamson), 1858)

(Figure 9. 25; Figure 10. 2)

1858 *Textularia variabilis* WILLIAMSON: 76, pl. 6, figs. 162-163.

1965 *Bolivina variabilis* (WILLIAMSON); Phleger: 51, pl. 1, fig 8.

2005 *Bolivina variabilis* (WILLIAMSON); Debenay et al.: 336, pl. 3, fig. 4.

Material: In the present study, *Bolivina variabilis* (Williamson) occurs as a frequent form in samples 2 and 7.

Geographical distribution: This species was recorded by Culver and Buzas, 1980, 1982 and 1986 from the North American Atlantic Coast, Caribbean Region and North American Pacific Coast from California respectively. It was recorded also from France (Debenay et al., 2001), Bermuda islands (Javaux, et al., 2003) and Indian coast (Devi and Rajashekhar., 2009).

Superfamily: Buliminoidea Jones, 1875

Family: Siphogenerinoididae Saidova, 1981

Subfamily: Siphogenerinoidinae Saidova, 1981

Genus: *Sagrinella* Saidova, 1975

Sagrinella lobata Brady, 1881

(Figure 10. 3-5)

1881 *Sagrinella lobata* BRADY: 58.

1993 *Sagrinella lobata* BRADY; El-Nakhal: 271.

Material: In the present study, *Sagrinella lobata* occurs as an abundant form in samples 5, 8 and 13, and as a rare form in samples 2, 15 and 19.

Geographical distribution: Brady (1881) described *Sagrinella lobata* from the Pacific Ocean and then it was recorded from Salif coast in Yemen, by El- Nakhal, 1993.

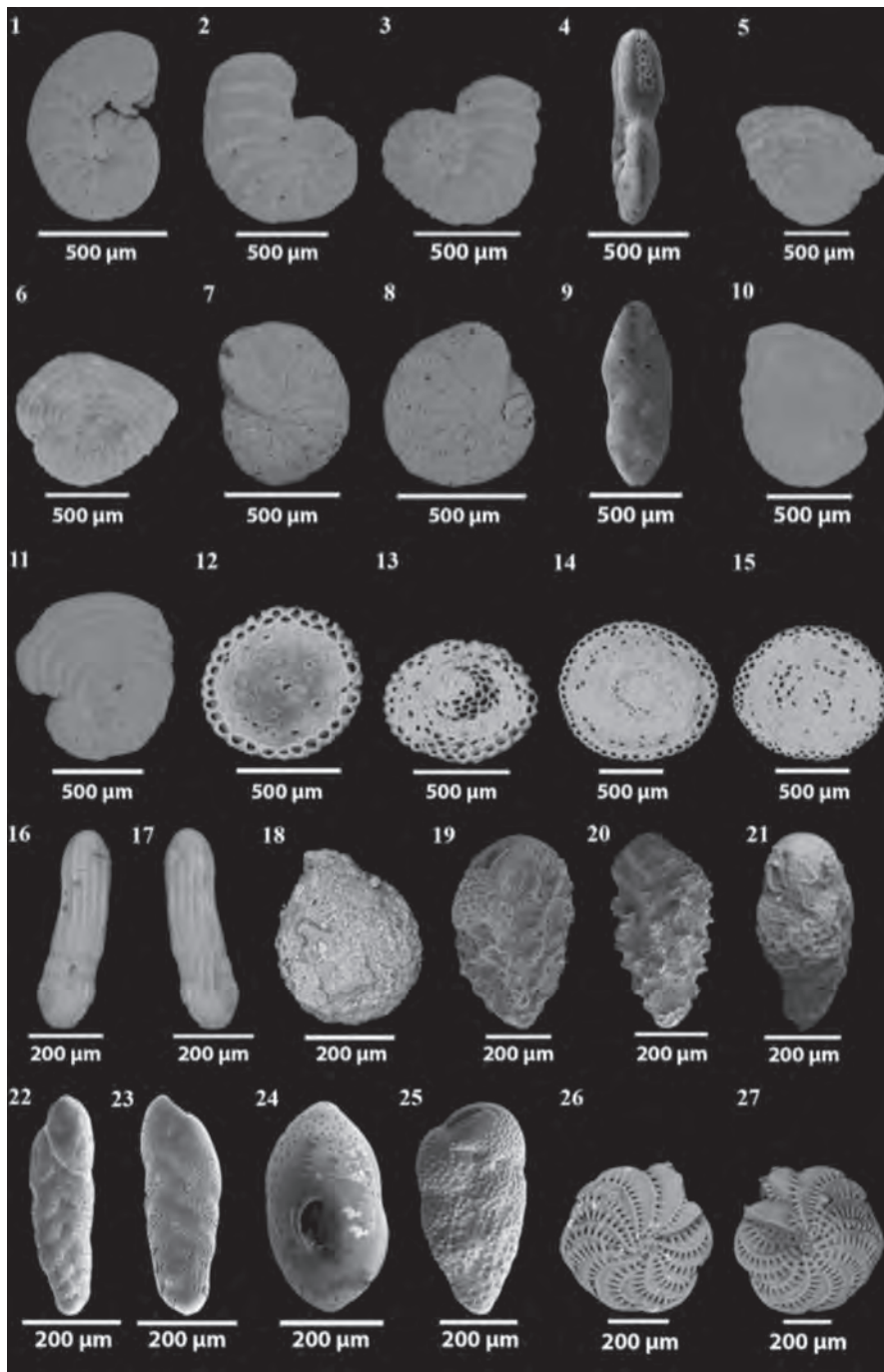


Figure 9. 1- *Coscinospira hemprichii* Ehrenberg, side view; 2-4. *Peneroplis arietinus* Batsch, 2-3. Side views, 4. Apertural view; 5-6. *Peneroplis bradyi* Cushman, side views; 7-9. *Peneroplis pertusus* Forskal, 7-8. Side views; 9. Apertural view; 10-11. *Peneroplis planatus* Fichtel and Moll, side views; 12-13. *Sorites marginalis* Lamarck, side views; 14-15. *Sorites orbiculus* Forskal, side views; 16-17. *Amphimorphina butonensis* Keyzer, side views; 18. *Fissurina* sp., side view; 19-21. *Bolivina pseudoplicata* Heron-Allen and Earland, 19-20. Side view; 21. Edge view; 22--24. *Bolivina pseudopunctata* Høglund, 22-23. Side views, 24. Apertural view; 25. *Bolivina variabilis* Williamson, side view; 26-27. *Elphidium margaritaceum* Cushman, side views.

Family: Reussellidae Cushman, 1933

Genus: *Reussella* Galloway, 1933

Reussella spinulosa (Reuss) 1850

(Figure 10. 6-7)

1850 *Verneuilina spinulosa* REUSS: 347, pl. 47, fig. 12a-c.

2009 *Reussella spinulosa* (REUSS); Milker et al.: 218, pl. 3, figs. 4-5.

Material: In the present study, this species recorded as frequent in samples 5, 10, 13, and 20.

Geographical distribution: This species was recorded from several areas worldwide such as the North American Atlantic Coast, the Caribbean Region and (Culver and Buzas, 1980 and 1982), east coast of India (Gandhi and Rajamanickam, 2002), the Pakistan continental margin, Arabian Sea (Schumacher et al., 2007) and from Philippines (Lacuna, et al., 2013).

Super Family: Discorboidea Ehrenberg, 1838

Family: Eponididae Hofker, 1951

Subfamily: Eponidinae Hofker, 1951

Genus: *Eponides* de Montfort, 1808

Eponides repandus (Fichtel and Moll), 1798

(Figure 10. 8-9)

1798 *Nautilus repandus* FICHTEL and MOLL: 35, pl. 3, figs. a-d.

2009 *Eponides repandus* (FICHTEL and MOLL); Parker: 603, figs. 429a-f.

Material: In the present study, *Eponides repandus* Fichtel and Moll occurs as a common form in samples 2, 7 and 13.

Geographical distribution: This species was recorded from several regions such as Karwar, central west coast of India bordering the Arabian Sea (Khare, 1992) and from New Caledonia, Southwestern Pacific (Debenay, 2012).

Family Rosalinidae Reiss, 1963

Genus: *Rosalina* d'Orbigny, 1826

Rosalina anomala Terquem, 1875

(Figure 10. 10-11)

1973 *Rosalina anomala* TERQUEM; Haynes: 150, pl. 17, figs. 1-3; pl. 19, fig. 2; text-fig. 28.

2009 *Rosalina floridensis* CUSHMAN; Milker et al.: 218, pl. 3, figs. 18-19.

Material: In this study, it is recorded as an abundant form in samples 1, 7 and 13, and as a rare form in samples 2, 5 and 11.

Geographical distribution: This species was recorded from several areas such as the Atlantic Ocean (Cushman, 1931), the Hebridean shelf, west of Scotland (Murray, 2003), Kosterfjord, south west Sweden (Wisshak et al., 2006) and from the Western Mediterranean Sea (Milker et al., 2009).

Rosalina bradyi Cushman, 1915

(Figure 10. 12-15)

1991 *Rosalina bradyi* CUSHMAN; CIMERMAN and LANGER: 66, pl. 71, figs. 1-5.

2008 *Rosalina bradyi* CUSHMAN; Abu-Zied et al.: 52, pl. 2, figs. 28-29.

Material: *Rosalina bradyi* Cushman occurs as an abundant form in samples 4 and 6, and as a frequent form in samples 2, 8 and 13.

Geographical distribution: This species was recorded from several areas worldwide such as Port Joinville Harbor, France (Debenay et al., 2001), Australia (Nobes and Uthicke, 2008), eastern Mediterranean (Abu-Zied et al., 2008), the Dardanelles Strait in Turkey (Meriç et al., 2009) and Indian coast (Devi and Rajashekhar, 2009).

Rosalina globularis d'Orbigny, 1826

(Figure 10. 16-17)

1826 *Rosalina globularis* D'ORBIGNY: 271, pl. 13, figs. 1-4.

2009 *Rosalina globularis* D'ORBIGNY; Parker: 718; figs. 504a-l.

Material: The present species is recorded as a common from samples 5, 7, 13 and 18.

Geographical distribution: *Rosalina globularis* D'ORBIGNY was recorded from France (Debenay et al., 2001), Hebridean shelf, west of Scotland (Murray, 2003), southeastern Arabian Sea (Sarkar and Gupta, 2009), Turkey (Meriç et al., 2009) and coastal plains in the Aegean Sea (Koukousioura et al., 2012).

Rosalina sp.

(Figure 10. 18-19)

Description: Test trochospiral, ovate and convex on the spiral side, peripheral margin broadly rounded; the wall is calcareous, hyaline and perforate; sutures are depressed and backward curved on the spiral side; the first chamber is very big, ovate, convex, and finely perforate, later chambers can be coarsely perforate, About five inflated chambers are visible in the final whorl on the spiral side; umbilical side is evolute with triangular and perforate chambers, umbilicus is open; aperture is an interiomarginal, extraumbilical arched slit, extending from the periphery to the umbilicus.

Material: In the present study, this species recorded as a rare in samples 2 and 13.

Superfamily: Planorbuloidea Schwager, 1877

Family: Planulinidae Bermúdez, 1952

Genus: *Hyalinea* Hofker, 1951

Hyalinea balthica (Schroeter), 1783

(Figure 10. 20-21)

1783 *Nautilus balthicus* SCHROETER: 20, pl. 1, fig. 2.

1988 *Hyalinea balthica* (SCHROETER); Loeblich and Tappan: 167, pl. 632, figs. 5-8.

2009 *Hyalinea balthica* (SCHROETER); Frezza and Carboni: 57, pl. 2, fig. 18.

Material: In the present study, *Hyalinea balthica* Schroeter occurs as a frequent form in samples 1, 5 and 13.

Geographical distribution: This species was recorded from several areas such as Eastern Mediterranean (Parker, 1958), Marmara Sea (Kaminski et al., 2002), the Hebridean shelf, west of Scotland (Murray, 2003), Kallithea Bay, Greece (Rasmussen, 2005) and Northern Tyrrhenian Sea, Italy (Frezza and Carboni, 2009).

Family: Planorbulinidae Schwager, 1877

Subfamily: Planorbulinae Schwager, 1877

Genus: *Planorbulina* d'Orbigny, 1826

Planorbulina mediterraneensis d'Orbigny, 1826

(Figure 10. 22-23)

1826 *Planorbulina mediterraneensis* D'ORBIGNY: 280, pl. 15, figs. 4-6.

2010 *Planorbulina mediterraneensis* D'ORBIGNY; Dias et al.: 844, fig. 2, image 7.

Material: In the present study, this species recorded as a rare in samples 8 and 13.

Geographical distribution: The present form was recorded from several areas worldwide such as the Caribbean Region (Culver and Buzas, 1982), France (Debenay et al., 2001), Bermuda islands (Javaux and Scott, 2003) and the Dardanelles Strait in Turkey (Meriç et al., 2009).

Family: Cymaloporidae Cushman, 1927

Subfamily: Cymbaloporinae Cushman, 1927

Genus: *Cymbaloporella* Cushman, 1927

Cymbaloporella tabellaeformis Brady, 1884

(Figure 10. 24-25)

1884 *Cymbaloporella tabellaeformis* BRADY: 637, pl. 102, figs. 15-18.

2009 *Cymbaloporella tabellaeformis* BRADY; Sarkar and Gupta: 30, pl. 3, Figure 17.

Material: In the present study, it is found as a frequent form in samples 2, 5, 10, and 19.

Geographical distribution: This species was identified from Maldives Ridge in southeastern Arabian Sea (Sarkar and Gupta, 2009).

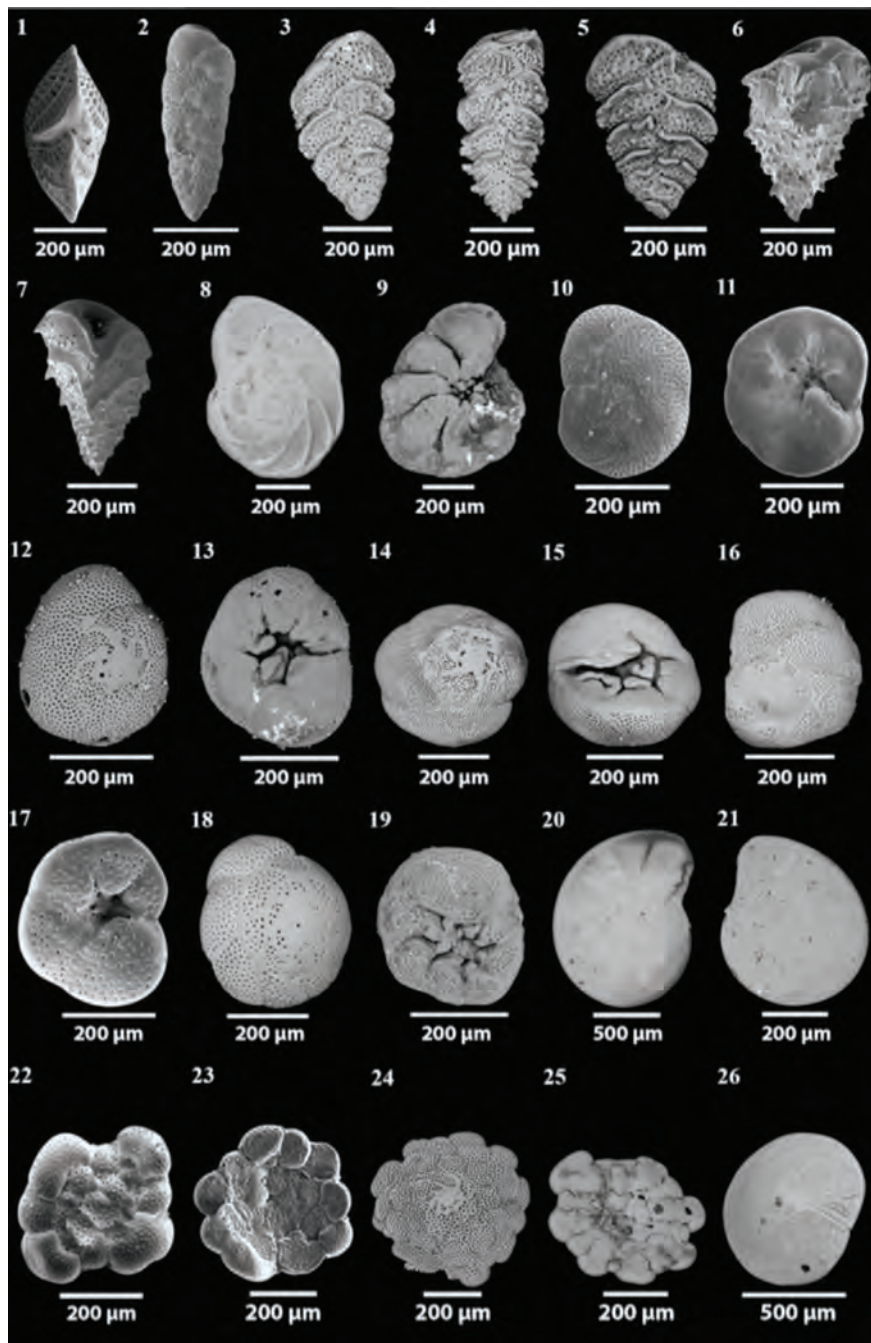


Figure 10. 1- *Elphidium margaritaceum* Cushman, apertural view; 2. *Bolivina variabilis* Williamson, side view; 3-5. *Sagrinella lobata* Brady, side views; 6-7. *Reussella spinulosa* Reuss, side views; 8-9. *Eponides repandus* Fichtel and Moll, 8. Spiral side, 9. Umbilical side; 10-11. *Rosalina anomala* Terquem, 10. Spiral view; 11. Umbilical view; 12-15. *Rosalina bradyi* Cushman, 12, 14. Spiral side views, 13, 15. Umbilical views; 16-17. *Rosalina globularis* d'Orbigny, 16. Spiral view, 17. Umbilical view; 18-19. *Rosalina* sp., 18. Spiral view, 19. Umbilical view; 20-21. *Hyalinea balthica* Schroeter, 20. Spiral view, 21. Umbilical view; 22-23. *Planorbulina mediterraneensis* d'Orbigny, 22. Spiral view, 23. Umbilical view; 24-25. *Cymbaloporella tabellaformis* Brady, 24. Side view, 25. Spiral view; 26. *Amphistegina lessonii* d'Orbigny, spiral view.

Superfamily: Asterigerinoidea d'Orbigny, 1839

Family: Amphisteginidae Cushman, 1927

Genus: *Amphistegina* d'Orbigny, 1826

Amphistegina lessonii d'Orbigny, 1826

(Figure 10. 26; Figure 11. 1)

1826 *Amphistegina lessonii* D'ORBIGNY: 304.

2009 *Amphistegina lessonii* D'ORBIGNY; Parker: 498, figs. 355a-d.

Material: In the present study, *Amphistegina lessonii* d'Orbigny occurs as a common form in samples 2, 5 and 13.

Geographical distribution: This species was recorded from north American Atlantic Coast and the Caribbean Region by Culver and Buzas (1980, 1982), Bermuda islands (Javaux et al., 2003), the central Great Barrier Reef of Australia (Horton et al., 2007) and Red Sea coast (Madkour, 2013).

Amphistegina lobifera Larsen, 1976

(Figure 11. 2-3)

1976 *Amphistegina lobifera* LARSEN: 4-6, pl. 3, figs. 1-5; pl. 7, fig. 3; pl. 8, fig. 3.

2009 *Amphistegina lobifera* LARSEN; Parker: 498, figs. 355: e-o.

Material: In the present study, it is found as a rare form in samples 2, 5, 10 and 13.

Geographical distribution: This species was recorded from Haifa Bay (Yanko et al. 1993), Arabian Gulf (Cherif et al., 1997) and Southwestern Pacific (Debenay, 2012).

Amphistegina radiata (Fichtel and Moll), 1798

(Figure 11. 4-5)

1798 *Nautilus radiata* FICHTEL and MOLL: 58, pl. 8, figs. a-d.

2009 *Amphistegina radiata* (FICHTEL and MOLL); Parker: 499, fig. 356: a-j.

Material: In the present study, this species recorded as frequent in samples 2, 5 and 16.

Geographical distribution: This species was recorded from several regions such as India (Khare, 1992 and Gandhi and Rajamanickam, 2002), New Guinea (McCloskey, 2009) and Southwestern Pacific (Debenay, 2012).

Super family: Nonionioidea Schultze, 1854

Family: Nonionidae Schultze, 1854

Sub family: Nonioninae Schultze, 1854

Genus: *Nonion* de Montfort, 1808

Nonion fabum (Fichtel and Moll), 1798

(Figure 11. 6-8)

1798 *Nautilus faba* FICHTEL and MOLL: 103, pl. 19: b-c.

1988 *Nonion fabum* (FICHTEL and MOLL); Loeblich and Tappan: 179, pl. 690, figs. 1-7.

2005 *Nonion fabum* (FICHTEL AND MOLL); Rasmussen: 102, pl. 16, fig. 5.

Material: In the present study, *Nonion fabum* (Fichtel and Moll) occurs as a common form in samples 2, 7 and 13.

Geographical distribution: This species was recorded from The Guadiana shelf, Southwestern Iberia (Mendes et al., 2004), Kallithea Bay, Greece (Rasmussen, 2005), Namibia (Leiter, 2008) and western Mediterranean Sea (Milker et al., 2009).

Superfamily Rotalioidea Ehrenberg, 1839

Family Rotaliidae Ehrenberg, 1839

Subfamily Pararotaliinae Reiss, 1963

Genus: *Neorotalia* Bermúdez 1912

Neorotalia calcar d'Orbigny, 1839

(Figure 11. 9-11)

1993 *Neorotalia calcar* D'ORBIGNY; Hottinger et al.: 140, pl. 199, figs. 1-10.

2009 *Neorotalia calcar* D'ORBIGNY; Devi and Rajashekhar: 33, fig. 11f.

Material: In the present study, *Neorotalia calcar* d'Orbigny occurs as an abundant form in samples 2 and 8, and as a rare form in samples 13.

Geographical distribution: This species was recorded from several areas such as the Caribbean Region (Culver and Buzas, 1982), Indonesia (Renema, 2003), Indian coast (Devi and Rajashekhar, 2009) and Southwestern Pacific (Debenay, 2012).

Genus: *Pararotalia* le Calvez, 1949

Pararotalia cf. *P. ozawai* (Asano), 1951

(Figure 11. 12-13)

1951 *Rotalia ozawai* ASANO: 15, figs. 115-117.

1965 *Pararotalia ozawai* (ASANO); Todd: 29, pl. 9, fig. 1: a-c.

Material: In the present study, this species recorded as a rare in samples 3 and 13.

Geographical distribution: Asano, 1951 described *Pararotalia ozawai* from Japan then it was recorded from the tropical Pacific by Todd, 1965.

Subfamily: Ammoniinae Saidova, 1981

Genus: *Ammonia* Bruennich, 1772

Ammonia aoteana (Finlay), 1940

(Figure 11. 14-15)

1940 *Streblus aoteanus* FINLAY: 461.

2004 *Ammonia aoteana* (FINLAY); Hayward et al.: pl. 2, fig. T5; pl. 3, fig. T5; pl. 4, fig. T5.

2009 *Ammonia aoteana* (FINLAY); Parker: 480, fig. 344: a-h.

Material: In the present study, *Ammonia aoteana* (Finlay) occurs as an abundant form in samples 3, 7 and 13 and as a rare form in samples 4 and 18.

Geographical distribution: This species was recorded from the central Great Barrier Reef of Australia (Horton et al., 2007) and New Caledonia, Southwestern Pacific (Debenay, 2012).

Ammonia beccarii (Linné), 1758

(Figure 11. 16-19)

1758 *Nautilus beccarii* LINNÉ: 710.

2005 *Ammonia beccarii* (LINNÉ); Debenay et al.: 334, pl. 2, fig. 17

2010 *Ammonia beccarii* (LINNÉ); Issa: 6, pl. 1, fig. 10.

Material: *Ammonia beccarii* (LINNÉ) is recorded with different forms in samples 1, 3, 5, 9, 13, 14, 16, 19 and 20.

Geographical distribution: This species was recorded by Culver and Buzas (1980 and 1982) from the North American Atlantic Coast and the Caribbean region. Also it was identified from North American Pacific Coast from California (Culver, 1986), Red Sea coastlines (El-Nakhal, 1993 and Madkour, 2013), west of Scotland (Murray, 2003) and from the Guadiana shelf, southwestern Iberia (Mendes et al., 2004).

Ammonia convexa (Collins), 1958

(Figure 11. 20-21)

1958 *Streblus convexus* COLLINS: 414, pl. 5, figs. 10: a-c.

1987 *Ammonia convexa* (COLLINS); Baccaert: 232, pl. 94, fig. 6.

2008 *Ammonia convexa* (COLLINS); Nobes and Uthicke: 31, fig. 35.

Material: In the present study, it is found as a rare form in samples 2, 5 and 13.

Geographical distribution: *Ammonia convexa* recorded from the Great Barrier Reef, Australian (Nobes and Uthicke, 2008) and Southwestern Pacific (Debenay, 2012).

Ammonia parkinsoniana (d'Orbigny), 1839

(Figure 11. 22-23)

1839 *Rosalina parkinsoniana* D'ORBIGNY: 99, pl. 4, figs. 25-27.

1993 *Ammonia parkinsoniana* (D'ORBIGNY); Sgarrella and Moncharmont Zei: 228, pl. 20, figs. 3-4.

2006 *Ammonia parkinsoniana* (D'ORBIGNY); Avsar et al.: 133, pl. 3, figs. 15-16.

Material: *Ammonia parkinsoniana* (d'Orbigny) occurs here as a frequent form in samples 2, 5 and 13.

Geographical distribution: This species was recorded from several areas such as the Caribbean Region (Culver and Buzas, 1982), Biscayne Bay in Florida from Atlantic ocean (Ishman, et al., 1997), the central Adriatic Sea (Morigi et al., 2005), Aegean Sea (Koukousioura et al., 2012).

Family: Elphidiidae Galloway, 1933

Subfamily: Elphidiinae Galloway, 1933

Genus: *Elphidium* de Montfort, 1808

Elphidium aculeatum (d'Orbigny), 1846

(Figure 11. 24-25)

1846 *Polystomella aculeata* D'ORBIGNY: 131, pl. 6, figs. 27-28.

1991 *Elphidium aculeatum* (D'ORBIGNY); Cimerman and Langer: 77, pl. 89, figs. 1-4.

2005 *Elphidium aculeatum* (D'ORBIGNY); Rasmussen: 108, pl. 18, fig.12.

Material: In the present study, this species recorded as an abundant in samples 3, 5 and 13, and as a rare form in samples 17.

Geographical distribution: *Elphidium aculeatum* (D'ORBIGNY) was recorded from Kallithea Bay Greece (Rasmussen. 2005), the Dardanelles Strait in Turkey (Meriç et al, 2009)

and western Mediterranean Sea (Milker et al., 2012).

Elphidium advenum (Cushman), 1922

(Figure 6. 1; Figure 5. 26-27)

1922 *Polystomella advena* CUSHMAN: 56, pl. 9, figs. 11-12.

1933 *Elphidium advenum* (CUSHMAN); Cushman: 50, pl. 12, figs. 1-3.

2005 *Elphidium advenum* (CUSHMAN); Rasmussen: 108, pl. 18, figs. 13-15.

Material: In the present study, it is recorded as a frequent form in samples 5, 8 and 13.

Geographical distribution: This species was originally described by Cushman (1922) from southern Florida. It has been recorded from the Red Sea (Said, 1949 and Madkour, 2013), Caribbean Region (Culver and Buzas, 1982), east coast of India (Gandhi and Rajamanickam, 2002), Southern Iraq (Al-Ali et al., 2010) and Aegean Sea (Greece) (Koukousioura et al., 2012).

Elphidium crispum (Linné), 1758

(Figure 4. 26-27)

1758 *Nautilus crispum* LINNÉ: 709.

1933 *Elphidium crispum* (LINNÉ); Cushman: 47, pl. 11, fig. 4.

2009 *Elphidium crispum* (LINNÉ); Frezza and Carboni: 55, pl. 1, fig. 16.

Material: *Elphidium crispum* (Linné) occurs as a common form in samples 2, 5 and 13.

Geographical distribution: This species was recorded from several areas Worldwide such as France (Debenay et al., 2001), southwestern Iberia (Mendes et al., 2004), the central Adriatic Sea (Morigi et al., 2005), southwestern coasts of Turkey (Meriç et al., 2009) and Mindanao, Philippines (Lacuna, et al., 2013).

Elphidium gerthi Van Voorthuysen, 1957

(Figure 8. 22-23)

1957 *Elphidium gerthi* VAN
VOORTHUYSEN: 32, pl. 23, fig. 12: a-b.

2003 *Elphidium gerthi* VAN
VOORTHUYSEN; Murray: 21, figs. 7-8.

Material: In the present study, it is found as a frequent form in samples 3, 5 and 16.

Geographical distribution: This species was recorded in Marmara Sea (Kaminski et al., 2002), Hebridean shelf, west of Scotland (Murray, 2003), and Indian coast (Devi and Rajashekhar, 2009).

Elphidium macellum (Fichtel and Moll), 1798
(Figure 6. 14-16)

1798 *Nautilus macellus* FICHTEL AND
MOLL: 66, pl. 10, figs. e-g.

1988 *Elphidium macellum* (FICHTEL AND
MOLL); Loeblich and Tappan: 199, pl. 789, figs.
1-5.

2009 *Elphidium macellum* (FICHTEL AND
MOLL); Devi and Rajashekhar: 35, figs. b-c.

Material: This species is recorded as a common in samples 3, 5 and 15.

Geographical distribution: This species was recorded from several areas such as the north American Atlantic coast (Culver and Buzas, 1980), Marmara sea (Kaminski et al., 2002), Italy (Fiorini, 2004), Greece (Rasmussen, 2005), southwestern coasts of Turkey (Meriç et al., 2009) and Indian coast (Devi et al., 2009).

Elphidium margaritaceum Cushman, 1930
(Figure 9. 26-27; Figure 10. 1)

1930 *Elphidium advenum* CUSHMAN var.
margaritaceum Cushman: 25, pl. 10, fig. 3.

Material: In the present study, *Elphidium margaritaceum* Cushman occurs as a rare form in samples 2, 7 and 13.

Geographical distribution: This species was recorded from Atlantic Ocean (Cushman, 1930), the Caribbean region (Culver and Buzas, 1982), the gulf of Naples (Italy) (Sgarrella and Moncharmont Zei, 1993), the Gulf of Kalloni, Greece (Debenay et al., 2005), Central east coast of India (Rana, 2009) and the western Mediterranean (Milker, 2009).

CONCLUSION

Twenty beach sand samples have been collected from the Bir Ali Beach, Yemeni Arabian Sea coastline to identify the benthic foraminiferal species in this area. The systematic position of recorded foraminiferal species is applied to identify one hundred and eleven benthic foraminiferal species.

The recorded species are distributed with different percentages on the foraminifera suborders with a noticeable ratio of Miliolina suborder in particular the genus *Quinqueloculina*. The foraminiferal assemblage of the study area reflected a remarkable similarity with the species identified in previous studies from the Arabian Sea, the Indian Ocean, the Red Sea and the Mediterranean Sea.

ACKNOWLEDGEMENTS

Authors are deeply indebted to the technical team in the SEM Unit, the Egyptian mineral resources authority (Central Laboratories Sector), Geza-Egypt for their cooperation during the photographing of foraminiferal samples. We are thankful to the two reviewers for their constructive comments and critical remarks for the improvement of the text.

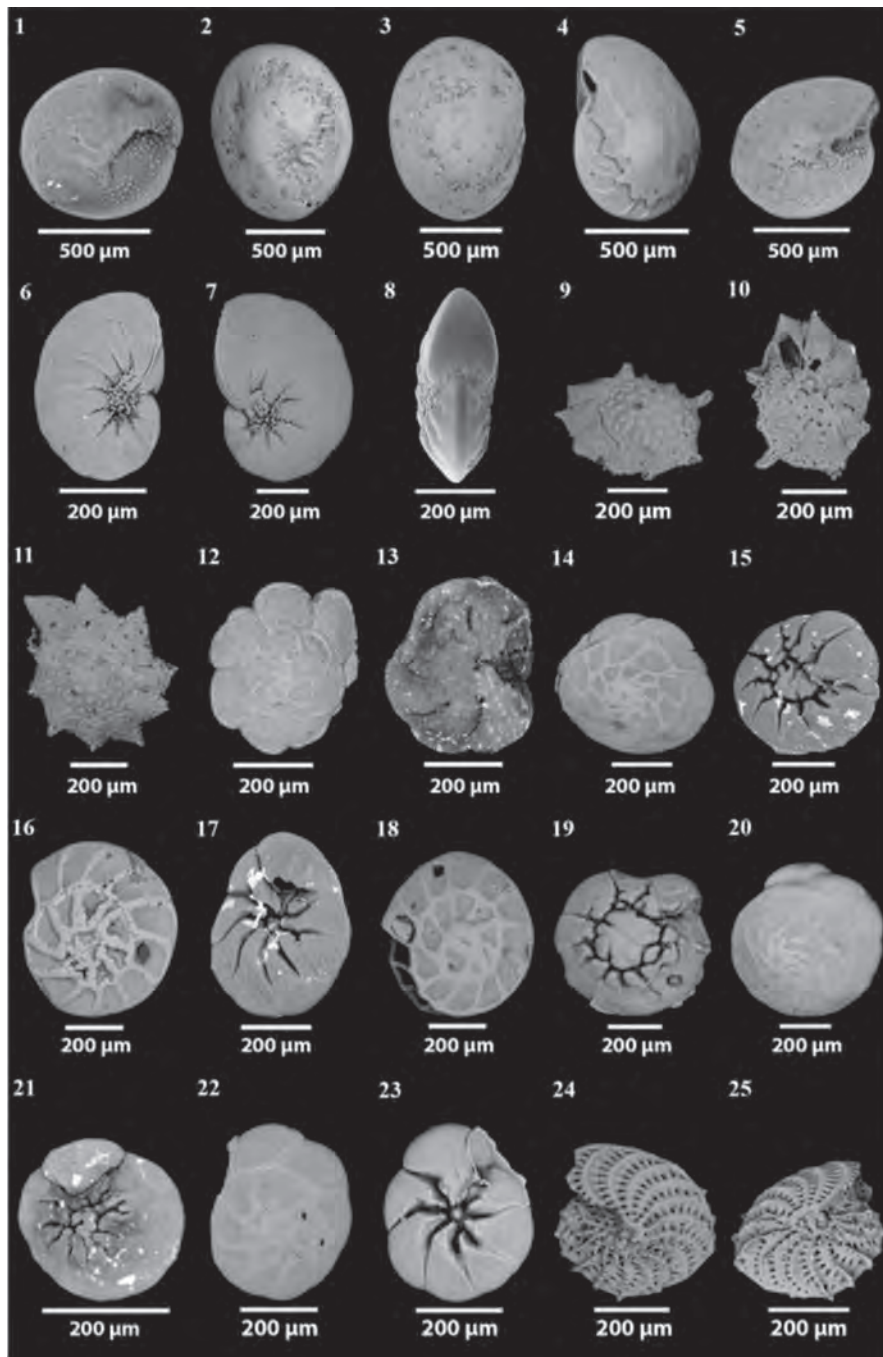


Figure 11. 1- *Amphistegina lessonii* d'Orbigny, umbilical side; 2-3. *Amphistegina lobifera* Larsen, 2. Spiral side, 3. Umbilical view; 4-5. *Amphistegina radiata* Fichtel and Moll, 4. Spiral view, 5. Umbilical view; 6-8. *Nonion fabum* Fichtel and Moll, 6. Spiral view, 7. Umbilical view, 8. Apertural view; 9-11. *Neorotalia calcar* d'Orbigny, 9, 11. Spiral view, 10. Umbilical view; 12-13. *Pararotalia* cf. *P. ozawai* Asano, 12. Spiral view, 13. Umbilical view; 14-15. *Ammonia aoteana* Finlay, 14. Spiral view, 15. Umbilical view; 16-19. *Ammonia beccarii* Linné, 16-18. Spiral views; 19. Umbilical views; 20-21. *Ammonia convexa* Collins, 20. Spiral side, 21. Umbilical view; 22-23. *Ammonia parkinsoniana* d'Orbigny, 22. Spiral view, 23. Umbilical view; 24-25. *Elphidium aculeatum* d'Orbigny, side views.

REFERENCES

- Abu-Zied, R.H., Rohling, E.J., Jorissen, F.J., Fontanier, C., Casford, J.S.L. and Cooke, S., 2008. Benthic foraminiferal response to changes in bottom-water oxygenation and organic carbon flux in the eastern Mediterranean during LGM to Recent times. *Journal of Marine Micropaleontology*, 67, 46-68.
- Al-Ali, R. A., Al- Shaikhly, S. S., and Al- Marsoumi, A. M. H., 2010. Study of foraminiferal species in recent sediments in Shatt Al- Arab banks, the coast Khor Abdullah and Khor Al-Zubair, Southern - Iraqi Journal Basrah Research, 36 (4).
- Al-Hitmi, H. H., 2000. Recent benthic foraminifera from the local water of Qatar, Arabian Gulf. *Qatar University, Science Journal*, 20, 167- 179.
- Al-Wosabi, M, A., Mohammed, M, A. and Al-Kadasi, W, M., 2011. Recent Foraminifera from Socotra Island, Indian Ocean, Yemen. *Journal of Natural and Applied Sciences*, Tamar University, Yemen, 4, 01-32.
- Ariza, M. S., 1988. Study of agglutinated foraminifera from the motril-nerja littoral region, Spain. *Abh. Geol*, 41, 301-305.
- Asano, K., 1951. Illustrated catalogue of Japanese Tertiary smaller foraminifera. Petroleum Branch, Natural Resources Section, Supreme Commander for the Allied Powers, Tokyo, 183.
- Avsar, N., Aksu, A. and Dincer, F., 2006. Benthic foraminiferal assemblage of Erdek Bay (SW Marmara Sea). *Yerbilimleri* 27 (3), 125-141.
- Avsar, N., Meric, E., Cevik, M.G. and Dincer, F., 2009. Recent benthic foraminiferal assemblages on the continental shelf off the Büyük Menderes river delta (W Turkey). *Yerbilimleri*, 30, 127-144.
- Baccaert, J., 1987. Distribution patterns and taxonomy of benthic foraminifera in the Lizard Island Reef Complex, northern Great Barrier Reef, Australia. Unpublished PhD Thesis, University of Liège, 3 vols, 109pls.
- Bahafzallah, A. A. K., 1979. Distribution, Ecology and systematics of recent benthic foraminifera from Jeddah Bay, Red Sea. PhD Thesis, University of Bristol.
- Bandy, O. L., 1953. Ecology and paleoecology of some California Foraminifera. Part I. The frequency distribution of recent Foraminifera of California. *Journal of Paleontology*, 27 (2), 161-182.
- Bandy, O. L., 1961. Distribution of Foraminifera, Radiolaria and diatoms in sediments of the Gulf of California. *Journal of Micropaleontology*, 7, 1-26.
- Batsch, A.I.G.C., 1791. Sechs Kupfertafeln mit Conchylien des Seesandes. Gezeichnet und gestochen von A. J. G. K. Batsch, Jena, 6pls, 3, 5.
- Bermudez, P. J., 1952. Estudio sistematico de los foraminiferos rptaliformes. *Bulletin de Geologia Venezuela*, 2(4), 1-230.
- Beydoun, Z, R., 1966. Eastern Aden Protectorate and part of Dhufar In: *Geology of the Arabian Peninsula*. United State Geological Survey Professional Paper 560-H, Washington, 1-49.
- Bhalla, S.N. and Nigam, R., 1979. A note on recent foraminifera from Calongute beach sands. Goa. *Bulletin Indian Geologists Association*, 12 (2): 239- 240.
- Bhatia, S.B., 1956. Recent foraminifera from shore sands of western India. *Contribution from the Cushman Laboratory for Foraminiferal Research*, 7, 15-24.
- Bock, W.D., 1971. A handbook of the benthonic foraminifera of Florida Bay and adjacent waters. *Miami Geological Society, Memoir* 1, 1-92.
- Brady, H.B., 1879. Notes on some Retieularian Rhizopoda of the «Challenger» expedition. Part II. Additions to the knowledge of porcellanous and hyaline types. *Quaternary Journal of the Microscopical Science*, 19 (new Series), 261-299.
- Brady, H. B., 1881. Notes on some reticularian Rhizopoda of the «Challenger» expedition, Part 3. *Quaternary Journal of the Microscopical Science*, 21 (new series), 31-71.
- Brady, H. B., 1884. Report on the foraminifera dredged by H. M. S. Challenger, during the years 1873-1876, in Report on the Scientific Results of the Voyage of the H. M. S. Challenger during the years 1873-1876. *Zoology*, 9.
- Brooks, W., 1973. Distribution of Recent foraminifera from the southern coast of Puerto Rico. *Micropaleontology*, 20, 236-244.
- Bruennich, M. T., 1771. M. T. Brunnich zoologiae fundamenta. Hafninae et Lipsiae: Grunde I dyeloeren.

- Brummer, G. J. A. and Kroon, D., 1988. Planktonic foraminifera as tracers of ocean climate history. Free University Press, Amsterdam, 6-346.
- Buzas, M. A. and Severin, K. P., 1982. Distribution and Systematics of foraminifera in the Indian River, Florida. Smithsonian contributions to the marine sciences, 16(i-iii), 1-73.
- Cameron, A. A., 1995. Recent foraminifera from the continental shelf and slope off kaikoura, New Zealand. New Zealand Natural Sciences, 22, 27-42.
- Caton-Thompson, G. and Gardner, E. W., 1939. Climate, irrigation, and early man in Hadhramaut. Geographical Journal, 93, 18-35.
- Chapman, F., 1895. On some foraminifera obtained by the Royal Indian Marine Surveys (Investigator) from the Arabian Sea, near Laccadive Islands. Proceeding of Zoological Society, London, 1, 1-55.
- Cherif, O. H., AL-Ghadban, A. and Al-Rifaiy, I. A., 1997. Distribution of foraminifera in the Arabian Gulf. Micropaleontology, 43(3), 253-280.
- Cimernan, F. and Langer, M. R., 1991. Mediterranean foraminifera. Ljubljana, Slovenska Akademija Znanosti in Umetnosti, 118pp.
- Clemens, S., Prell, W. D., Murray, D., Shimmiel, G. and Weedon, G., 1991. Forcing mechanisms of the Indian Ocean monsoon. Nature, 353, 720-725.
- Collins, A. C., 1958. Foraminifera, Great Barrier Reef Expedition (1928- 29). Scientific Report, 6, 335-437.
- Costa, O.G., 1856. Paleontologia del regno di Napoli, Parte II. Atti dell Accademia Pontaniana Napoli, 7(2), 113-378.
- Culver, S. J. and Buzas, M. A., 1980. Distribution of Recent Benthic Foraminifera off the North American Atlantic Coast. Smithsonian Contributions to the Marine Sciences, 6, 512.
- Culver, S. J. and Buzas, M. A., 1982. Distribution of Recent Benthic Foraminifera in the Caribbean Region. Smithsonian institution press, Washington, 382.
- Culver, S. J. and Buzas, M. A., 1986. Distribution of Recent Benthic Foraminifera off the North American Pacific Coast from California to Baja. Smithsonian contributions to the marine sciences 26, 234.
- Cushman, J. A., 1910. A monograph of the foraminifera of the North Pacific Ocean, Part 1: Astrorhizidae and Lituolidae. Bulletin of the United States National Museum, 71 (1), 1-134.
- Cushman, J. A., 1911. A monograph of the foraminifera of the North Pacific Ocean. Pt. 2. Textulariidae. Bulletin of the United States National Museum, 71 (2), 1-108.
- Cushman, J. A., 1915. A monograph of the foraminifera of the North Pacific Ocean. Part 5, Rotaliidae. Bulletin of the United States National Museum, 71 (5), 1-87.
- Cushman, J. A., 1917. A monograph of the foraminifera of the North Pacific Ocean, Part 6, Miliolidae. Bulletin of the United States National Museum, 71 (6), 1-108.
- Cushman, J. A., 1922. Shallow-water foraminifera of the Tortugas Region. Publications of the Carnegie Institution Washington, 311, Department of Marine Biology, 17, 1-85.
- Cushman, J. A., 1924. Samoan Foraminifera. Carnegie Institution of Washington, No. 342, Department of Marine Biology, 21, 1-75.
- Cushman, J. A., 1927. An outline of a re-classification of the foraminifera. Contribution from the Cushman Laboratory for Foraminiferal Research, 3, 1-105.
- Cushman, J. A., 1929. The foraminifera of the Atlantic Ocean, Part 6: Miliolidae, Ophthalmidiidae, Fischerinidae. Bulletin of the United States National Museum, 104 (6), 1-129.
- Cushman, J.A., 1930. The foraminifera of the Atlantic Ocean. Bulletin of the United States National Museum, 104 (7), 1-79.
- Cushman, J. A., 1931. The foraminifera of the Atlantic Ocean, Part 8: Rotaliidae, Amphisteginidae, Calcarinidae, Cymbaloporettidae, Globorotallidae, Anomalinidae, Planorbulinidae, Pupertiidae and Homotremidae. Bulletin of the United States National Museum, 104 (8), 1-179.
- Cushman, J. A., 1932. The foraminifera of the tropical Pacific collections of the "Albatross" 1899-1900, Part 1: Astrorhizidae to Trochamminidae. Bulletin of the United States National Museum, 161, 1-88.

- Cushman, J. A., 1933. The foraminifera of the tropical Pacific collections of the «Albatross» 1899-1900, Part 2: Lagenida to Alveolinellidae. Bulletin of the United States National Museum, 161, 1-79.
- Cushman, J. A., 1944. Foraminifera from the shaloo water of the New England coast. Special Publications Cushman Laboratory for Foraminiferal Research, 12, 1-37.
- Cushman, J. A., 1946. The Genus *Hauerina* and its species. Contributions from the Cushman Laboratory for Foraminiferal Research, 22, 2-15.
- Cushman, J. A., 1947. New species and varieties of foraminifera from off the southeastern coast of the United States. Contributions from the Cushman Laboratory for Foraminiferal Research, 23, 86-92.
- Cushman, J. A., and LeRoy, L. W., 1939. *Cribrolinoides*, a new genus of the foraminifera, its development and relationships. Contributions from the Cushman Laboratory for Foraminiferal Research, 15, 15-19.
- Cushman, J. A. and Todd, R., 1944. The genus *Spiroloculina* and its species. Cushman Laboratory for Foraminiferal Research, Special Publication 1, 1-82.
- Debenay, J. P., 2012. A guide to 1,000 Foraminifera from Southwestern Pacific: New Caledonia. Publications Scientifiques du Muséum, Paris, 378.
- Debenay, J. P., 2013. A guide to 1,000 Foraminifera from the Southwestern Pacific New Caledonia. IRD Editions. Publication Scientifique du Muséum, CP41, 383.
- Debenay, J. P., Millet, B. and Angelidis, M. O. 2005. Relationships between foraminiferal assemblages and hydrodynamics in the Gulf of Kalloni, Greece. Journal of Foraminiferal Research, 35, 327-343.
- Debenay J. P., Tsakiridis E., Soulard r. and GrosseL H., 2001. Factors determining the distribution of foraminiferal assemblages in Port Joinville Harbor (Île d'Yeu, France): the influence of pollution. Marine Micropaleontology, 43, 75-118.
- Defrance, J. L. M., 1824. Dictionnaire des Sciences Naturelles, Vol. 32, moll-morf. Strasbourg: F. G. Levrault 567pp.
- Delage, Y. and Herouard, E., 1896. Tarite de Zoologie Concrete, Vol. 1, La Cellule et les Protozoaires, Paris: Schlecher Freres.
- Devi, G. S. and Rajashekhar, K. P., 2009. Intertidal foraminifera of Indian coast. A scanning electron photomicrograph illustrated catalogue, Journal of Threatened Taxa, 1(1), 17-36.
- Dias, B. B., Hart, M. B., Smart, C.W. and Hall-Spencer, J. M., 2010. Modern seawater acidification: the response of foraminifera to high-CO₂ conditions in the Mediterranean Sea. Journal of the Geological Society, London, 167, 843-846.
- Eagle, M. K., Hayward, B. W., Grant-Mackie, J. A. and Gregory, M. R., 1999. Fossil communities in an early Miocene transgressive sequence, Mathesons Bay, Leigh, Auckland. Tane, 37, 43-68.
- Ehrenberg, C. G., 1838. Über dem blossen Auge unsichtbare kalkthierchen und Kieselhierchen als Hauptbestandtheile der Kreidegebirge, Bericht über die zu Bekanntmachung geeigneten Verhandlungen der Königlichen Preussischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin, 1838, 192-200.
- Ehrenberg, C. G., 1839. Über die Bildung der Kreidefelsen und des Kreidemergels durch unsichtbare Organismen. Physikalische Abhandlungen der Koniglichen Akademie der Wissenschaften zu Berlin, 59-147.
- Eichwald, C.E. von, 1830. Zoologia specialis. Vol. 2. Vilnae: D. E. Eichwaldus, 1-323.
- Ellis, B. F. and Messina, A. R., 1940. Catalogue of foraminifera. American Museum of National History. Special Publication (New York), with supplements.
- El-Nakhal, H. A., 1980. Recent foraminifera from the seashores of Yemen Arab Republic, part 2, the genus *Quinqueloculina*. Journal of College of Science, Riyadh University, 2. 147-170.
- El-Nakhal, H. A., 1984. Recent foraminiferida from the sea shores of Yemen Arab Republic Part 1, the genus *Quinqueloculina*. Journal of College of Science, Riyadh University, 25 (1/2), 45-58.
- El-Nakhal, H. A., 1993. Recent foraminiferida from the sea shores of Yemen Arab Republic Part 3, the remaining genera. Dirasat Yamanyyah, 49, 302-368.
- Erbacher, J. and Nelskamp, S., 2006. Comparison of benthic foraminifera inside and outside a sulphur-oxidizing bacterial mat from the present

- oxygen-minimum zone off Pakistan (NE Arabian Sea): Deep Sea Research, Part I: Oceanographic Research Papers, 53, 751-775.
- Fantozzi, P. L. and Sgavetti, M., 1998. Tectonic and sedimentary evolution of the eastern Gulf of Aden margins: new structural and stratigraphic data from Somalia and Yemen. In: Purser, B. H., and Bosence, D. W. J. (ed.) Sedimentation and tectonics in rift basins, Red Sea–Gulf of Aden. London, Chapman and Hall, 56–76.
- Fichtel, L. and Moll, J. P., 1798. Testacea microscopica aliaqueminuta generibus Argonauta et Nautilus, Wien, Osterreich, Camesina (Reprinted, 1803).
- Finlay, H. J., 1940. New Zealand foraminifera; Key species in stratigraphy-No 4. Transactions and Proceedings of the Royal Society of New Zealand, 69, 448-472.
- Fiorini, F., 2004. Benthic foraminiferal associations from upper Quaternary deposits of southeastern plain, Italy. Micropaleontology, 50, 45-58.
- Forskal, P., 1775. Descriptiones animalium. *Hauniae*. Carsten Niebuhr, Copenhagen.
- Frezza, V. and Carboni, M. G., 2009. Distribution of recent foraminiferal assemblages near the Ombrone River mouth (Northern Tyrrhenian Sea, Italy). Revue de micropaleontology, 52, 43-66.
- Galloway, J. J., 1933. A Manual of Foraminifera, Bloomington: Principal Press. (In Loeblich an tappan, 1988).
- Gandhi, S., Rajamanickam, G. V. M. and Nigam, R., 2002. Taxonomy and distribution of benthic foraminifera from the sediments off Palk Strait, Tamil Nadu, East Coast of India. Journal of the paleontological Society of India, 47, 47-64.
- Germeraad, J. H., 1946. Geology of central Seran, in L. Rutten, and W. Hotz. Geological, Petrographical and Paleontological Results of Explorations Carried Out from September 1917 till 1919 in the Island of Cerma, ser. 3 (Geology), no. 2. Amsterdam: J. H. de Bussy, 7-135.
- Glaessner, M. F., 1937. Die Entfaltung der Foraminiferenfamilie Buliminidae, Problemy Paleontologii. Paleontologicheskaya Laboratoriya Moskovskogo Gosudarstvennogo Universiteta, 2-3, 411-422.
- Graham, J. and Militante, P., 1959. Recent foraminifera from the Puerto Galera area, northern Mindoro, Philippines. Stanford University Publications, (Geological), 6 (2), 1-170.
- Gudmundsson, G., 1994. Phylogeny, ontogeny and systematics of recent Soritacea Ehrenberg 1839 (Foraminiferida). Micropaleontology, 40 (2), 101-155.
- Haig, D. W., 1988. Miliolid foraminifera from inner neritic and mud facies of the Papuan Lagoon. Journal of Foraminiferal Research, 18, 203-236.
- Haig, D. W., 1997. Foraminifera from Exmouth Gulf, Western Australia. Journal of the Royal Society of Western Australia, 80, 263-280.
- Haman, D., 1966. On some recent foraminifera from the Faeroe Island. Denmark. Contribution from the Cushman Laboratory for Foraminiferal Research, 17(2), 67 - 70.
- Hatta, A. and Ujiie, H., 1992. Benthic foraminifera from Coral Seas between Ishigaki and Iriomote Islands. Southern Ryukyu Island Arc, Northwestern Pacific. Bulletin of the Colloge of Science, University of Ryukyus, 53, 49-119.
- Haynes, J. R., 1973. Cardigan Bay recent foraminifera. Bulletin of the British Museum Natural History (Zoology), Supplement 4, 1-245.
- Hayward, B. W., Grenfell, H. R., Ried, C. M. and Hayward k, A. 1999. Recent New Zealand shallow-water benthic foraminifera: taxonomy, ecologic distribution, biogeography, and use in paleoenvironmental assessment. Institute of Geological and Nuclear Sciences monographs, 21, 1-264.
- Hayward, B. W., Holzmann, M., Grenfell, H. R., Pawlowski J. and Triggs, C. M. 2004. Morphological distinction of molecular types in *Ammonia* - towards a taxonomic revision of the world has most commonly misidentified foraminifera. Marine Micropaleontology, 50, 237-271.
- Heron-Allen, E. and Earland, A., 1930. The foraminifera of the Plymouth District. Journal of the Royal Microscopical Society, 50 (3), 46-84.
- Hofker, J., 1927. Foraminifera of the Siboga Expedition. Part 1, Siboga Exped. Monogr. 4, 1-78.

- Hofker, J., 1951. The Foraminifera of the Siboga expedition. Part III. Siboga-Expeditie. Monographie Va. Leiden: E. J. Brill. 1-513.
- Höglund, H., 1947. Foraminifera in the Gullmar Fjord and the Skagerak. Zoologiska Bidrag från Uppsala, 2: 1-328.
- Horton, B.P., Culver, S.J., Hardbattle, M.I.J., Lacombe, P., Milne, G.A., Morigi, C., Whittaker, J.E. and Woodroffe, S. A., 2007. Reconstructing Holocene sea-level change for the central Great Barrier Reef (Australia) using subtidal foraminifera. Journal of Foraminiferal Research, 37, 327-343.
- Hottinger, L., Halicz, E. and Reiss, Z., 1993. Recent foraminifera from the Gulf of Aqaba, Red Sea. Slovenska Akademija Znanosti in Umetnosti, Ljubljana, 33.
- Hughes, G. W., 1977. Recent Foraminifera from the Honiara Bay area, Salomon Islands. Journal of Foraminiferal Research, 7, 45-57.
- Hussain, S.M., Krishnamurthy, R. Gandhi, M. S., Ilayaraja, K. Ganesan, P. and Mohan, S. P., 2006. Micropaleontological investigations of tsunami sediments of Tamilnadu and Andaman Islands. Current Science. 91 (12), 1655- 1667.
- Hyams, O., Almogi-Labin, A. and Benjamini, C., 2002. Larger foraminifera of the southeastern Mediterranean shallow continental shelf off Israel. Israel Journal of Earth Science, 51, 169-179.
- Ishman, S. E., Graham, L. and D'Ambrosio, J., 1997. Modern Benthic Foraminifer Distributions in Biscayne Bay: Analogs for Historical Reconstructions. United State Geological Survey, Reston, File Report, 97-34.
- Issa, B. M., 2010. Depositional environments and Biofacies of Selected Sediments, North Basrah. Jour. Basrah Research, Science, 36 (5), 1-14.
- Javaux, E. J. and Scott, D. B., 2003. Illustration of modern benthic foraminifer from Bermuda and remarks on distribution in other subtropical/tropical areas. Palaeontologia Electronica, 6(1), 1-29.
- Jones, R.W., 1994. The Challenger Foraminifera. Journal of Evolutionary Biology, 9(1), 124-124
- Jorissen, F.J., 1987. The distribution of benthic foraminifera in the Adriatic Sea. Marine Micropaleontology. 12, 21-48.
- Jumnongthai, J., 1980. Recent foraminifera from southern Thailand. Geology Survey Paper, 1. 1- 21.
- Kaladhar, R., Kamalakaran, S, Varma, K.U. and Bhaskara Rao, V. 1990. Recent foraminifera from nearshore shelf, south of Visakhapatnam, east coast of India. Indian Journal of Marine Science, 19, 71- 73.
- Kaminski, M.A., 2004. The Year 2000 Classification of the Agglutinated Foraminifera. In: Bubik, M., Kaminski, M.A., (ed.) Proceedings of the sixth International Workshop on Agglutinated Foraminifera, Grzybowski Foundation Special Publication, 8, 237-255.
- Kaminski, M.A., Aksu, A., Box, M., Hiscott, R.N., Filipescu, S. and Al-Salameen, M., 2002. Late Glacial to Holocene benthic foraminifera in the Marmara Sea: implications for Black Sea - Mediterranean Sea connections following the last deglaciation. Marine Geology, 190, 162-202.
- Keyzer, F. G., 1953. Reconsideration of the so-called Oligocene fauna in the asphaltic deposit of Buton (Malaya Archipelago), 2. Young Neogene foraminifera and calcareous algae. Leidsche Geologische Meded-Lingen, 17, 259-293.
- Khare, N., 1992. A study of foraminifera in surface and subsurface sediments from the shelf region off Karwar and their paleoclimatic significance. Unpublished PhD Thesis, Goa University, India.
- Kisel'man, E. N., 1972. Verkhnemelovy I Paleosenovye foraminifery novogo roda Spiroplectinella (Upper Cretaceous and Paleocene new foraminiferal genus *Spiroplectinella*). Trudy Saibirskogo Nauchno-Issledovatel'skogo Instituta Geologii Geofiziki I Mineral'nogo Syrya (SNIIGGIMS) Ministerstva Geologii Okhrany Nedr SSSR. Novosibirsk, 146: 134-140.
- Koukousioura, O., Triantaphyllou, M. V., Dimiza, M. D., Pavlopoulos, K., Syrides, G. and Vouvalidis, K., 2012. Benthic foraminiferal evidence and paleoenvironmental evolution of Holocene coastal plains in the Aegean Sea (Greece). Journal Quaternary International, 261, 105-117.
- Kumar, V., Manivannan, V. and Ragothaman, V., 1990. Distribution and species diversity of recent foraminifera from the Thamirabarani River estuary, Punnaikkayal, Tamil Nadu. Journal of Paleontological Society of India, 35, 53- 60.

- Kurbjeweit, F., Hemleben, Ch., Schmiedl, G., Schiebel, R., Pfannkuche, O., Wallmann, K. and Schafer, P., 2000. Distribution, biomass and diversity of benthic foraminifera in relation to sediment geochemistry in the Arabian Sea. *Deep-Sea Research*, II, 47(14), 2913–2955.
- Lacroix, E., 1938. Revision du genre *Massilina*. *Bulletin de l'institut Océanographique Monaco*, 754, 1-11.
- Lacuna M. L. D. G., Masangcay S. I. G., Orbita M. L. S. and Torres M. A. J., 2013. Foraminiferal assemblage in Southeast coast of Iligan Bay, Mindanao, Philippines. *Aquaculture, Aquarium, Conservation and Legislation International Journal of the Bioflux Society*, 6 (4), 303-319.
- Lagoe, M. B., 1977. Recent benthonic foraminifera from the Central Arctic Ocean. *Journal of Foraminiferal Research*, 7, 106-129.
- Lamarck, J.B., 1804. Suite des mémoires sur les fossils des environs de Paris. *Annales Muséum National d'Histoire Naturelle*. 1, 475-475.
- Lamarck, J.B., 1816. *Histoire naturelle des animaux sans vertèbres*. Verdière, Paris, tome 2, 1-568.
- Langer, M. R., 1992. New recent foraminiferal genera and species from the lagoon at Madang, Papua New Guinea. *Journal of Micropalaeontology*, 11, 85-93.
- Lankford, R. R. and Phleger, F. B., 1973. Foraminifera from the nearshore turbulent zone, western North America. *Journal of Foraminiferal Research*, 3, 101-132.
- Larsen, A. R., 1976. Studies of recent Amphistegina, taxonomy and some ecological aspects. *Israel Journal of Earth Sciences*, 25, 1-26.
- Le Calvez, Y., 1949. Revision des foraminifères Lutetiens du Bassin de Paris. II Rotaliidae et familles affines. *Memoires du Service de la Carte Géologique détaillée de la France*, 1-54.
- Le Calvez, Y. and Le Calvez, J., 1958. Répartition des foraminifères dans la Baie de Villefrance, I. Miliolidae. *Annales de l'Institut Océanographique*, 35, 159- 234.
- Leiter, C., 2008. Benthos-Foraminiferen in Extremhabitaten: Auswertung von METEOR-Expeditionen vor Namibia. PhD Thesis, Ludwig-Maximilians-Universität, Munich, Germany, 103pp.
- Leroy, D. and Levinson, S.A., 1974. A deep-water Pleistocene microfossil assemblage from a well in the northern Gulf of Mexico. *Micropaleontology*, 20, 1-37.
- Levy, A., Poignant, A., Rosset-Moulinier, M. and Rouvillois, A., 1975. Sur quelques foraminifères actuels des plages de Dunkerque et des environs: néotypes et espèces nouvelles. *Revue de Micropaléontologie*, 17, 171-181.
- Linné, C., 1758. *Systema naturae per regna tria naturae, secundum classes, ordines, genera, species, cum characteribus, differentiis, synonymis, locis*. G. Engelmann (Lipsiae). 10, 1-824.
- Lloyd, J. M., 2006. Modern distribution of benthic foraminifera from Disko Bugt, West Greenland. *Journal of foraminiferal Research*, 36(4), 315-331.
- Loeblich A. R. and Tappan, H., 1953. Studies of Arctic foraminifera. *Smithsonian Miscellaneous Collections*, 121, 1-150.
- Loeblich, A.R. and Tappan, H., 1964. Sarcodina, chiefly "Thecamoebians" and foraminifera (2 vols.). in: Moore, R. C. (eds.), *Treatise on Invertebrate Paleontology, Protista 2, part C*, Geological Society of America and Kansas University Press, 900pp.
- Loeblich, A.R. and Tappan, H., 1964. *Rupertlanella*, new name of *Pseudotriloculina* Rasheed, 1971, non *cherif*, 1970 (Miliolacea). *Journal of Foraminiferal Research*, 15, 52.
- Loeblich, A. R. and Tappan, H., 1988. *Foraminiferal genera and their classification*. Van Nostrand Reinhold, New York, 970pp.
- Luczowska, E., 1974. Miliolidae (Foraminiferid) from the Miocene of Poland, Part II. Biostratigraphy, paleoecology and systematic. *Acta Palaeontologica Polonica* 19:3-176.
- Madkour, H. A., 2013. Recent benthic foraminifera of shallow marine environment from the Egyptian Red Sea coast. *Global Advanced Research Journal of Geology and Mining Research*, 2(1), 5-14.
- Majewski, W., Lecroq, B., Sinniger, F. and Pawlowski, J., 2007. Monothalamous foraminifera from Admiralty Bay, King George Island, West Antarctica. *Polish Polar Research*. 28, 187-210.
- Maliker, Y., 2010. Western Mediterranean shelf foraminifera: Recent distribution, Holocene sea-

- level reconstructions, and paleoceanographic implications. PhD dissertation, Hamburg University, 169pp.
- McCloskey, B., 2009. Foraminiferal responses to arsenic in a shallowwater hydrothermal system in Papua New Guinea and in the laboratory. PhD Dissertations, University of South Florida, 425pp.
- Melis, R. and Violanti, D., 2006. Foraminiferal biodiversity and Holocene evolution of the Phetchaburi Coastal area (Thailand Gulf). *Marine Micropaleontology*, 61, 94-115.
- Mendes, I., Gonzalez, R., Dias, J. M. A., Lobo, F. Martins V., 2004. Factors influencing recent benthic foraminifera distribution on the Guadiana shelf (Southwestern Iberia). *Marine Micropaleontology*, 51(1-2), 171-192.
- Mercau, J. R., Laprida, C., Chandler, D. D. E., Lopez, R. A. and Marcomini, Y. S., 2011. Modern foraminifera from coastal settings in northern Argentina: implications for the paleoenvironmental interpretation of mid Holocene littoral deposits. *Modern foraminifera from coastal settings, northern Revista Mexicana de Ciencias Geologicas*, 28, 45-64.
- Meriç, E., Avşar, N. and Bergin, F., 2004. Benthic foraminifera of Eastern Aegean Sea (Turkey) systematics and autoecology. Turkish Marine Research Foundation and Chamber of Geological Engineers of Turkey, Publication No. 18, 306pp.
- Meriç, E., Avşar, N., Nazik, A., Yokeş, B., Ergin, M., Eryılmaz, M., YücesoyEryılmaz, F., Gökaşan, E., Suner, F., Tur, H., Aydın, Ş. and Dinçer, F., 2009. Factors controlling formation of benthic foraminifera, ostracod, mollusc assemblages and sediment distribution of the geochemistry in the Dardanelles Strait. *Geology Bulletin of Turkey*, 52 (2), 155-216.
- Milker, Y. and Schmiedl, G., 2012. A taxonomic guide to modern benthic shelf foraminifera of the western Mediterranean Sea. *Palaeontologia Electronica*, 15 (2), 16A, 134p.
- Milker, Y., Schmiedl, G., Betzler, C., Römer, M., Jaramillo-Vogel, D. and Siccha, M., 2009. Distribution of recent benthic foraminifera in neritic carbonate environments of the Western Mediterranean Sea. *Marine Micropaleontology*, 70, 207-225.
- Miller, D. N., 1953. Ecological study of the Foraminifera of Mason Inlet, North Carolina. – Contribution from the Cushman Laboratory for Foraminiferal Research, 4 (2), 41-63.
- Millett, F. W., 1898. Report on the Recent Foraminifera of the Malaya Archipelago collected by Mr. a. Durrand, F. R. M. S., *Journal of Royal Microscopical Society*, 1898:258-269.
- Montagu, G., 1803. *Testacea Brittanica or Natural History of British Shells Marine, Land and Fresh Water, Including the Most Minute*. J.S. Hollis, Romsey.
- Montfort, P. denys de., 1808. *Conchyliologie Systematique et Classification Methodique des Coquilles*, Vol. 1. Paris: F. Schoell.
- Morigi, C., Jorissen, F.J., Fraticelli, S., Horton, B.P., Principi, M., Sabbatini, A., Capotondi, L., Curzi, P.V. and Negri, A., 2005. Benthic foraminiferal evidence for the formation of the Holocene mud-belt and bathymetrical evolution in the central Adriatic Sea. *Marine Micropaleontology*, 57, 25-49.
- Murray, J. W., 1969. Recent foraminifera from the Atlantic continental shelf of the United States. *Micropaleontology*, 15, 401-419.
- Murray, J. W. 1970. Foraminifera of the Western Approaches to the English Channel. *Micropaleontology*, 16, 471-85.
- Murray, J. W., 2003. An illustrated guide to the benthic foraminifera of the Hebridean shelf, west of Scotland, with notes on their mode of life. *Palaeontologia Electronica*, 5 (1), 1-31.
- Natsir, S. M. and Muchlisin, Z. A., 2012. Benthic foraminiferal assemblages in Tambelan Archipelago, Indonesia. *Aquarium, Conservation and Legislation International Journal of the Bioflux Society*, 5, 259-264.
- Neugeboren, J. L., 1850. Foraminiferen von Felső-Lapugy: zweiter Artikel. *Verhandlungen und Mittheilungen des Siebenburgischer Verein für Naturwissenschaften zu Hremannstadt*, 1, 118-127.
- Nigam, R., Setty, M.G.A.P. and Ambre, N.V., 1979. A checklist of benthic foraminifera from the inner shelf of Dabhol-Vengurla region, Arabian Sea. *Journal of Geological Society of India*, 20, 244-247.

- Nobes, K. and Uthicke, S., 2008. Benthic foraminifera of the Great Barrier Reef, A guide to species potentially useful as water quality indicators. Australian Inst. of Marine Sci., Townsville, 38pp.
- Nuglisch, K., 1985. Foraminiferen - marine Mikroorganismen. Die neue Brehm-Bücherei, Wittenberg. 176pp.
- Oflaz, S. A., 2006. Taxonomy and Distribution of the Benthic Foraminifera in the Gulf of Iskenderun, Eastern Mediterranean. Unpublished M.Sc. Thesis, Middle East Technical University, Ankara, 306 p.
- Orbigny, A. d', 1826. Tableau methodique de la classe des Cephalopodes Annal. Sci. Natur. 7, 245-314.
- Orbigny, A. d', 1839. Foraminiferes, in Ramon de la Sagra, Histoire physique, politique et naturelle de file de Cuba. Paris, Arthus Bertrand.
- Orbigny, A. d', 1846. Foraminiferes Fossiles Du Bassin Tertiaire De Vienne (Autriche). Gide et Comp, Libraires- Editeurs, Paris, Gide et Comp.
- Parker, F. L., 1958. Eastern Mediterranean foraminifera. Reports of the Swedish Deep-Sea Expedition, Sediment Cores from the Mediterranean Sea and the Red Sea, 8, 217-285.
- Parker J. H., 2009. Taxonomy of foraminifera from Ningaloo Reef, Western Australia. Memoirs of the Association of Australasian Palaeontologists, 36, 1-810.
- Parr, W. J., 1941. A new genus, *Planulinoides*, and some species of foraminifera from South Australia. Mining and Geological Journal, 2, 177.
- Parr, W. J., 1945. Recent foraminifera from Barwon Heads, Victoria. Proceedings of the Royal Society of Victoria, 56, 189-227.
- Perconig, E., 1954. Note paleontologiche Sulla zona costiera di Agrigento (Sicilia). Contributi di Scienze Geologiche con particolare riguardo all'Italia central, 3, 91-98.
- Phleger, F. B., 1965. Living benthic foraminifera from coastal marsh, southwestern Florida. Bol. Soc. Geol. Mexicana, 28(1), 45-60.
- Phleger, F. B. and Parker, F. L., 1951. Ecology of foraminifera, northwest Gulf of Mexico, Part II, Foraminifera species. Geological Society of America Memoir, 46, 1-59.
- Ragothaman, V. and Kumar, V., 1985. Recent foraminifera off the coast of Rameshwaram, Palk Bay, Tamil Nadu. Bulletin of the Geological, Mining and Metallurgical Society of India, 97-121.
- Rana, S. S., 2009. Study of foraminiferal distribution in surface and subsurface sediments off central east coast of India and their paleoecological significance. Published PhD Thesis, Department of Marine Science Goa University, Goa, India.
- Rao, K. K., 1970. Foraminifera of the Gulf of Cambay. Journal of Bombay Natural History, 66: 584-596.
- Rao, K. K., Sivadas, P., Narayanan, B. Jayalakshmi, K.V. and Krishnan Kutty, M. 1987. Distribution of foraminifera in the lagoons of certain islands of the Lakshadweep Archipelago. Arabian Sea. Indian Journal of Marine Science, 16, 161-178.
- Rao. T.V. and Rao, M. S., 1974. Recent foraminifera of Suddagadda estuary, east coast of India. Micropaleontology, 20, 398-419.
- Rasmussen, T. L., 2005. Systematic paleontology and ecology of benthic foraminifera from the Plio- Pleistocene Kallithea Bay section, Rhodes, Greece. Cushman Foundation for Foraminiferal Research Special Publication, Y13, 39, 53-157.*
- Reichel, M., 1937. Etude sur les Alvéolines, II. Schweizerische Paläontologische Abhandlung, 59 (3), 95-147.
- Reiss, Z., 1963. Reclassification of perforate foraminifera. Bulletin of the Geological Survey of Israel, 59, 1-111.
- Renema, W., 2003. Foraminifera on reefs around Bali (Indonesia). Zoologische Verhandelingen. 345, 337-366.
- Reuss, A. E., 1850. Neues Foraminiferen aus den Schichten des osterreichischen Tertiärbeckens. Denk-schriften der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften, Mathematisch-Naturwissenschaftliche Classe, 1, 365-390.
- Rocha, A. T. and Ubaldo, M. L., 1964. Nota Sobre of foraminifera recents da areias das praias dejampor (Damao) e de Baga Goa. Garcia de orto (lisabo), 12, 645-650.
- Sabbatini, M., Capotondi, L., Curzi, P. V. and Negri, A., 2005. Benthic foraminiferal evidence for the formation of the Holocene mud-belt and bathymetrical evolution in the central Adriatic

- Sea. *Marine Micropaleontology*, 57, 25–49.
- Said, R., 1949. Foraminifera from the northern Red Sea. Special Publication Cushman Laboratory for Foraminiferal Research, 26, 1-44.
- Said, R., 1950. Additional foraminifera from the northern Red Sea. Contribution from the Cushman Laboratory for Foraminiferal Research, 1, 5-9.
- Saidova, Kh. M., 1975. Benthonnye Foraminifery Tikhogo Okeana (Benthonic foraminifera of the Pacific Ocean). 3 vol. Moscow: Institute Okeanologii P. P. Shirshova, Akademiya Nauk SSSR.
- Saidova, Kh. M., 1981. Osovermennom sostoyanii sistemy nadvidykh taksonov Kaynozoyksikh Benthonkh Foraminifer (On an up-to-date system of supraspecific taxonomy of Cenozoic Benthonic foraminifera) Moscow: Institute Okeanologii P. P. Shirshova, Akademiya Nauk SSSR.
- Samir, A. M., Abdou, H. F., Zazou, S. M. and El-Menhawey, W. H., 2003. Cluster analysis of recent benthic foraminifera from the northwestern Mediterranean coast of Egypt. *Revue de Micropaleontologie*, 46, 111-130.
- Sarkar, S. D. S. and Gupta, A. K., 2009. Late Quaternary benthic foraminifera from Ocean Drilling Program Hole 716A, Maldives Ridge, southeastern Arabian Sea. *Micropaleontology*, 55 (1), 23- 48.
- Sgarrella, F. and Moncharmont Zei, M., 1993. Benthic foraminifera of the Gulf of Naples (Italy): systematics and autoecology. *Bollettino Della Società Paleontologica Italiana*, 32 (2), 145-264.
- Schlumberger, C. 1893. Note sur les genres Trillina et Linderina, *Bulletin de la Societe Geologique de France*, sen. 3 (21), 118-123.
- Schroeter, J.S., 1783. Einleitung in die Conchilienkenntnis nach Linné, Erster Band. Gebauer, J.J, Halle.
- Schultze, M. S., 1854. Über den Organismus der Polythalamina (Foraminiferen) nebst Bemerkungen Über die Rhizopoden im Allgemeinen. Leipzig: Wilhelm Engelmann.
- Schwager, C., 1876. Saggio di una classificazione dei foraminiferi avuto riguardo alle loro famiglie naturali. *Bulletino R. Comitato Geologico d'Italia*, 7:475-485.
- Schwager, C., 1877. Quadro del proposto Sistema di classificazione dei foraminiferi con guscio, *Bulletino R. Comitato Geologico d'Italia*, 8, 18-27.
- Schumacher, S., Jorissen, F. J., Dissard, D., Larkin, K. E. and Gooday, A. J., 2007. Live (Rose Bengal stained) and dead benthic foraminifera from the oxygen minimum zone of the Pakistan continental margin (Arabian Sea). *Marine Micropaleontology*, 62, 45-73.
- Scott, D. B. and Hengstum, P. J. V., 2011. Ecology of foraminifera and habitat variability in an underwater cave: distinguishing anchialine versus submarine cave environments. *Journal of Foraminiferal Research*, 41(3), 201–229.
- Seears, H., 2011. Biogeography and phylogenetics of the planktonic foraminifera. PhD thesis, University of Nottingham, United Kingdom, P. 76 –77.
- Silvestri, A., 1923. Lo stipites Della Elissoforme e sue affinita. *Memorie Della Pontificia Accademia Della Scienze, Nuovi Lincei*, ser. 2: 231-270.
- Sen Gupta, B. K., 1971. The benthonic foraminifera of the Tail of the Grand Banks. *Micropaleontology*, 17(1), 69-98.
- Setty M. G. A. P. and Nigam, R., 1980. Microenvironment and anomalous benthic foraminiferal distribution within the neritic regime of the Dabhol-Vengurla sector (Arabian Sea). *Revista Italianade Paleontologia and Stratigrafia*, 417-428.
- Sgarrella, F. and Moncharmont Zei, M., 1993. Benthic foraminifera in the Gulf of Naples (Italy): systematics and autoecology. *Bollettino Della Società Paleontologica Italiana*, 32 (2), 145-264.
- Shareef, N. A. and Venkatachalapathy, V., 1988. Foraminifera from the shore sands of Bhaktal and Devgad Islands, west coast of India. *Journal of Geological Society of India*, 31, 432-441.
- Steinker, D. C., 1980. Nearshore foraminifera from Bermuda. *The Compass*, 57, 129-148.
- Stubbings, H. G., 1939. Stratification of biological remains of marine deposits of the Arabian Sea. *British Museum, (Nat. Hist.)*, John Murray Expedition, 3(3), 159-192.
- Suhartati, M. and Muchlisin, Z. A., 2012. Benthic foraminiferal assemblages in Tambelan

- Archipelago, Indonesia. *Aquarium, Conservation and Legislation International Journal of the Bioflux Society*, 5(4), 259-264.
- Terquem, O., 1875. Essai sur le classement des animaux qui vivent sur la plage et dans les environs de Dunquerque. *Easc*, 1. Paris, pp. 1–54.
- Terquem, O., 1876. Essai sur le classement des animaux qui vivent sur la plage et dans les environs de Dunquerque. *deuxieme fascicule*, 55-100.
- Terquem, O., 1882. Les foraminiferes de l' Eocene environs de Paris. *Memoires de la Societe Geologique de France*, ser.3, 2 (3), 1-193.
- Todd, R., 1965. The foraminifera of the tropical Pacific collections of the «Albatross», 1899-1900, Part 4, Rotaliform families and planktonic families. *United States National Museum Bulletin*, 161, 1-139.
- Todd, R. and Low, D., 1971. Foraminifera from the Bahama Bank west of Andros Island. *United States Geological Survey Professional Paper*, 683-C: 1-22.
- Toefy, R., McMillan, I. K., und Gibbons, M. J., 2005. The foraminifera associated with the alga *Gelidium pristoides*, South Africa. *African Invertebrates*, 46, 1-26.
- Van Voorthuysen, H. J., 1957. Foraminiferen aus dem Eemian (Riss-Würm interglazial) in der Bohrung Amersfoort 1 (*Locus typicus*). *Mededelingen van der Geologische Stichting*, 11, 27-39.
- Vedantam, D. and Rao, M.S. 1970. Recent foraminifera from off Pentakota, east coast of India. *Micropaleontology* 16 (3), 325-344.
- Wiesner, H., 1920. Zur Systematik der Miliolideen. *Zoologischhes Anzeiger* 51, 13-20.
- Wiesner, H., 1923. Die Miliolideen der östlichen Adria. The author, Prag Bubenec. Albani, A. D., 1974. New benthonic foraminiferida from Australian waters. *Journal of Foraminiferal Research*, 4, 35-37.
- Wiesner, H., 1931, Die Foraminiferen der deutschen Südpolar-Expedition 1901-1903. In: Drygalski, E. von, (ed.) *Deutsche Südpolar-Expedition 1901-1903*, im Auftrage des Reichsministeriums des Innern: 20 (= *Zoologie*, Band 12), 49-165. Walter DeGruyter and Co. (Berlin and Leipzig).
- Williamson, W. C., 1858. On the recent foraminifera of Great Britain. *The Ray Society*, London, 1-107.
- Wisshak, M. and Rueggeberg, A., 2006. Colonisation and bioerosion of experimental substrates by benthic foraminiferans from euphotic to aphotic depths (Kosterfjord, SW Sweden). *Facies*, 52, 1-17.
- Wright, j., 1900. The foraminifera of dog's Bay, Connemara. *Irisb Naturalist*, 9: 50-55.
- Yalcin, H., Meric, E, Avsar, N., Tctiker, S., and Dincer, F., I., 2006. Recent colored benthic foraminifers and their mineralogical and geochemical features in the Aegean and Southwestern Mediterranean Coasts. *Geological Bulletin of Turkey*, 49 (2), 29-51.
- Yanko, V., 1995. Benthic foraminifera as indicators of heavy metal pollution along Israeli Coasts. In: Yanko, V. (ed.) *Avicenna (AVI CT92-0007)*, benthic foraminifera as indicators of heavy metal pollution-a new kind of biological monitoring for the Mediterranean. *Task 5*, 58-152.
- Yanko, V., avsar, N., Sanvoisin, R., Spezzaferri, S, Meric, E. and Basso, D., 1993. Foraminiferal study: Taxonomy, distribution. *Task 9*, 31-33.
- Yassini, I. and Jones B. G., 1995. Recent foraminifera and ostracoda from estuarine and shelf environments on the southeastern coast of Australia. *University of Wollongang Press*, New South Wales, Wollongang, 484pp.
- Zheng, S. Y., 1979. The recent foraminifera of the Xisha Island, Guangdong Province, China, II. *Studia Marina Sinica*, 15, 101-232.



Çan Taşı Tüfü'nün Mineralojik Özellikleri ve Jeokronolojisi
(Biga Yarımadası, KB Türkiye)
Mineralogical Properties and Geochronology of the Çan Stone Tuff
(Biga Peninsula, NW Turkey)

Oya Erenoğlu*

*Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Eğitim Fakültesi,
Coğrafya Eğitimi Bölümü, 17100 Çanakkale*

Geliş/Received : 07.06.2017 • Düzeltmiş Metin Geliş/Revised Manuscript Received : 04.07.2017 • Kabul/Accepted : 12.07.2017 • Baskı/Printed : 01.08.2017

Araştırma Makalesi/Research Article

Türkiye Jeol. Bül. / Geol. Bull. Turkey

Öz: “Çan taşı” Çan-Etili civarında yaygın yüzlekleri bulunan, Biga Yarımadası Oligosen volkanizmasının piroklastik ürünü olan riyolitik tüflerden oluşmaktadır. Bu çalışmada, Çan taşı tüflerinin petrografik ve mineralojik (XRD-SEM/EDX) değerlendirilmesi yapılmıştır. Ayrıca bölgede yaygın volkanizma içindeki kronostratigrafik konumu belirlemek amacı ile jeokronolojik yaş tayini gerçekleştirilmiştir. Geç Oligosen yaşlı oldukları belirlenen Çan taşı tüfleri açık sarımsı, krem ve hidrotermal alterasyon sonucu demirli oksitleşme ile gelişmiş kırmızımsı, kahverenkli değişik motifler sunarlar. Çan taşlarının petrografik, XRD ve SEM/EDX incelemeleri sonuçlarına göre başlıca; kuvars, sanidin, albit, pirit, kaolinit, alunite, nadir olarak biyotit ve amfibol mineralleri belirlenmiştir. Nadiren özşekilli, daha çok frambolitler şeklinde paketlenmiş kristallerden oluşan pirit mineralleri bu tüfler üzerindeki değişik desenleri oluştururlar. Bu desenler sayesinde Çan taşları, inşaat sektöründe kaplama taşı ve/veya dekoratif amaçlı olarak uzun yıllardır ilgi görmektedir ve kullanılmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Biga Yarımadası, Çan taşı, K/Ar, SEM, XRD

Abstract: “Çan stone” is composed of rhyolitic tuffs, which are the pyroclastic products of the Oligocene volcanics of the Biga Peninsula, which have widespread outcrops around Çan-Etili. In this study, the petrographic and mineralogical (XRD-SEM / EDX) evaluations of Çan stone tuffs are carried out. Furthermore, geochronological dating is performed to determine the chronostratigraphic position in the widespread volcanism of the area. The Çan stone tuff, which is determined to be of late Oligocene age, shows light yellowish, creamy and reddish -brownish different motifs developed by ferrious oxidation after hydrothermal alteration. According to the results of the XRD and SEM / EDX analyzes of Çan stones; quartz, sanidine, albite, pyrite, kaolinite, alunite and rarely biotite and amphibole minerals are detected. The pyrite minerals, which are rarely euhedral and mostly composed of crystals packed in frambolites, form different patterns on these tuffs. Owing to these motifs, Çan stones have been interested and used for covering stone and / or for decorative purposes in the construction sector for many years.

Key Words: Biga Peninsula, Çan stone, K/Ar, XRD, SEM

GİRİŞ

Kuzeybatı Anadolu’da volkanizma, Sakarya kıtası ile Toros kıtasının Üst Kretase’de çarpışmasını takiben, Geç Eosen’den Pliyosen dönemine kadar farklı evrelerde ve farklı karakterlerde yaygın olarak gelişmiştir. Çalışmanın konusunu oluşturan “Çan taşı” olarak bilinen riyolitik tüfler, Biga Yarımadası’ndaki Geç Oligosen - Erken Miyosen döneminde gerçekleşen volkanik aktivitenin piroklastik ürünleri olarak gözlenirler. Tüfler, inşaat sektöründe yapıtaşı, kaplama taşı ve/veya dekoratif amaçlı olarak uzun yıllardır kullanılmaktadır. Hafif ve kolay işlenebilir olma özelliklerinin yanı sıra, ısı yalıtımının ve ses izolasyonunun iyi olması nedeniyle de çok eskiden beri cami duvarlarında, tarihi eserlerin ve sanat yapılarının kaplamalarında kullanılmışlardır. Tüfler üzerinde gözlenen ve güzel motifler oluşturan demir oksit izleri, bunların son yıllarda dekoratif amaçlı olarak da yaygınca kullanılmasını sağlamıştır (Türkdönmez ve Bozcu, 2012).

Bölgede Bingöl vd. (1975), Siyako vd., (1989), Okay vd., (1990), Ertürk vd., (1990), Ercan (1979), Ercan vd., (1985), Ercan vd., (1995), Genç (1998), Yılmaz vd., (2001), Dönmez vd., (2005), Türkdönmez (2007), Altunkaynak ve Genç (2008), Söylemezoğlu (2009), Altunkaynak vd., (2012), Genç vd., (2012), Ersoy ve Palmer (2013), Erenoğlu (2014), Türkecan (2015) olmak üzere birçok araştırmacı bölgenin jeolojik, tektonik ve stratigrafik evriminin aydınlatılması ile magmatik kayaların petrografisine ve petrolojisine yönelik çalışmalar yapmışlardır. Ancak bölgede yaygın olarak kullanılan Çantaşı tüflerinin mineralojik özelliklerini ve jeokronolojisini araştıran bilimsel bir çalışma bulunmamaktadır.

Bu çalışma kapsamında Biga Yarımadası’nın orta kesiminde Etili ilçesi güneyinde yer alan Oligosen volkanizmasına ait Çan taşı tüflerinin jeolojik, petrografik ve mineralojik veriler sonucunda oluşumlarında etkili süreçlerin ortaya konulması amaçlanmıştır ve jeokronolojik yaş verisi ile kronostratigrafideki konumları belirlenmiştir.

MATERYAL ve YÖNTEM

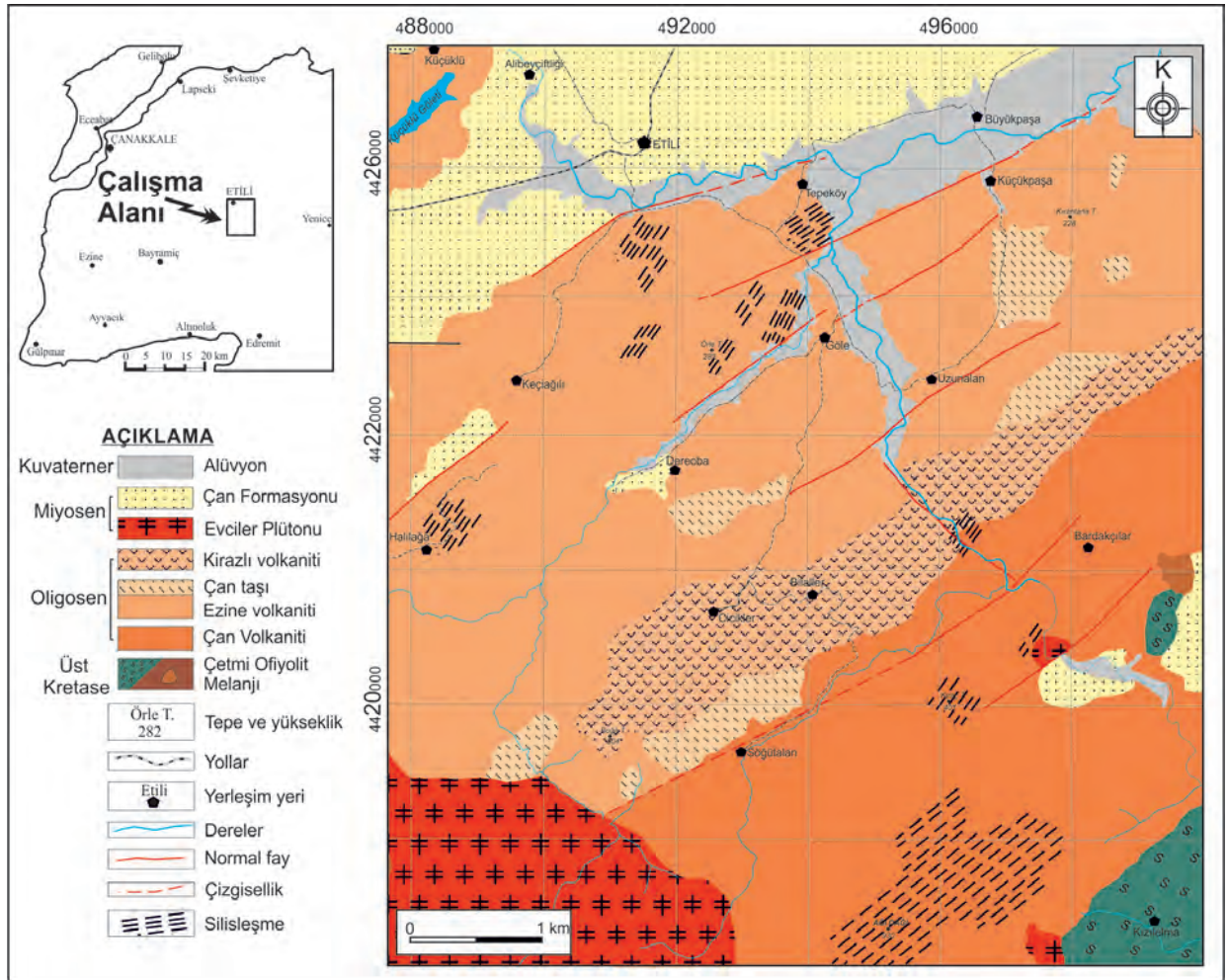
Tüflere ait toplam 10 örneğin ince kesitleri Pamukkale Üniversitesi İncekesit Laboratuvarı’nda yaptırılmıştır. Hazırlanan ince kesitler polarizan mikroskopta incelenmiş, mineralojik bileşimleri belirlenmiş ve petrografik incelemelerle tüflerin doku, isimlendirme ve sınıflandırması hakkında bilgisi sağlanmıştır. Tüf örneklerinin X-Işını kırınım (XRD) ve taramalı elektron mikroskop (SEM) analizleri Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Bilim ve Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi (ÇOBİLTUM)’da gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada ince toz haline getirilen tüf örneklerinin mineral içerikleri PANalytical X-ışını difraktometresi ile tanımlanmıştır. Yüzey görüntüleri ise JEOL JSM-7100F modelindeki cihazda Taramalı Elektron Mikroskobu kullanılarak alınmıştır. Ayrıca Oxford Instruments X-Max marka dedektörde enerji dağılım spektrometre (EDX) analizleri gerçekleştirilmiştir. Numunelerin iletkenlik özelliklerini arttırmak için Quorum kaplama cihazında önce 8×10^{-1} mbar/Pa vakum uygulanıp, 10 mA voltaj uygulanarak altın-paladyum (%80-20) kaplama işlemi gerçekleştirilmiştir. Çalışma alanında daha önce hiç jeokronolojik yaşlandırılması yapılmamış olan Çan taşına ait 1 adet tüf örneği Geochronex (Kanada) Laboratuvarı’nda K/Ar tüm kaya yöntemi ile analiz edilmiştir.

ÇALIŞMA ALANININ GENEL JEOLJİSİ VE STRATİGRAFİSİ

Çalışma alanı, Kuzeybatı Anadolu’da, Biga Yarımadası’nda Kazdağı’nın kuzeydoğu bölümünde Etili beldesi ve güneyini kapsamaktadır (Şekil 1). Çalışma alanında metamorfik, magmatik ve sedimanter kayalardan oluşan farklı kaya birimleri 7 litostratigrafi birimine ayrılmıştır. Bunlar; çalışma alanının temelini oluşturan Üst Kretase yaşlı Çetmi Ofiyolit melanji, Oligosen yaşlı Çan volkaniti, Ezine volkaniti, Kirazlı volkaniti,

temel kayaları ve volkanik topluluğu keserek yerleşen Evciler Plütону, etkin magmatizmadan sonra Miyosen ve sonrasında bölgede çökelmiş Çan Formasyonu'ndan oluşmaktadır (Şekil 2). Bölgede temeli Mesozoyik yaşlı Çetmi Ofiyolit melanjı oluşturmaktadır. Birim başlıca serpantinit ve mermer bloklarından meydana gelir. Çetmi Ofiyolit melanjı bölgedeki volkanik topluluk ile uyumsuz üzerlenmektedir. Oligosen döneminde

başlayan yaygın volkanizma Miyosen başlarına kadar devamlılığını sürdürmüştür. Bölgenin temel kayaları ve volkanik kayaları Oligosen-Miyosen aralığında granit, granodiyorit bileşimindeki Evciler Plütону tarafından kesilmektedir. Bölgedeki yoğun volkanizmanın ardından bunlar üzerinde uyumsuz olarak Çan Formasyonu'na ait sedimanter kayalar çökelmiştir. Güncel alüvyon örtü ise tüm birimleri uyumsuz olarak örtmektedir.

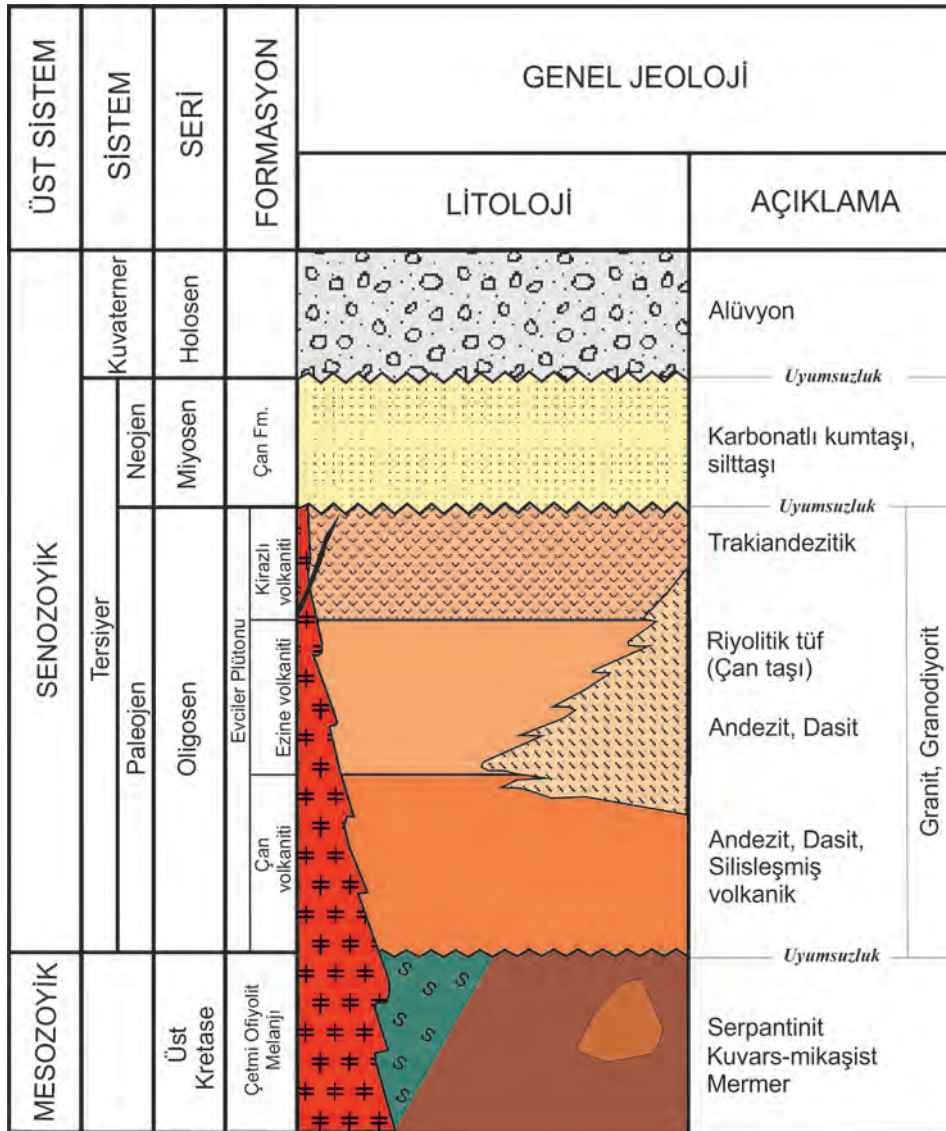


Şekil 1. Çalışma alanının jeoloji haritası

Figure 1. Geological map of the study area

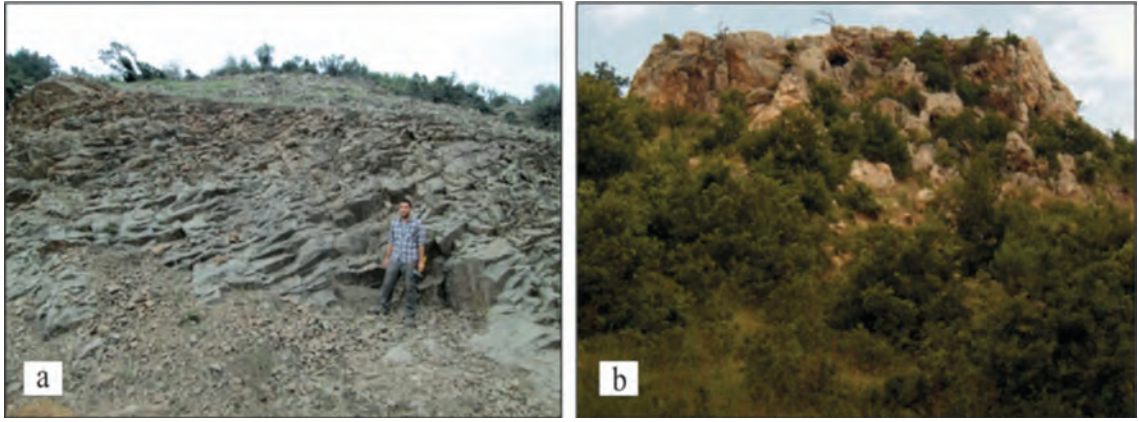
Bölgede Oligosen dönemine ait yaygın gözlenen volkanik topluluk litolojik farklılıklarından ve stratigrafik konumlarından dolayı Çan volkaniti, Ezine volkaniti ve Kirazlı volkaniti olmak üzere üç farklı harita birimi olarak ayırt edilmiştir. Çan volkanitlerine ait volkanik kayalar Söğütalan ve Bardakçılar köylerinin güneyinde kalan alanda gözlenmektedirler (Şekil 1). Genel olarak lavlar gri, yeşilimsi, kırmızımsı kahverengi renklere andezit ve dasit türlerinde

bulunurlar. Çalışma alanında yaygın görülen ortaç bileşimli lav akıntıları çoğunlukla masiftir. Bilaller köyü ile Söğütalan köyü arasında görülen lav akıntıları üzerinde bol miktarda eklem ve çatlak sistemleri gelişmiştir (Şekil 3a). Çan volkanitleri içinde Ağı Dağı'nın zirvesinde ve çevresindeki tepelerin üst kısımlarında yer yer demiroksitle birlikte yaygın silis kütleleri gözlenmektedir (Şekil 3b).



Şekil 2. Çalışma alanının genelleştirilmiş stratigrafik kesiti (ölçeksiz)

Figure 2. Generalized stratigraphic section of the study area (not scaled)

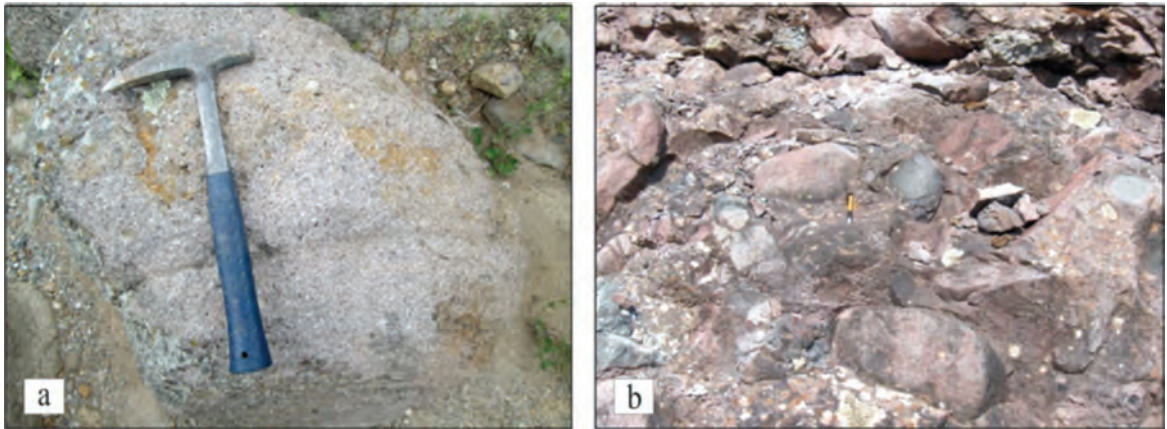


Şekil 3. a) Söğütalan köyü çevresinde gözlenen Çan volkanitine ait trakiandezitik lavlar, b) Çan volkanitleri içinde tepelerde gözlenen demir alterasyonlu silisleşmiş volkanitler

Figure 3. a) Trachyandesitic lavas of Çan volcanite observed around Söğütalan village, b) Iron-altered silicified volcanic rocks observed in the Çan volcanics

Siyako vd., (1989), Biga Yarımadası'ndaki Bayramiç-Çan bölgesi ve Edremit Körfezi çevresindeki Oligosen-Miyosen volkanizması yüzleklerini Ezine volkaniti olarak adlandırmıştır. Ezine volkanitlerine ait birimler çalışma alanında Halılağa, Keçiağılı, Dereoba, Uzunalan, Küçükpaşa köyleri çevresinde görülmektedirler. Ezine volkanitleri çoğunlukla andezit ve dasit bileşimli lav akıntıları ve riyolitik bileşimli tüflerden oluşan piroklastik fasiyesleri içerir. Lavların taze yüzeyleri genellikle gri ve pembe renkli ve porfirik dokudadır (Şekil 4a). Çalışmanın konusunu oluşturan Çan taşı tüfleri de bu volkanizmanın piroklastik ürünlerini teşkil etmektedir.

Çalışma alanında bloklu lav akıntısı şeklinde gözlenen Kirazlı volkanitleri, arazide dış yüzeylerinin mor ve bordomsu renklerdeki görünüşleriyle kolaylıkla ayırt edilirler (Şekil 4b). Bunlar Cicikler ve Bilaller köyleri arasındaki masif halde görülebildikleri gibi, Bilaller köyünün çıkışında ve kuzeydoğusunda bol kırık ve çatlak sistemlerine sahiptirler. Ayrıca bölgede Kirazlı volkanitlerini kesen küçük ölçekte bazalt dayklarına da rastlamak mümkündür. Dış yüzeyi morumsu bordo renkli olan birimin, çakılları kırıldığında koyu gri, siyah renkte gözlenmektedir. Bu görünüşleri ile bazaltik bileşimli kayalara çok benzerlik göstermektedirler.



Şekil 4. a) Ezine volkanitlerine ait andezit bileşimli porfirik lavlar, b) Kirazlı volkanitlerine ait lavlar

Figure 4. a) Andesitic porphyric lavas of Ezine volcanics, b) Lavas of Kirazlı volcanics

ÇAN TAŞI'NIN GENEL ÖZELLİKLERİ

Çan taşları çalışma alanının doğusunda, Uzunalan köyü, Dereoba köyleri civarında ve Söğütalan köyünün kuzeyinde gözlenirler. Çan taşı üretimi Çan ilçesine bağlı Söğütalan, Haliğa, Uzunalan, Göle, Bilaller ve Dereoba köyleri civarındaki ocaklardan yapılmaktadır (Şekil 5a). Bunlardan 5 tanesi çalışır durumda olup, Çan taşı adı altında işletilen tüf ocaklarıdır (Türkdönmez, 2007; Türkdönmez ve Bozcu, 2012). Bu ocaklarda üretim çoğunlukla ilkbahar ve yaz olmak üzere yılın tamamında yapılabilmektedir.

Çan taşı öncelikle Çan ilçesi ve civarındaki köylerde ve Çanakale ilinin diğer bir çok ilçelerinde yerleşimin başladığı zamandan itibaren kullanılmıştır. Bu taşların tercih edilmesinin nedeni, bölgenin yakınlarından kolaylıkla temin edilmesi ve basit teknik ve aletler kullanılarak üretilip, işlenebilmesidir. Eski yıllarda üretim daha çok insan gücüne dayalı iken, 1985 yılından sonra elmaslı dairesel testereleler kullanılarak üretim ve kalite nispeten gelişmiştir (Akdaş vd., 2001). Günümüzde de taş kesme makinaları ile düzgün plakalar haline getirilen Çan taşları daha sonra kullanılacak boyutlarda ufaltılarak insan gücü yardımıyla şekillendirilmektedir (Şekil 5b, 5c, 5d). Yörede yaşayan insanlar başta olmak üzere Çan taşına olan yoğun talep artarak devam etmektedir.

Çan taşı bej, beyaz, kırmızı ve kahverengi renk tonlarına sahip, hidrotermal alterasyon sonucu demir oksitleşmenin yaygınca izlendiği kayalardır. Bej ve sarı rengin içinde koyu renkli olan çizgisel, haleli veya desenli bir görüntü ile cazip gözükmetedir. Bu haleli oluşum kayacın mineralojik ve kimyasal bileşimi ile ilgilidir. Çan taşı tüfleri, mühendislik özellikleri açısından değişkenlikler göstermesine karşın farklı renk ve desenler içermeleri, hafif olmaları ve kolay işlenebilir olmaları nedeniyle dış cephe kaplamalarında hafif yapı taşı olarak kullanıma uygun özellikler göstermektedir (Türkdönmez

ve Bozcu, 2012). Bu nedenle inşaat sektöründe yapıtaşı, kaplama taşı ve/veya dekoratif amaçlı olarak uzun yıllardır kullanılmaktadır. Hafif ve kolay işlenebilir olma özelliklerinin yanı sıra, ısı yalıtımının ve ses izolasyonunun iyi olması nedeniyle de çok eskiden beri cami duvarlarında, tarihi eserlerin ve sanat yapılarının kaplamalarında kullanılmışlardır (Şekil 6).

ÇAN TAŞI'NIN MİNERALojİK-PETROGRAfİK ÖZELLİKLERİ

Petrografik Özellikler

Çalışma alanında yer alan Çan taşı tüfleri afanitik dokuya sahip, kompakt bir yapı gösterirler. Kristalen ve vitrik tüf sınıfında yer alırlar. Riyolitik bileşimlidirler. Türkdönmez (2007) ve Türkdönmez ve Bozcu (2012) bu bölgedeki tüfler üzerinde yaptıkları jeokimyasal çalışmalarda tüflerin bileşiminin riyolit olduğunu belirtmişlerdir. Silis oranı düşük, gözenekliliği yüksek olan tüflerde desenli ve renkli yapı daha belirgin olarak gelişmiştir. Buna karşın kayacın silis oranı yüksek, gözenekliliği düşük olan kısımlarda desenli ve renkli oluşum gözlenmemektedir.

Çan taşı tüflerinin mikroskobik incelemelerinde başlıca mineralleri çoğunlukla mikro tanelerden oluşmuş kuvars kristalleri oluşturmaktadır (Şekil 7a). Sanidin kristalleri, çok nadir görülen biyotit ve amfibol türü mafik kristaller, bileşime katılan diğer minerallerdir. Hamurunu ise bazı kesimlerde devitrifiye olmuş volkanik cam oluşturur. Volkanik cam, belli yerlerde çok belirgin olmamakla birlikte akma dokusu gösterir (Şekil 7b). Kesitlerin hemen hemen hepsinde alterasyon sonucu gelişmiş demir oksitlere rastlamak mümkündür. Yarıözşekilli sanidin kristalleri nadir olarak görülmektedir (Şekil 7c). Kuvars kristallerinin bir kısmı kayacın oluşumu sırasında oluşurken, bazı kesimlerde de hidrotermal alterasyon ile diğer mineralleri ornatmış halde bulunurlar. Bazı örneklerde

kuvars çevrelerinde magma korozyonundan ileri gelen elek dokularına rastlanılır (Şekil 7d). Alterasyon ürünleri olarak demir oksitleşmenin

yanı sıra serizitleşmeye ve killeşmeye de yer yer rastlanılmaktadır.



Şekil 5. a) Dereoba köyü civarındaki Çan taşı ocağı, b) Tüfler üzerinde gelişmiş demiroksit haleleri, c) Çan taşlarının kesimi, d) Çan taşlarının işlenmesi

Figure 5. a) Çan stone quarry around Dereoba village, b) Improved iron oxides on tuffs, c) Cutting of Çan stones, d) Processing of Çan stones



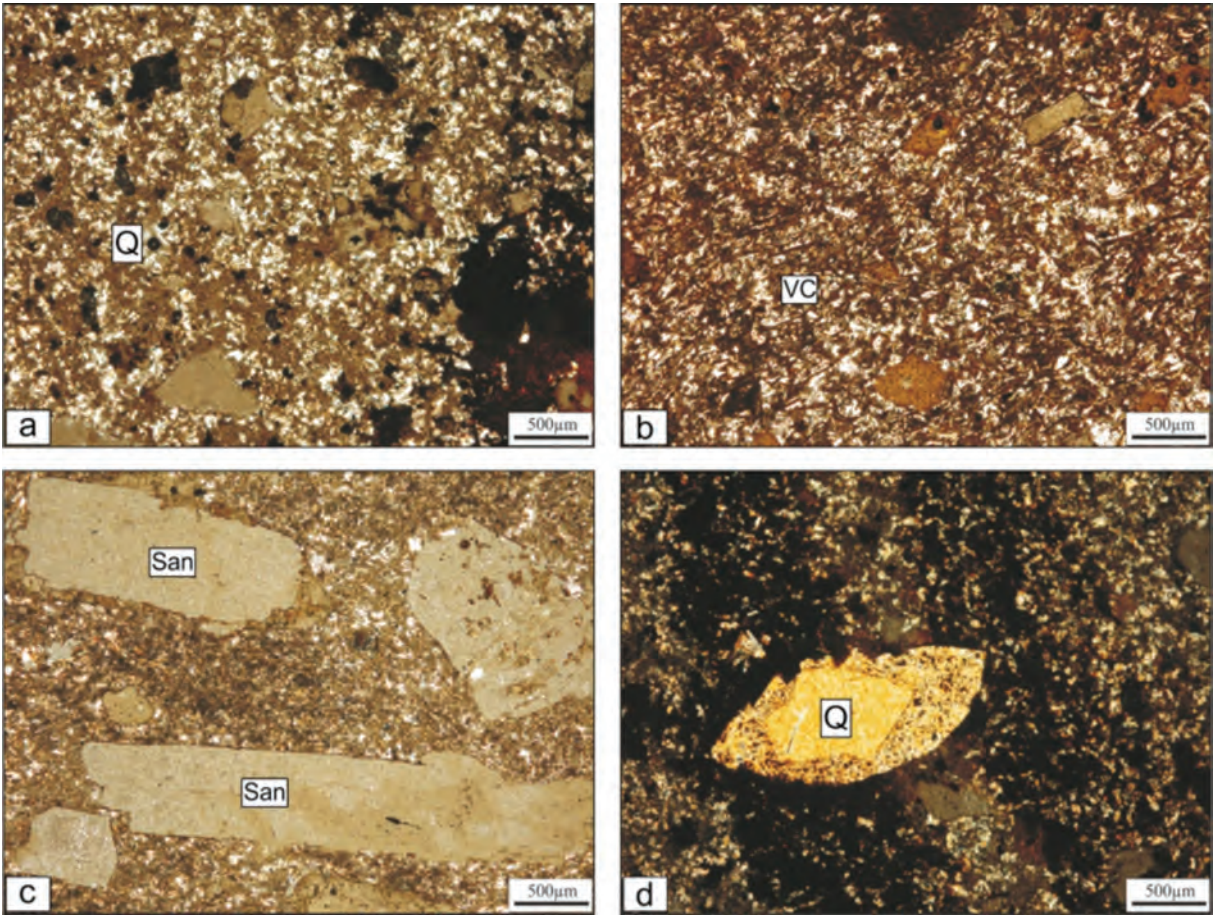
Şekil 6. Dekoratif amaçlı ve duvar kaplaması olarak kullanılan Çan taşları

Figure 6. Çan stones used as ornamental and wall covering

XRD Analizi

Çan taşı tüflerinin mineralojik bileşimlerinin belirlenmesi amacıyla tüm kayaca ait XRD analizleri yapılmıştır. 63 mikronun altında toz haline getirilen tüf örnekleri numune tutucu içinde iyice sıkıştırılarak hazırlanmıştır. 10-90 derece açı aralığında, 0,0130 derece adımlarla, 37,9950 saniyede bir tarama gerçekleştirilmiştir. Bu taramalar sonucunda tüflerin XRD difraktogramları incelendiğinde başlıca mineral

bileşenlerinin; kuvars, sanidin, albit, kaolinit, alunit ve tridimit içerdiği görülmektedir (Şekil 8). X-ışını taramalarında petrografik çalışmalarda gözlenen demir minerallerine ve mafik minerallere ait izlere rastlanılmamıştır. Kuvars minerallerinin 20-50 derece açı aralığında yaygın olmak üzere, 90 derece açı aralığına kadar geniş bir spektrumda pikleri görülmektedir. Difraktogramlarda gözlenen kuvars mineraline ait piklerin aynı zamanda mineral topluluğuna eşlik eden volkanik cam ve diğerlerinden kaynaklandığı düşünülmektedir.



Şekil 7. a) Çan taşı tüflerinde gözlenen mikro kuvars kristalleri (ÇN), b) Tüflerde akma dokusu gösteren volkanik cam görünümü (TN), c) Tüflerde gözlenen sanidin mineralleri (ÇN), d) Magma korozyonu gösteren kuvars minerali. (ÇN, çift nikol; TN, tek nikol; VC, volkanik cam; Q, kuvars; San, sanidin).

Figure 7. a) Micro quartz crystals observed in Çan stone tuffs (xp), b) View of flowing texture on volcanic glass (ppl), c) K-Feldspar minerals observed in tuffs, d) Quartz mineral with magma corrosion. (xp, cross-polarized light; ppl, plane-polarized light; VC, volcanic glass; Q, quartz; San, sanidine).

SEM Analizi

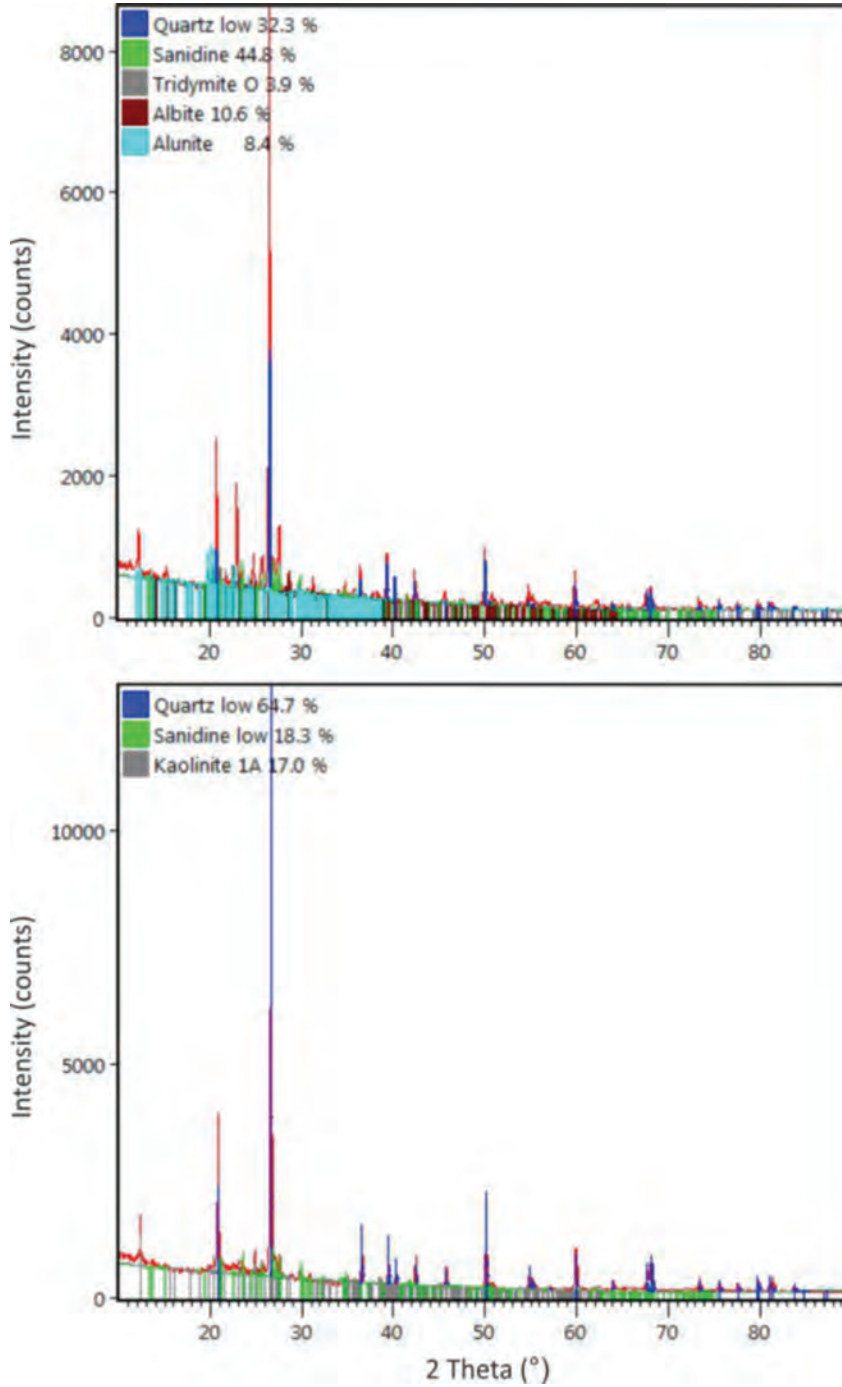
Petrografik çalışmalar ve XRD analizleri ile mineralojik bileşimleri belirlenen tüf örneklerinde, gözlenen minerallerin kristal boyutları, morfolojileri ve tane ilişkileri taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile tanımlanmıştır. Görüntülerde gözlenen mineraller petrografik çalışmalar ve XRD verileri ile karşılaştırılmıştır.

Kuvars

Tüfler içinde gözlenen kuvars mineralleri çoğunlukla özşekilsiz görülmektedir. EDX analizinde Si ve O ana unsurları oluşturur (Şekil 9a). Nadiren iyi gelişmiş özşekilli, ötijenik kristaller olarak gözlenmiştir (Şekil 9b). Bu kristallerin boyutları 5-10 µm arasında değişmektedir. Konkoidal kırınımın görüldüğü

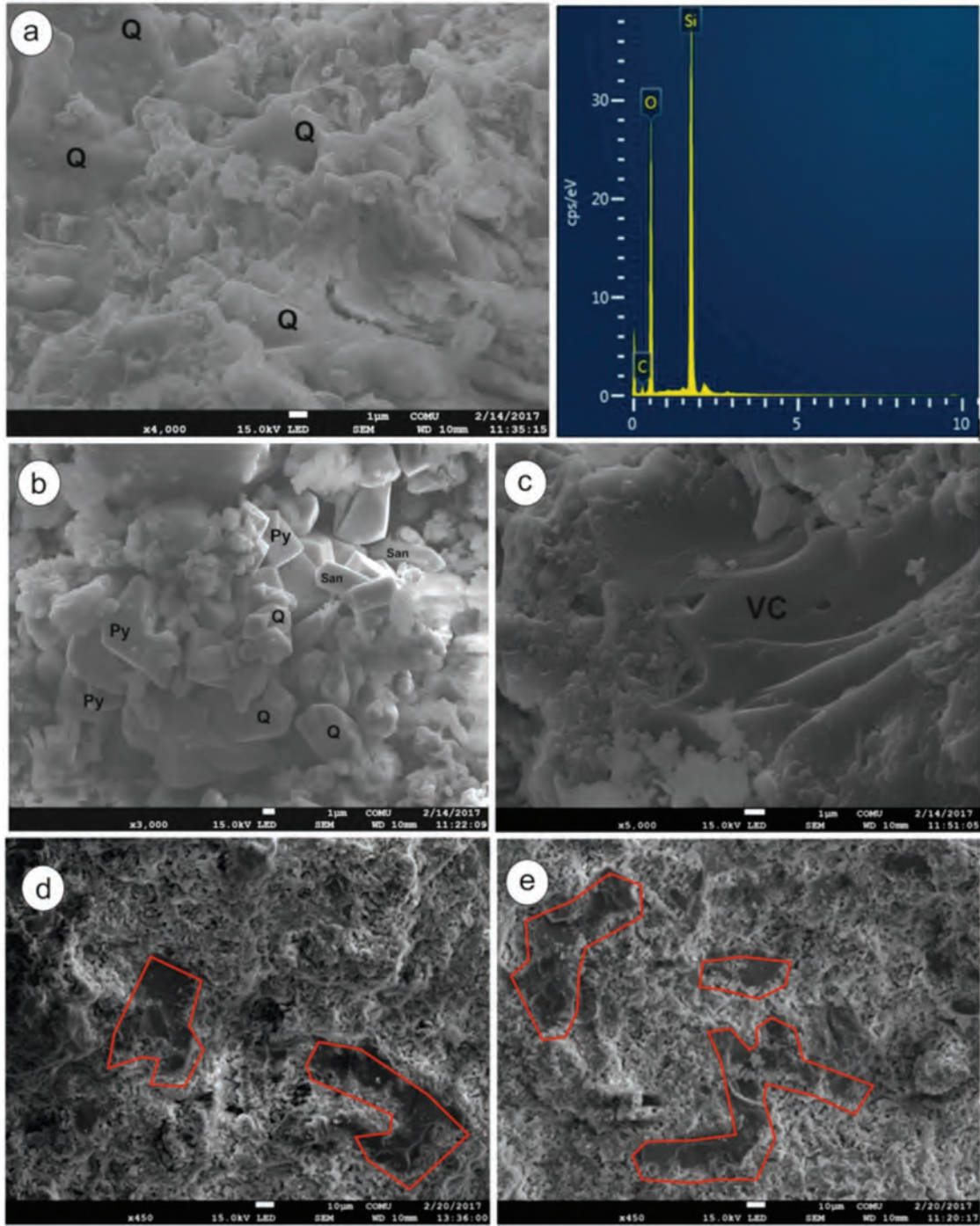
Si ve O'li bileşenler ise tüfler içindeki volkanik camı temsil etmektedir (Şekil 9c). Bu da petrografik çalışmalarda gözlenen volkanik camın

varlığını doğrulamaktadır. Ayrıca özşekilsiz kuvars mineralleri kayada boşluk dolgusu şeklinde kendini göstermektedir (Şekil 9d, e).



Şekil 8. Çan taşı tüflerine ait XRD difraktogramları

Figure 8. XRD diffractograms of Çan stone tuffs



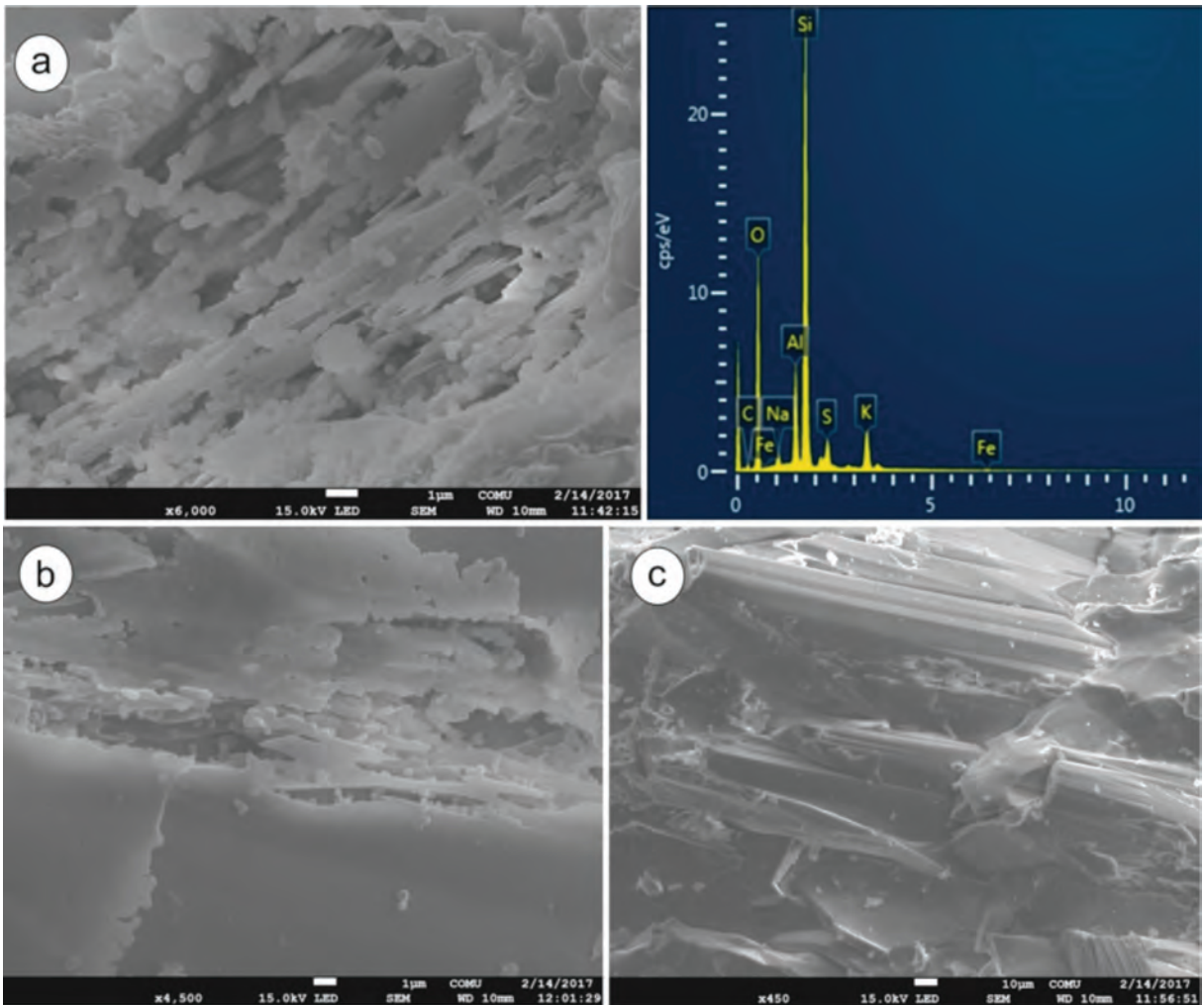
Şekil 9. Çan taşı tüflerinde gözlenen kuvars kristallerinin farklı SEM görüntüleri. a) Özşekilsiz kuvars mineralleri, b) Özşekilli kuvars kristali, c) Volkanik cam, d-e) Boşluk dolgusu şeklinde gözlenen kuvars mineralinin kayaç içindeki görüntüleri (Q, kuvars; Py, pirit; San, sanidin; VC, volkanik cam).

Figure 9. Different SEM images of the quartz crystals observed in Çan stone tuffs. a) Anhedrall quartz mineral, b) Euhedral quartz crystals, c) Volcanic glass, d-e) Images of quartz mineral in the form of void fill (Q, quartz; Py, pyrite; San, sanidine, VC, volcanic glass).

Feldispat mineralleri

İncelenen örneklerin tümünde yer alan feldispatlar egemen olarak sanidin ve daha nadir albit minerallerinden oluşmaktadır. Şekil 10'da tuf örnekleri içinde gözlenen feldispat mineralleri ve EDX analiz sonuçları görülmektedir. Sanidin mineralleri çoğunlukla kristalografik olarak çözülmüş, dentritik mineraller olarak gözlenir (Şekil 10a, 10b). Albit ise ince çizgisel taneler

şekindedir (Şekil 10c). EDX analizinde Si, Al, K ve Na ana unsurları oluşturur. Bu, sanidin ve albit için tipik bir EDX spektrumudur. Minerallerin feldispat olarak tanımlanması öncelikle EDX analizine dayanır. EDX grafiğinde görüntülenen ana elementlerin bağlı pik yükseklikleri, sanidin (KAlSi_3O_8) ve albit ($\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$) minerallerinin formülüne karşılık gelir. İnce kesit ve X-ışını kırınımı sonuçları da bu tanımlamayı doğrulamaktadır.



Şekil 10. Dentritik feldispat minerallerinin SEM görüntüleri ve EDX analiz sonuçları. a-b) Sanidin minerali, c) Albit minerali

Figure 10. SEM images and EDX analysis results of dendritic feldspar minerals. a-b) Sanidine mineral, b) Albite mineral

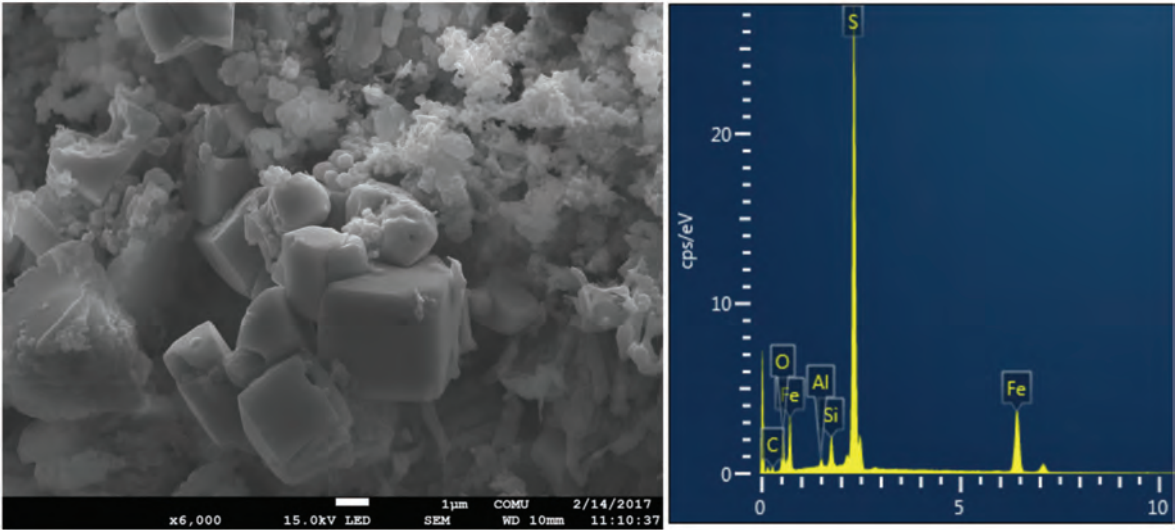
Pirit

Pirit minerali SEM görüntülerinde nadiren iyi gelişmiş özşekilli, ötijenik kristaller olarak görülmektedir (Şekil 11). Muhtemelen bu kristaller tüflerde alterasyonun az gelişmiş olduğu bölgeleri göstermektedir. Pirit mineralleri daha çok frambolitler şeklinde gözlenmiştir. Frambolitler, yuvarlak, bazen oval biçimli, küçük ve sıkıca paketlenmiş kristallerden oluşan agregalardır. Bu morfolojileri pirit için ayırt edicidir ve SEM'de kolayca tanınır. EDX analizi, Fe ve S'nin ana unsurlar olduğunu ortaya çıkararak tanımlamayı

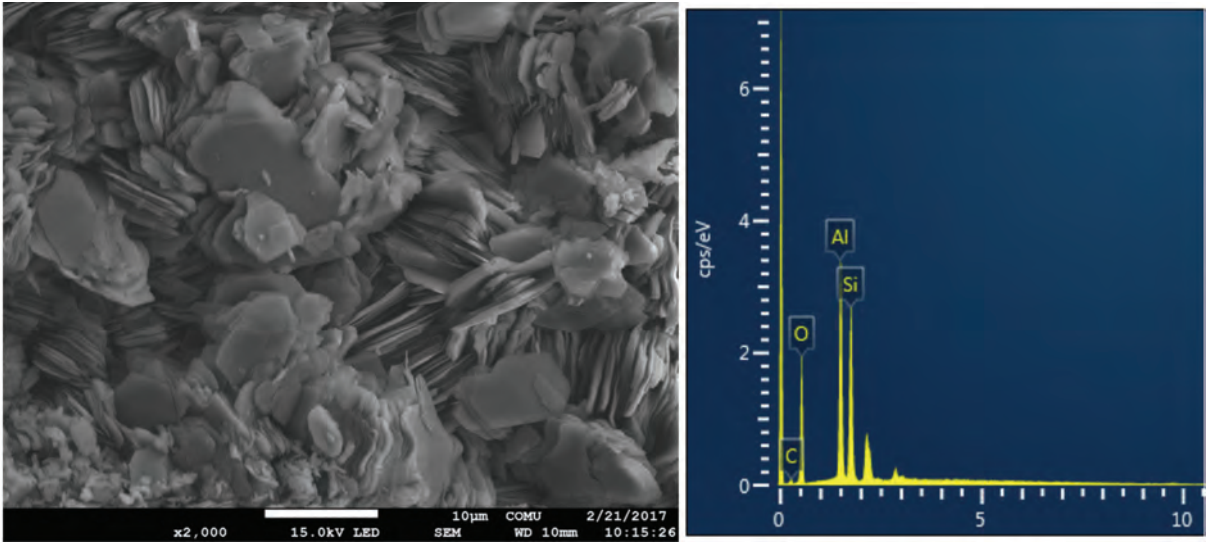
doğrular niteliktedir. Tüflerin değişik renklerde ve desenlerde olması bünyelerinde barındırdıkları Fe ve S elementlerinin varlığı ile oluşmaktadır.

Kaolinit

Kaolinitler pseudohexagonal plaka yüzeyleri ya da kitap yığını şeklinde gözlenmektedir (Şekil 12). Bireysel kristaller 5 ila 10 μm çapındadır. Si ve Al'in hemen hemen eşit pik yüksekliklerini veren EDX analizi, kaolinit tanımlamasını doğrulamaktadır.



Şekil 11. Özşekilli ve frambolitler şeklinde gözlenen pirit minerallerinin SEM görüntüsü ve EDX analiz sonuçları
Figure 11. SEM images and EDX analysis results of pyrite minerals observed as euhedral and frambolites.



Şekil 12. Pseudoheksagonal kaolinit minerallerinin SEM görüntüsü ve EDX analiz sonuçları
Figure 12. SEM image and EDX analysis results of pseudo-hexagonal kaolinite minerals

ÇAN TAŞI'NIN JEOKRONOLOJİSİ

Oligosen volkanizması, Biga Yarımadası'nda yaygın yüzlekler sunmaktadırlar. Çalışma alanında da bu volkanizma süreçlerine ait Çan volkanitleri, Ezine volkanitleri ve Kirazlı volkanitleri farklı volkanik birim olarak haritalanmıştır. Çan-Etili çevresinde, Edremit dolaylarında, Çanakkale doğusunda ve Gökçeada'da yaygın olarak gözlenen Çan volkanikleri, andezit, dasit, riyodasit türde lav, tuf ve aglomeradan oluşur (Ercan vd.,1995). Bu volkaniklere ait Gökçeada'daki andezitik türdeki iki ayrı lavdan K/Ar yöntemiyle yapılan jeokronolojik analizler $34,3 \pm 1,2$ My ve $30,4 \pm 0,7$ My yaşlarını vermiştir. Biga Yarımadası'nın orta kesiminde trakiandezit ve bazaltik türde lavlar ve dayklar şeklinde yüzlekler veren Kirazlı volkanikleri de, bazaltik türde lavda K/Ar yöntemiyle yapılan yaş analizlerinde $31,1 \pm 0,7$ My ve $27,6 \pm 0,6$ My yaşlarını vermişlerdir (Ercan vd., 1995). Biga Yarımadası'nda Oligosen volkanizmasına ilişkin Altunkaynak ve Genç, (2008), 2. evre volkanitleri olarak andezit ve bazaltik andezit türdeki lavları tarihlendirmiş ve $24,7 \pm 0,7$ My - $32,3 \pm 2,0$ My

aralığında çeşitli yaş verileri elde etmiştir. Siyako vd., (1989), çalışma alanındaki Ezine volkanizması için sedimanlarla olan ilişkilerine göre Üst Miyosen yaşlı olabileceğini belirtmişlerdir. Ancak bölgedeki volkanik kayaların stratigrafik ilişkileri göz önüne alındığında Ezine volkanizmasının Üst Miyosen'de gerçekleşmediği düşünülmektedir.

Bu çalışma kapsamında Ezine volkanitlerinin piroklastik son ürünleri olan Çan taşlarından (riyolitik bileşimli tüflerden) K/Ar yöntemiyle radyometrik yaş analizi gerçekleştirilmiştir. K/Ar yaşlandırması için hidrotermal alterasyondan en az etkilenmiş tuf örneği seçilerek analize hazırlanmıştır. Tuf örneğinden biyotit mineralleri ayırt edilmiş, ancak bunların analize uygun olmadıkları belirlenerek tüm kaya analizi gerçekleştirilebilmiştir. Analizi yapılan örneğin coğrafi koordinatları, bileşimi ve genel özellikleri Çizelge 1'de verilmiştir. Radyometrik yaş analizinin sonucu $24,8 \pm 2,9$ My ile yaklaşık olarak Geç Oligosen dönemini işaret etmektedir. Analiz sonucunda ortaya çıkan yüksek hata payı muhtemelen tuf örneğindeki alterasyonun etkisini göstermektedir.

Çizelge 1. Çalışma alanındaki Çan taşı tüfünün K/Ar radyometrik yaş verisi

Table 1. K/Ar radiometric age data of the Çan stone tuff in the study area

Örnek No	UTM	Birim	*K %	40Ar rad, nl/g	% 40Ar air	Age, Ma	Error 1σ
17CT (tüm kaya)	0492104 4421478	Çan taşı (Riyolitik tüf)	2,41	4,173	96,9	24,8	2,9

TARTIŞMA ve SONUÇ

Çan taşları üzerinde gerçekleştirilen petrografik çalışmalar bu kayaların riyolitik bileşimli, kristalen ve vitrik tüflerden oluştuğunu göstermiştir. İncekesit ve mineralojik çalışmalar birlikte değerlendirildiğinde bu kayaların başlıca mineralleri; kuvars, sanidin, albit, pirit, kaolinit, alunit, tridimit, çok nadir olarak da mafik (biotit, amfibol) minerallerdir.

Çan taşlarının en önemli özelliği demir oksit izlerinin kayaç üzerinde farklı renk ve desenler oluşturmasıdır. Bunun ana kaynağının bileşimindeki pirit minerallerinden ileri geldiği düşünülmektedir. Kayanın içindeki pirit mineralleri muhtemelen bölgedeki fay ve çatlaklı zonlardan yüzeye çıkan CO₂, H₂S ve H₂O vb. gazların etkisiyle fiziko-kimyasal değişime uğramışlardır. Bunun neticesinde demiroksitleşme gerçekleşmiş ve her yeni gaz gelimiyle tüfler üzerindeki haleler ve desenler sırasıyla oluşmuş olmalıdır. Ayrıca yapılan mineralojik gözlemler sonucunda demirli alterasyonun az olduğu örneklerde pirit mineralleri kristaller halinde gözlenirken, ileri alterasyonlu örneklerde piritler frambolitler şeklinde gözlenmektedir. Bu da Çan taşları desenlerinin oluşumunun pirit minerallerinden ileri geldiğini desteklemektedir.

Bölgeden elde edilen, Ezine volkanitlerinin piroklastik ürünleri olan Çan taşı tüfünden K/Ar yöntemi ile gerçekleştirilen radyometrik yaş analizde 24,8 ± 2,9 My (Geç Oligosen) yaşı elde edilmiştir. Çan taşının jeokronolojisi bölümünde önceki çalışmalarda gerçekleştirilmiş jeokronolojik analizler de dikkate alındığında,

Çan taşı tüfleri Geç Oligosen'de bölgedeki volkanizmanın son piroklastikleri olarak diğer tüm volkanik birimlerin üzerine çökelmiş olmalıdır.

KATKI BELİRTME

Bu çalışma Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi (ÇOMÜ-BAP) FHD-2016-1026 nolu proje kapsamında gerçekleştirilmiştir. Yazar, makalenin geliştirilmesinde editör olarak Orhan Tatar'a ve hakem olarak makaleye yapıcı katkı sağlayan Ş.Can Genç (İstanbul Teknik Üniversitesi) ve Hüseyin Yalçın'a (Cumhuriyet Üniversitesi) teşekkürü bir borç bilir.

EXTENDED SUMMARY

Çan stones with widespread outcrops and quarries in the south of the Etili District in the central part of the Biga Peninsula have been used as decorative and covering stone by the people of the region for many years. These stones consist of rhyolitic tuffs, the pyroclastic product of the Oligocene volcanics in the Biga Peninsula.

In this study, it is aimed to determine the geological, petrographical and mineralogical properties of the Çan stone tuffs and to determine their location in the chronostratigraphy using geochronological dating. In this context, the thin sections prepared from the tuff samples taken from Çan stone quarries were examined under a polarizing microscope, their mineralogical compositions were determined and the texture, naming and classification of the tuffs were carried

out the petrographic investigations. XRD (X-ray diffraction) analyzes were carried out on the powdered samples and the minerals contained in the composition of the tuffs were determined. The crystal sizes, morphologies and grain associations of the minerals were defined by SEM / EDX (Scanning Electron Microscope / Energy Dispersive X-ray).

Mesozoic aged Çetmi ophiolite mélange forms the basis of the study area where the Çan stones are located. Çetmi Ophiolite melange is incoherent with the volcanic community in the region. Owing to its lithological differences and its stratigraphic location, the volcanic community which is widely observed in the region, Oligocene period is distinguished as three different map units: Çan volcanic, Ezine volcanic and Kirazlı volcanic. The Çan stones constitute the last pyroclastic products of Ezine volcanics in this volcanic community.

In the Oligocene-Miocene interval, the Evciler Pluton was emplaced by intruding the basement rocks and the region volcanic community. After the common volcanism in the region, the sedimentary rocks belonging to Çan Formations unconformably deposited on them. The current alluvial covers all the units unconformably.

When the results of the petrographic and mineralogical studies carried out on the Çan stone are evaluated together, its mineral components are mainly composed of quartz, sanidine, albite, pyrite, kaolinite, alunite and very rarely biotite, amphibole minerals. The most important feature of Çan stones is that iron oxide traces form different colors and patterns on the rock. The main reason is the Pyrite minerals in compound of the tuffs. Pyrite minerals have changed physico-chemical alteration, probably due to the effects of gases on the surface from faulty and cracked zones in the region. As a result of this, iron oxidation took place and the halos and patterns on the tuffs should be formed in sequence with

every new gas. In addition, as a result of the mineralogical observations, the existence of more clay minerals was detected and the pyrite minerals were observed as euhedral crystals in the samples where ferrous alteration was less observed. In further altered samples, the pyrite was observed to be in the shape of round, sometimes oval, small and tightly packed frambolites.

In the isotopic analysis carried out by the K/Ar method, the sample of Çan stone tuff date $24,8 \pm 2,9$ Ma (Late Oligocene). Taking into account geochronological analyzes carried out on the volcanics of the region in previous studies (Ercan et al., 1995; Siyako et al., 1989), the Çan stone tuffs should have deposited on all other volcanic units as the last pyroclastics of the volcanism in the Late Oligocene for the region.

DEĞİNİLEN BELGELER

- Akdaş H., Bozkurt M.R. ve Dikduran T., 2001. Çan Taşı - Desenli Yapıtaşı. Türkiye III. Mermer Sempozyumu Bildiriler Kitabı, 153-162.
- Altunkaynak Ş. ve Genç Ş.C., 2008. Petrogenesis and Time-Progressive Evolution of the Cenozoic Continental Volcanism in the Biga Peninsula, NW Anatolia. Lithos, 102 (1): 316-340.
- Altunkaynak Ş., Sunal G., Aldanmaz E., Genç C.Ş., Dilek Y., Furnes H., Foland K.A., Yang J. ve Yıldız M., 2012. Eocene Granitic Magmatism in NW Anatolia (Turkey) Revisited: New Implications from Comparative Zircon SHRIMP U-Pb and $40\text{Ar}-39\text{Ar}$ Geochronology and Isotope Geochemistry on Magma Genesis and Emplacement. Lithos, 55: 289-309.
- Bingöl E., Akyürek B. ve Korkmaz B., 1975. Biga Yarımadasının Jeolojisi ve Karakaya Formasyonunun Bazı Özellikleri. Cumhuriyetin 50. Yılı Yerbilimleri Kongresi Tebliğleri, 70-77.
- Dönmez M., Akçay A.E., Genç Ş.C. ve Acar Ş., 2005. Biga Yarımadasında Orta-Üst Eosen Volkanizması ve Denizel İgnimbritler. MTA Dergisi, 131: 49-61.

- Ercan, T., 1979. Batı Anadolu Trakya ve Ege Adalarındaki Senozoyik volkanizması: *Jeol. Müh. Derg.*, 9, 23 – 46.
- Ercan T., Satır M., Kreuzer H., Türkecan A., Günay E., Çevikbaş A., Ateş M. ve Can B., 1985. Batı Anadolu Senozoyik Volkanitlerine ait Yeni Kimyasal İzotopik ve Rodyometrik Verilerin Yorumu. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, 28: 121-136.
- Ercan T., Satır M., Steinitz G., Dora A., Sarıfakioğlu E., Adis C., Walter H.J. ve Yıldırım T., 1995. Biga Yarımadası ile Gökçeada, Bozcaada ve Tavşan Adalarındaki KB Anadolu Tersiyer Volkanizmasının Özellikleri. *MTA Dergisi*, 117: 55–86.
- Erenoğlu, O., 2014. Dededağ Çevresindeki (Beyçayır-Çanakkale) Eosen, Oligo-Miyosen Volkaniklerinin Krono-Stratigrafik Konumu ve Biga Yarımadası'nda Bölgesel Volkanizma İçindeki Önemi. *Doktora Tezi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çanakkale.*
- Ersoy E.Y. ve Palmer M.R., 2013. Eocene–Quaternary Magmatic Activity in the Aegean: Implications for Mantle Metasomatism and Magma Genesis in an Evolving Orogeny. *Lithos*, 180/181: 5-24.
- Ertürk O., 1990. Petrology of the Cenozoic Volcanics in the Biga Peninsula, NW Turkey. *Proc. Int. Earth. Sci. Cong. on Aegean Region*, 368-384.
- Genç, Ş.C., 1998. Evolution of the Bayramiç Magmatic Complex, Northwestern Anatolia. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 85(1-4), 233-249.
- Genç, Ş.C, Dönmez, M., Akçay, A.E., Altunkaynak, Ş., Eyüpoğlu, M. ve Ilgar, Y., 2012. Biga Yarımadası Tersiyer Volkanizmasının Stratigrafik, Petrografik ve Kimyasal Özellikleri. *Biga Yarımadası'nın Genel ve Ekonomik Jeolojisi, MTA 2012 Özel Yayın Serisi-28*, 122-162.
- Okay A.İ., Siyako M. ve Bürkan K.A., 1990. Biga Yarımadası'nın Jeolojisi ve Tektonik Evrimi, *Türkiye Petrol Jeologları Derneği Bülteni*, 2 (1): 83-121.
- Siyako M. Burkan K.A. ve Okay A.I., 1989. Biga ve Gelibolu Yarımadaı Tersiyer Jeolojisi ve Hidrokarbon Olanakları. *Turkish Association of Petroleum Geologist Bulletin*, 1: 183–199.
- Söylemezoğlu S., 2009. Kuzey Batı Anadolu'da Çanakkale-Çan Yöresi Volkanik Kayaçlarının Jeolojik ve Petrolojik Özellikleri ve Evriminin Araştırılması. *Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.*
- Türkdönmez O., 2007. Etili (Çanakkale) Güneydoğusu'ndaki Magmatik Kayaçların Jeolojisi ve Petrografisi. *Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çanakkale.*
- Türkdönmez O. ve Bozcu, M., 2012. The Geological, Petrographical and Engineering Properties of Rhyolitic Tuffs (Çan Stone) in Çan-Etili Area (Çanakkale), NW Turkey: Their Usage as Building and Covering Stones. *Open Journal of Geology*, 2, 25-33.
- Türkecan, A., 2015. Türkiye'nin Senozoyik Volkanitleri. *MTA 2015 Özel Yayın Serisi-33*, 258 s.
- Yılmaz Y., 1990. Comparison of Young Volcanic Associations of Western and Eastern Anatolia under Compression Regime; A Review. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 44: 69–87.
- Yılmaz, Y., Genç, Ş.C., Karacık, Z. ve Altunkaynak, Ş., 2001. Two contrasting magmatic associations of NW Anatolia and their tectonic significance. *Journal of Geodynamics*, 31 (2001), 243-271.

TÜRKİYE JEOLJİ BÜLTENİ

YAZIM KURALLARI

Yazıların Hazırlanması

TÜRKİYE JEOLJİ 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 Türkçe'ye 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.

Makale Sunum Süreci ve Etik Bildirimi

Tüm makaleler internet üzerinden <http://tjb.jmo.org.tr> adresindeki JMO dergileri için hazırlanmış çevrimiçi sistem aracılığıyla Türkiye Jeoloji Bülteni'ne elektronik ortamda gönderilmelidir. Bunun için önce OMYS sistemine üye olmalısınız. Türkiye Jeoloji Bülteni yazarlardan sayfa ücreti talep etmemektedir. Dergiye sunulan makaleler, daha önce yayınlanmadığı ve başka yerde yayınlanmak üzere gönderilmediği varsayılarak değerlendirme için kabul edilir. Yazarlar, makalenin ana içeriğinin daha önce yayınlanmadığını ve başka bir dergide yayınlanmak üzere gönderilmediğini onaylamalıdır. <http://dergipark.gov.tr/tjb> veya www.jmo.org.tr adresinde bulunan telif hakkı devir formu, tüm yazarlar adına ilgili yazar tarafından imzalanmalı ve makale dosyalarıyla birlikte gönderilmelidir. Bir makale sunulduktan sonra, başka yazar eklenmesi veya çıkarılması veya yazarların değiştirilmesi mümkün değildir. Makaleler, yazım kurallarına uymuyorsa ya da dergi kapsamı dışındaysa, dergi editörü tarafından hakem değerlendirmesi yapılmaksızın reddedilebilir. Bir makale yayın için kabul edildikten sonra, diğer bir deyişle, hakem tarafından önerilen düzeltmeler tamamlandıktan ve editör tarafından kabul edildikten sonra, yazara makalede değişiklik yapma izni verilmez. Makale yayınlanmadan önce, yazarlara düzeltmeler için prova baskı gönderilir. Başkasının fikir veya sözcüklerinin orijinal biçiminde kullanılması veya uygun bir atıf yapılmaksızın değiştirilmesi, intihal olarak kabul edilir ve tolere edilemez.

Yazılar aşağıda verilen düzen çerçevesinde hazırlanmalıdır.

- (a) Başlık (Türkçe ve İngilizce)
- (b) Yazar Adları (koyu ve baş harfleri 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 Önerileri
- (h) Extended Summary / Genişletilmiş Özet
- (i) Katkı Belirtme
- (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 cmX21 cm) boyutundaki sayfaların bir yüzüne, kenarlardan en az 2.5 cm boşluk bırakılarak, 1.5 cm aralıkla ve 12 puntoyla (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 telefon numarası 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 olacak şekilde) izlemelidir. İngilizce hazırlanmış yazılarda ise, İngilizce başlık Türkçe başlıktan önce ve yukarıda belirtilen yazım kurallarına göre verilmelidir. Makaledeki yazarlar orcid.org web adresinden edinecekleri Orcid kimliklerini makale ile birlikte sunmalıdır.

Yazarlara ilişkin bilgi ise aşağıdaki örneklere uygun olarak verilmelidir.

Ahmet Ahmetođlu

Ankara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Tandođan 06100 Ankara

A. Hüsnu Hüsnuođlu

MTA Genel Müdürlüğü, Jeolojik Etütler Dairesi, 06520 Ankara (e-posta:husnu56@mta.gov.tr)

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 Özden sonra "Abstract" (İtalik) yer almalı, İngilizce yazılarda ise italik yazılmış Türkçe Öz Absract'ı izlemelidir.

Anahtar Kelimeler

Öz ve Abstract'ın altında en az 2-7 kelimeyi aşmayacak şekilde ve yazının konusun 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 gerektiğinde 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.

DEĞİNİLECEK 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. Bildirinin 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, UK., 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., 1998. 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 rezerv ön raporu. MTA Derleme No: 6234, 17 s. (yayımlanmamış)

Sönmez, H., 1996. TKİ. ELİ Soma Linyitleri açık işletmelerinde eklemli kaya kütlesi içindeki şevlerin duraylılığının değerlendirilmesi. Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü., Ankara, Yüksek Mühendislik Tezi, 99 s (yayımlanmamış).

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

(e) Kişisel Görüşme:

Sözbilir, H., 2005. Personal communication. Geological Engineering Departmen of Dokuz 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; Id, x2). Karekök işareti yerine parantezle birlikte üst indis olarak 0.5 kullanılmalıdır (örneğin; c_{mass}=s0.5). Çarpım işlemini göstermek için herhangi bir işaret kullanılmamalı, ancak gerekli durumlarda "*" işareti tercih edilmelidir (örneğin; y=5*10-3). Bölme işareti olarak yatay çizgi yerine "/" işareti kullanılmalıdır. Kimyasal formüllerde iyonların gösterilmesi amacıyla Ca⁺⁺ ve CO₃⁻ yerine Ca²⁺ ve CO₃²⁻ 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 x 22.5) aşmayacak şekilde hazırlanmalı ve birbirini izleyen sıra numaralarıyla verilmelidir. Çizelgelerin üst kısımlarında 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 dizininden sonra) sunulmalıdır. Çizelgelerdeki kısaltma ve simgeler daha küçük karakterlerle çizelgenin altında verilmelidir (örneğin: c:tek eksenli sıkışma dayanımı vd.).

Şekiller

Çizim, grafik ve fotoğraf gibi tüm şekiller yüksek kalitede basılmış olarak “Şekil” başlığı altında ve metin içinde anıldıkları sırayla numaralandırılarak verilmelidir. Şekil numaraları sayfanın sağ üst köşesine yazılmalı, ayrıca şekiller küçültülüp büyütülebilecek halde sunulmalıdır. Şekil açıklamaları; şekillerin altına yazılmamalı ve ayrı bir sayfaya yazılarak “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. Özellikle haritalar, arazi ile 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 değerlendirilmelidir. Levha sayısı mümkün olduğunca az tutulmalıdır. Levhalara ilişkin açıklamalar, hem Türkçe hem de İngilizce olarak aynı sayfada verilmelidir.

MAKALELERİN EDİTÖRLÜĞE GÖNDERİLMESİ

Makaleler yazım kurallarına uygun şekilde hazırlandıktan sonra tjb.jmo.org.tr veya [DergiPark Akademik \(dergipark.gov.tr/tjb\)](http://DergiPark Akademik (dergipark.gov.tr/tjb)) adresi üzerinden elektronik olarak sisteme yüklenmelidir.

TÜRKİYE JEOLJİ BÜLTENİ EDİTÖRÜ

Prof. Dr. Orhan TATAR

Tel: 0 346 219 10 10/1548

e-posta: 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'den 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 duruma getirebilecek değişiklikler ve düzeltmeler yapması kabul edilemez. Prova baskılar, yazarlar tarafından alındıktan sonra en geç üç gün içinde editöre gönderilmelidir. Gecikmeli olarak yapılacak düzeltmelerin baskıya verilmesi garanti edilemeyeceği 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, yazarLAR9ın makalenin sahibi olma haklarından vazgeçtiği anlamına gelmemektedir. Telif Hakkı Devir Formu, en kısa sürede Editör'e gönderilmelidir. Bu form Editör'e ulaştırılıncaya değin, makale yayına 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 zet’’, 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. Paper 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.

Submission Process and Ethical Statement

All manuscripts must be submitted electronically via the Internet to the Geological Bulletin of Turkey through the online system for JMO journals at <http://tjb.jmo.org.tr>. There are no page charges. Papers are accepted for publication on the understanding that they have not been published and are not going to be considered for publication elsewhere. Authors should certify that neither the manuscript nor its main contents have already been published or submitted for publication in another journal. The copyright release form, which can be found at <http://dergipark.gov.tr/tjb>, or www.jmo.org.tr must be signed by the corresponding author on behalf of all authors and must accompany all papers submitted. After a manuscript has been submitted, it is not possible for authors to be added or removed or for the order of authors to be changed. Manuscripts may be rejected without peer review by the editor-in-chief if they do not comply with the instructions for authors or if they are beyond the scope of the journal. After a manuscript has been accepted for publication, i.e. after referee-recommended revisions are complete, the author will not be permitted to make changes that constitute departures from the manuscript that was accepted by the editor. Before publication, the galley proofs are always sent to the authors for corrections. The use of someone else’s ideas or words in their original form or changed without a proper citation is considered plagiarism and will not be tolerated.

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 zet
- (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, acknowledgements, 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
CONCLUSIONS
EXTENDED SUMMARY
ANCKNOWLEDGEMENTS
REFERENCES

Cover Page

A cover page, separate from the main manuscript, must include the followings:

- a. Title of the paper
- b. Name(s) of author(s) (full forenames should be given)
- c. Full postal and e-mail addresses of all authors (the corresponding author should be indicated). Phone number for the corresponding author should also be provided.

Title and Authors

The title of the paper should unambiguously reflect its content. If the paper is written in Turkish, the Turkish title (in bold-face type and first letter of the words capital) should be followed by the English title (italic and first letter of the words capital). If the paper is in English, the English title should appear before the Turkish title in the style mentioned above. Authors should provide their Orcid ID which can be obtained from orcid.org website.

The information related with authors should be given as follow:

Ahmet Ahmetođlu	Ankara University, Engineering Faculty, Geological Engineering Department Tandođan 06100 Ankara
A.Hüsnü Hüsnüođlu	MTA Genel Müdürlüğü, Jeolojik Etüdüler Dairesi, 06520 Ankara (e-posta: husnu56@mta.gov.tr)

Abstract

The abstract not exceeding 300 words should be informative (aim of the study and main conclusive remarks). It should not contain references. The Abstract should be given in both Turkish and English. If the paper is written in Turkish, an English abstract (in italics) should follow the Turkish abstract, while a Turkish abstract (in italics) should appear after the English abstract in papers written in English.

Key Words

The abstract should include minimum 2, and not more than 7 key words which reflect the entries the authors would like to see in an index. Key words should be given in both Turkish and English. Key words should be written in lower-case letters, separated by commas, and given in alphabetical order. For Technical Notes and Discussions, key words should not be provided.

EXTENDED SUMMARY / GENİŞLETİLMİŞ ÖZET

The extended abstract should not exceed 2500 words. But it must be more bulky than abstract. The new figure or table should not be given. But reference can be given to figures and tables present in main text.

ACKNOWLEDGEMENTS

Acknowledgements should be brief and confined to persons and organizations that have made significant contributions. Please use full names without titles and indicate name(s) of the organization(s) of the person(s) acknowledged.

REFERENCES

All references cited in the text, and in captions of figures and tables should be presented in a list of references under a heading of "REFERENCES" following the text of the manuscript.

Examples of layout of references

(a) Journals:

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

Author(s), Date. Title of paper. Full Name of Journal, Vol.(No), pages.

(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:849. 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 kütlesi 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 Dokuz 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 is the shear strength, c is cohesion, σ is normal stress and, ϕ is internal friction angle.” Subscripts and superscripts should be given clearly and written in smaller character (e.g. I_d , 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 Ca^{2+} and CO_3^{2-} (Ca^{++} and 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, 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. 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 given 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. 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 Figure 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 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 tjb.jmo.org.tr or DergiPark Academics (dergipark.gov.tr/tjb)

EDITOR

Prof. Dr. Orhan TATAR

Phone : 0346-219 1010 / 1548

e-mail : orhantatar@gmail.com

SUBMITTING ARTICLES ADMITTED TO PUBLICATION

In cases where authors' articles are admitted to publication, authors should copy on CD and send revised final copies of their articles including original printouts (texts, charts and tables) to Editor. Sheets should be printed of high quality. Texts, charts and illustrations should not be sent electronically (via internet). Articles should be issued in WORD. Authors' names, name and version of software program used, title of article and file name should be indicated on disk. All images, except for sheets, should be issued in Corel Draw. Besides, images should be sent in JPG format files provided to be not less than 300 DPI.

PROOFING

Proofing of articles are sent to Reference Author to check for typographical errors and misspelling. Revisions in proofing are limited to misspelling and any amendments and revisions by authors that may alter article in a way different than its final version are not acceptable. Proofing should be sent to editor within at latest three days after receipt by authors. Delayed revisions cannot be guaranteed for printing and therefore, authors are strictly recommended to precisely inspect proofing prior to sending.

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 2017 Cilt 60 Sayı 3
August 2017 Volume 60 Issue 3

- Çağlar Özkaymak, Ahmet Yıldız, Aslı Karabaşoğlu, Metin Bağcı, Can Başaran Seydiler (Afyonkarahisar) ve Çevresinin Jeoturizm Potansiyelinin Belirlenmesi**
Determination of Geoturism Potential of Seydiler and Nearby Area (Afyonkarahisar, Turkey) 259
- Aynur İrmak, Leyla Kalender, Mehmet Yılmaz, Özge Erdoğan Yamaç Palu ve Keban Baraj Gölü Arası, Fırat Nehri Kıyısı Sedimanlarının Jeokimyasal Özellikleri ve Endüstriyel Hammadde Olarak Kullanılabilirliğinin İncelenmesi**
Geochemical Features and Study of the Industrial Raw Materials Usability of the Euphrates River Bank Sediments Between Palu and Keban Dam Lake 283
- İsmail Koçak**
Şeyhler Yöresi Borat Yatağının Jeokimyasal Özellikleri, Emet, Türkiye
Geochemical Properties of the Şeyhler Borate Deposits (Emet, Turkey) 313
- Mehmet Özçelik**
Belek Kıyısı (Antalya) İçin Kıyı Kenar Çizgisinin Önemi
Importance of Shoreline for the Belek Coast (Antalya, Turkey) 331
- Muhammed İsmail, M. Namık Yalçın, Torhan M. Al-Mufti**
Khabaz Sahasında (Kuzey Irak) Farklı Rezervuarlardaki Petrollerin Jeostatistiksel Değerlendirilmesi
Geostatistical Evaluation of Oils in Different Reservoirs of Khabaz Oilfield (Northern Iraq) 347
- Fusun Servin Tut Haklıdır**
Batı Anadolu'da Yüksek Sıcaklıklı Jeotermal Sistemlerde Gözlenen Kabuklaşma Türleri ve Kabuklaşma Oluşumunun Kontrolünün Sağlanmasında Kullanılan Sistemler; Kızıldere-II (Denizli) Jeotermal Güç Santrali Örneği
Scaling Types and Systems Used to Provide Controlling of Scale occurrence in High Temperature Geothermal Systems in Western Anatolia; Kızıldere-II (Denizli) Geothermal Power Plant Example 363
- Mohammed Al-Wosabi, Munef Mohammed, Fahad Basardah**
Taxonomy and Distribution of Recent Benthic Foraminifera from Bir Ali Beach, Shabwah Governorate, Arabian Sea, Yemen 383
- Oya Erenoğlu**
Çan Taşı Tüfü'nün Mineralojik Özellikleri ve Jeokronolojisi (Biga Yarımadası, KB Türkiye)
Mineralogical Properties and Geochronology of the Çan Stone Tuff (Biga Peninsula, NW Turkey) 433

Türkiye Jeoloji Bülteni makale dizin ve özlere:

GeoRef, Geotitles, Geoscience Documentation, Bibliography of Economic Geology, Geology, Geo Archive, Geo Abstract, Mineralogical Abstract, GEOBASE, BIOSIS ve ULAKBİM TR Dizin 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 TR Dizin Databases

Yazışma 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