

TÜRKİYE JEOLojİ BÜLTENİ

Geological Bulletin of Turkey

Nisan 2024 Cilt 67 Sayı 2
April 2024 Volume 67 Issue 2

ISSN 1016-9164



TMMOB JEOLojİ MÜHENDİSLERİ ODASI
Chamber of Geological Engineers of Turkey

TMMOB
JEOLOJİ MÜHENDİSLERİ ODASI
Chamber of Geological Engineers of Turkey

YÖNETİM KURULU / EXECUTIVE BOARD

Hüseyin ALAN
Seçkin GÜLBUDAK
D. Malik BAKIR
Düzgün ESİNA
Özgür DEĞİRMENÇİ
Zeynel Abidin GÖK
Burcu GÖRBİL

Başkan / President
İkinci Başkan / Vice President
Yazman / Secretary
Sayman / Treasurer
Mesleki Uygulamalar Üyesi / Member of Professional Activities
Sosyal İlişkiler Üyesi / Member of Social Affairs
Yayın Üyesi / Member of Publication

TÜRKİYE JEOLOJİ BÜLTENİ

Geological Bulletin of Turkey

Yayın Kurulu / Publication Board

Baş Editör / Editor in Chief

Erdoğan YİĞİTBAŞ
eyigitbas@comu.edu.tr

Editörler / Editors

Mustafa AVCIOĞLU
m_avcioglu@comu.edu.tr

İsmail Onur TUNÇ
onurtunc@comu.edu.tr

İngilizce Editörleri / English Editors

Catherine YİĞİT

Graham Howard LEE

Editör Kurulu / Editorial Board

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)
EKİNCİ, Yunus Levent (Bitlis, Türkiye)
EKMEKÇİ Mehmet (Ankara, Türkiye)
EYÜBOĞLU Yener (Trabzon, Türkiye)
GENÇ Yurdal (Ankara, Türkiye)
GÜLER Cüneyt (Mersin, Türkiye)
GURSOY Halil (Sivas, Türkiye)
HATİPOĞLU Murat (İzmir, Türkiye)
HELVACI Cahit (İzmir, Türkiye)
JOLIVET Laurent (Orleans, Fransa)
KARAYİĞİT Ali İhsan (Ankara, Türkiye)
KAYSERİ-ÖZER Mine Sezgül (İzmir, Türkiye)
KAZANCI Nizamettin (Ankara, Türkiye)
KUSKY Timothy (Wuhan, Çin)
KUŞCU İlkey (Muğla, Türkiye)
MAMEDOV, Musa (Bakü, Azerbaycan)
MESÇİ B. Levent (Sivas, Türkiye)
NAZİK Atike (Adana, Türkiye)
OBERHANSLI Roland (Potsdam, Almanya)
ÖZDEMİR Yavuz (Van, Türkiye)
ÖZDEN Süha (Çanakkale, Türkiye)
ÖZKUL Mehmet (Denizli, Türkiye)
ÖZMEN Bülent (Ankara, Türkiye)
ÖZSAYIN, Erman (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)
SARİ Erol (İstanbul, Türkiye)
SEYİTOĞLU Gürol (Ankara, Türkiye)
SÖZBİLİR Hasan (İzmir, Türkiye)
SPAHIĆ, Darko, (Belgrad, Sırbistan)
ŞENGÜLER İlker (Ankara, Türkiye)
TATAR, Orhan (Sivas, Türkiye)
TEKİN Uğur Kağan (Ankara, Türkiye)
TEMEL Abidin (Ankara, Türkiye)
TOPUZ Gültekin (İstanbul, Türkiye)
TÜYSÜZ Okan (İstanbul, Türkiye)
UZEL, Bora (İzmir, Türkiye)
ÜNLÜ Taner (Ankara, Türkiye)
ÜNLÜGENÇ Ulvi Can (Adana, Türkiye)
VASELLI Orlando (Floransa, İtalya)
YALÇIN Hüseyin (Sivas, Türkiye)
YALÇIN Gürhan (Antalya, Türkiye)
YALTIRAK Cenk (İstanbul)
YILMAZ İsmail Ömer (Ankara, Türkiye)
YUSUFOĞLU Halil (Ankara, Türkiye)
ZABÇI, Cengiz, (İstanbul, Türkiye)
ZAGORCHEV Ivan (Sofya, Bulgaristan)

Yazışma Adresi

TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası
PK. 464 Yenışehir, 06410 Ankara
Tel: (0312) 434 36 01
Faks: (0312) 434 23 88
E-Posta: tjb@jmo.org.tr
URL: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/tjb>

Yayın Türü : Yaygın Süreli Yayın

Yayının şekli / Frequency : Yılda 3 sayı (Türkçe -İngilizce) / 3 issues per year (Turkish - English)

Yayın Sahibi : TMMOB JMO Adına Hüseyin ALAN

Sorumlu Yazı İşleri Müdürü : Hüseyin ALAN

Yayının 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 : Nisan 2024

Baskı Adedi : 500

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: tjb@jmo.org.tr
URL: <https://dergipark.org.tr/en/pub/tjb>

TÜRKİYE JEOLojİ BÜLTENİ

Geological Bulletin of Turkey

Nisan 2024 Cilt 67 Sayı 2

April 2024 Volume 67 Issue 2

İÇİNDEKİLER CONTENTS

Mehmet Furkan Şener

Bozdağ (Karaburun Yarımadası) Kütlesi Üzerinde Dolinlerin Morfotektonik Gelişimi

Morphotectonic Development of Dolines on Mt. Bozdag (Karaburun Peninsula) 153

Fikret Göktaş

Menteş Yarımadası'nın Neojen Jeolojisi, Batı Anadolu

Neogene Geology of the Menteş Peninsula, Western Anatolia 169

Fatih Köroğlu

Doğu Karadeniz'in Karstik Oluşumları: Karaca (Torul, Gümüşhane) ve Çal

(Düzköy, Trabzon) Mağaralarının Jeotürizm Potansiyeli

Karstic Formations of the Eastern Black Sea: Geotourism Potential of Karaca (Torul, Gümüşhane) and Çal (Düzköy, Trabzon) Caves 195

Selahattin Polat, İsmail Ege

Diyadin (Ağrı) Doğal Traverten Köprülerinin Jeomorfolojisi ve Oluşumları, Doğu Anadolu, Türkiye

Geomorphology and Formation of Natural Travertine Bridges in Diyadin (Agri), Eastern Anatolia, Turkey 231

Murat Hatipoğlu, Gürsel Yanık, Evrim Çoban

Dünya'nın En Değerli Süstaşlarından Biri Olan Painit Mineralinin, Jeolojik ve Mineralojik Olarak

Bulunabilirliğinin İrdelenmesi; Türkiye'de Painit Var mıdır?

Examining the Geological and Mineralogical Availability of the Mineral Painite, One of the Most Valuable Gemstones in the World; Is there Painite in Türkiye? 253

Nagihan Çağlar, Ali Murat Kılıç

Kaşağıl Köyü (İvrindi, Balıkesir) Civarında Yüzeyleyen Karakaya Kompleksi İçerisindeki

Permien-Triyas Yaşlı Kireçtaşı Bloklarının Biyostratigrafik Önemi

Stratigraphic Importance of Permian-Triassic Limestones in Karakaya Complex Outcropped Around Kaşağıl Village (İvrindi, Balıkesir) 267

Türkiye Jeoloji Bülteni makale dizin ve özlery:

Emerging Sources Citation Index (ESCI), Georef, Geotitles, Geoscience Documentation,
Geo Archive, Geo Abstracts, Mineralogical Abstracts, EBSCO, SOBIAD ve
ULAKBİM TR Dizin Veri Tabanlarında yer almaktadır.

Geological Bulletin of Turkey is indexed and abstracted in:

*Emerging Sources Citation Index (ESCI), Georef, Geotitles, Geoscience Documentation,
Geo Archive, Geo Abstracts, Mineralogical Abstracts, EBSCO, SOBIAD and ULAKBİM TR Dizin Databases.*

TÜRKİYE JEOLojİ MÜHENDİSLERİ ODASI

Chamber of Geological Engineers of Turkey



Bozdağ (Karaburun Yarımadası) Kütlesi Üzerinde Dolinlerin Morfotektonik Gelişimi
Morphotectonic Development of Dolines on Mt. Bozdag (Karaburun Peninsula)

Mehmet Furkan Şener*

İzmir Bakırçay Üniversitesi, İnsan ve Toplum Bilimleri Fakültesi, Coğrafya Bölümü, İzmir, Türkiye

• Geliş/Received: 10.11.2023 • Düzeltilmiş Metin Geliş/Revised Manuscript Received: 29.11.2023 • Kabul/Accepted: 30.11.2023
• Çevrimiçi Yayın/Available online: 04.04.2024 • Baskı/Printed: 30.04.2024

Araştırma Makalesi/Research Article

Türkiye Jeol. Bül. / Geol. Bull. Turkey

Öz: Bu çalışmada Karaburun Yarımadası'nın kuzeyinde yer alan Bozdağ Kütlesi üzerindeki dolinlerin morfotektonik ve morfojenetik özellikleri incelenmiştir. Çözünme dolinleri orta enlemlerdeki yüksek karstik platoların karakteristik yüzey şekillerindendir ve dolin morfometrileri karstik platoların morfotektonik gelişim özelliklerinin incelenmesinde sıklıkla kullanılan yöntemlerden bir tanesidir. Bu çalışmada dolinlerin alansal dağılışları, yoğunlukları ve morfometrik özelliklerinin belirlenmesi için yüksek çözünürlüklü sayısal yükseklik modeli üzerinden otomatik çıkarım tekniği kullanılmıştır. Dolinlerin belirlenmesinin ardından alan, çevre uzunluğu, dairesellik indisi, uzunluk, genişlik ve uzama oranları gibi farklı morfometrik parametreler hesaplanmıştır. Yapılan analizler ve elde edilen sonuçlara göre, alanda toplam 564 dolin tespit edilmiştir ve maksimum yoğunluk 74 dolin/km²'ye kadar ulaşmaktadır. Ortalama yüksekliği 1.080 metre olan dolinlerin tamamı Camiboğazı Formasyonu olarak adlandırılan kireçtaşları üzerinde yer almaktadır. Dolinler paleotektonik evrimi ile başlayan ve Karaburun Platformu'nun İzmir-Ankara Zonu'nda Kretase döneminde etkisi altında kaldığı tektonik aktivitelere bağlı olarak yaklaşık KB-GD doğrultusunda, alandaki çizgiselliklere paralel bir yönelim göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Bozdağ, Camiboğazı, dolin, Karaburun, morfotektonik.

Abstract: This study investigated the morphometric and morphogenetic characteristics of dolines in the Bozdağ Massif, located in the north of Karaburun Peninsula. Dissolution dolines are one of the characteristic surface features of mid-latitude high karst plateaus, and doline morphometry is one of the methods commonly used to study the morphotectonic evolution characteristics of karst plateaus. In this study, an automatic extraction technique was used with a high-resolution digital elevation model to determine the areal distribution, density and morphometric characteristics of dolines. After the dolines were identified, several morphometric parameters such as area, perimeter, circularity index, length, width and elongation rates were calculated. According to the analyses and results obtained, a total of 564 dolines were detected in the area, with a maximum density of 74 dolines/km². All the dolines, with an average elevation of 1,080 metres, are located on limestone from the Camiboğazı Formation. The dolines extend in roughly NW-SE direction, parallel to lineaments in the area, which formed in relation to tectonic processes that started with palaeotectonic evolution and influenced the Karaburun platform in the İzmir-Ankara zone during the Cretaceous period.

Keywords: Bozdağ, Camiboğazı, doline, Karaburun, morphotectonic.

*Yazışma / Correspondence: furkan.sener@bakircay.edu.tr,
mehmetfurkansener@hotmail.com

© 2024 JMO Her hakkı saklıdır/All rights reserved
<http://tjb.jmo.org.tr>
<http://dergipark.gov.tr/tjb>

GİRİŞ

Orta enlemlerdeki yüksek karstik platoların karakteristik yüzey şekillerinden olan, genelde dairesel ve yarı dairesel şekillere sahip olan ve çapları 1 km'ye kadar ulaşabilen çözünme dolinleri (Gams 2000; Sauro 2003; Ford ve Williams 2007) ülkemizde özellikle Toros karst kuşağı ve Sivas-Çankırı jipsleri üzerinde yaygın bir gelişim göstermektedirler (Doğan ve Özel 2005; Keskin vd., 2017; Nazik ve Poyraz 2017; Öztürk vd., 2018a; Nazik vd., 2019; Gökkaya vd., 2021; Poyraz vd., 2021; Ataol ve Şimşek 2022; Çetinkaya vd., 2023). Çözünme dolinleri Toros karst kuşağı içerisinde özellikle Orta Toroslarda ve Sivas jips karstı alanında bindirme fayları ile sınırlandırılmış ya da antiklinal eksenlere karşılık gelen yüksek karstik platolar üzerinde maksimum yoğunluklara ulaşmaktadır (Öztürk vd., 2017a, 2018a; Şimşek vd., 2020; Poyraz vd. 2021). Maksimum dolin yoğunlukları Orta Toroslar'da 186 dolin/km² ye, Sivas jips karstında 237 dolin/km² ye, Doğu Toroslarda ise 128 dolin/km² ye kadar çıkmaktadır (Öztürk, vd. 2018a; Çetinkaya vd. 2023; Poyraz vd. 2021).

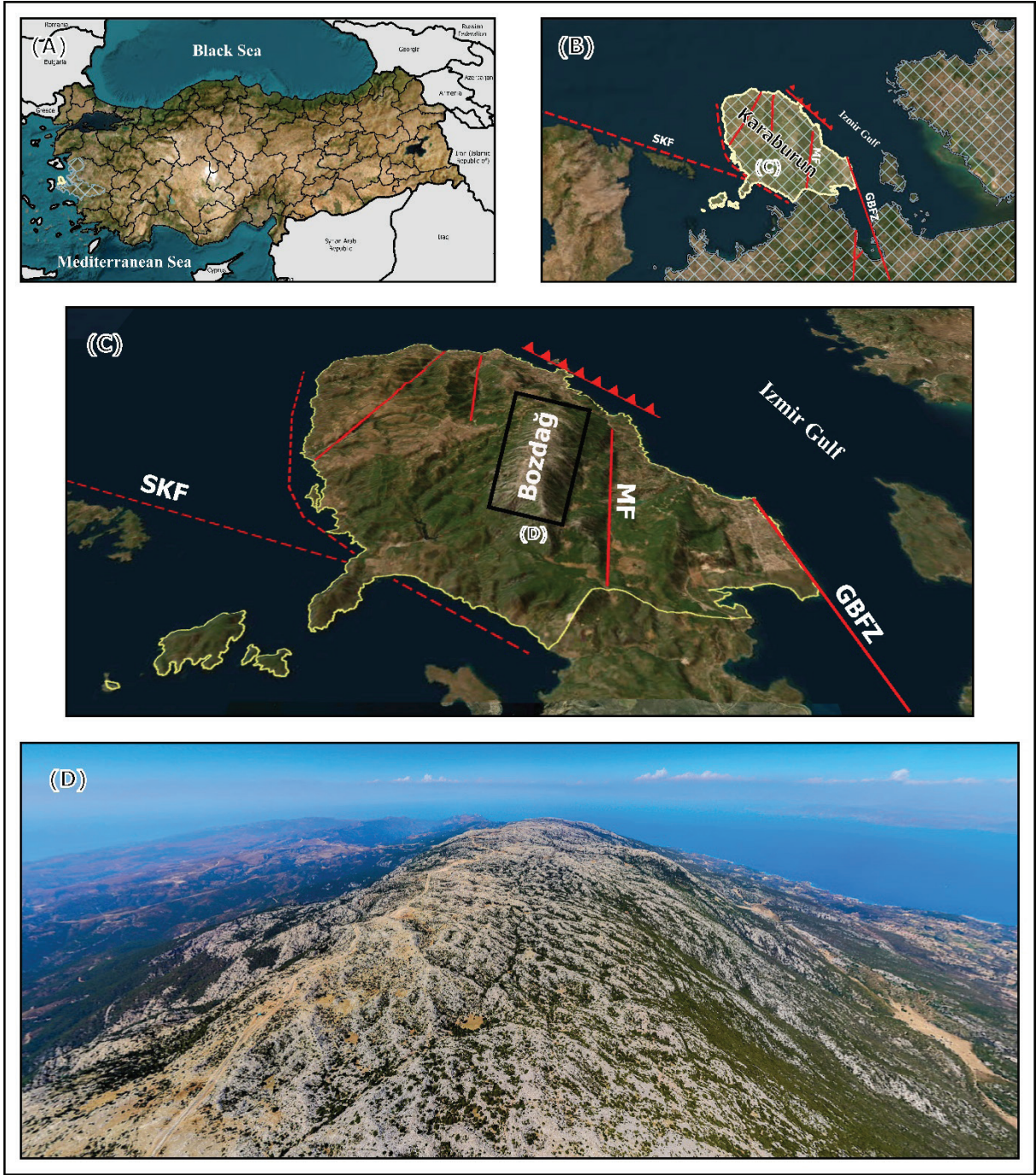
Dolinler karstik alanın morfotektonik ve morfojenetik gelişimlerinin anlaşılmasında kullanılan önemli parametrelerden bir tanesi olmasından dolayı; dolin morfometrisi yüzey karstı araştırmalarında yaygın olarak kullanılmaktadır (Şimşek vd., 2019a; Şener vd., 2023;). Başka bir ifade ile dolinlerin sahip oldukları morfometrik özellikler karstik alanların morfotektonik gelişim özellikleri hakkında önemli ipuçları sunmaktadır. Özellikle dolin yönelimleri karstik alanda egemen olan fay ve çatlak sistemlerinin doğrultuları hakkında önemli ipuçları sağlamaktadır (Nazik, 1986; Faivre ve Reiffsteck 1999; Öztürk vd.

2018b). Bu morfometrik özelliklerin dağılışından yola çıkarak Toroslar'daki karstik platoların morfotektonik gelişimleri konusunda birçok çalışma yapılmıştır (Şener ve Öztürk 2019; Öztürk, 2020; Aydın ve Tuncer, 2021; Şimşek vd., 2019b).

Çözünme dolinleri yoğun olarak Toros karst kuşağı boyunca görülmekle birlikte; ülkemizin birçok kesiminde bulunan karstik kuşaklar veya bölgeler üzerinde de görülebilmektedir. Bu alanlardan bir tanesi ülkemizin batı ucunda bulunan Karaburun Yarımadası'nın kuzey kesiminde yer alan ve en yüksek noktası 1.218 metre olan Bozdağ Kütlesidir. Bu çalışma kapsamında Bozdağ Kütlesi üzerindeki dolinlerin morfometrik özellikleri incelenmiş ve alandaki yapısal unsurlarla ilişkilendirilerek açıklanmaya çalışılmıştır.

ÇALIŞMA ALANI

Çalışma alanı Karaburun Yarımadası'nın kuzeyinde 26°28'51"- 26°31'56" doğu boylamları ile 38°30'48" 38°35'35" kuzey enlemleri arasında kalan 28 km²'lik alanı kapsamaktadır (Şekil 1A ve 1B). Çalışma alanı kuzey-güney doğrultusunda 8,4 km uzunluğa, doğu-batı doğrultusunda 3,4 km genişliğe sahiptir. Alanın tamamı Camiboğazı Formasyonu olarak adlandırılan resifal kireçtaşlarından oluşmaktadır. Bölge Köppen-Geiger iklim sınıflandırmasına göre Csa harfleriyle gösterilen ve tipik Akdeniz iklimine karşılık gelen ılıman iklim kuşağı içerisinde yer almaktadır (Öztürk vd., 2017b). Yıllık ortalama sıcaklığın 16 °C olduğu alanda yıllık toplam yağış değeri 730 mm'dir. Alandaki en yüksek nokta 1.218 metre ile Akdağ Tepesi'dir (Şekil 1).



Şekil 1. A) Çalışma alanı yerbulduru haritası, B) İzmir körfezi içerisindeki konumu, C) Çalışma alanı ve yakın çevresinde bulunan yapısal unsurlar, D) Bozdağ kütlesinin genel görünümü (Foto: Burak Büyükbayraktar; GBFZ: Gülbahçe Fay Zonu; MF: Mordoğan Fayı; SKF: Sakız-Karaburun Fayı)

Figure 1. A) Location map of the study area, B) Location within the Gulf of Izmir, C) Structural elements in the study area and immediate surroundings, D) General view of the Bozdağ massif (Photo: Burak Büyükbayraktar; GBFZ: Gülbahçe Fault Zone; MF: Mordoğan Fault; SKF: Sakız-Karaburun Fault)

YAPISAL ÖZELLİKLER

Batı Anadolu'nun paleotektonik evriminde KD-GB yönünde uzanan üç tektonik kuşak birbirinden ayırt edilir (Erdoğan 1990). En doğudaki kuşak, metamorfik kaya topluluklarından oluşan Menderes Masifi'dir. İkinci kuşak İzmir-Ankara Zonu, daha batıda yer alan ve platform tipi karbonat aralanması içeren üçüncü kuşak ise Karaburun Kuşağı olarak adlandırılmaktadır. Şengör ve Yılmaz (1981) Batı Anadolu tektonik sınıflandırmasında bu son kuşağı Sakarya kıtasının devamına dahil etmişlerdir. Orta-Geç Miyosen'den itibaren oluşmaya başlayan ve Batı Anadolu'nun graben yapılarını oluşturan D-B doğrultulu neotektonik yapılar bu Paleotektonik kuşakları boydan boya kesmektedir (Şengör, 1980). Daha önceki araştırmacılar, İzmir-Ankara Zonu'nun Menderes Masifi'nin üzerine güney yönünde düşük açılı faylar boyunca bindirdiğini belirtmişlerdir (Dürr, 1975; Dürr vd., 1978; Channel vd., 1979; Şengör ve Yılmaz, 1981; Akdeniz vd. 1982; Akkök, 1983; Özkan vd., 2011). Bu bindirme fayları boyunca meydana gelen yer değiştirmenin kıtasal ölçeğe ulaştığı ve Likya Napları'nın köklerinin İzmir-Ankara Zonu'nda bir yerde yer aldığı ve Menderes Masifi üzerinden güneye doğru ilerleyerek bugünkü konumlarını aldıkları ileri sürülmüştür (Dürr, 1975; Şengör ve Yılmaz 1981; Akkök vd., 1985). Karaburun Kuşağı, Anadolu'nun paleotektonik kuşaklarının en batısında yer alır ve Triyas'tan Geç Kretase'ye kadar uzanan kalın ve sürekli bir karbonat platformu ortaya çıkar (Çakmakoglu ve Bilgin 2006).

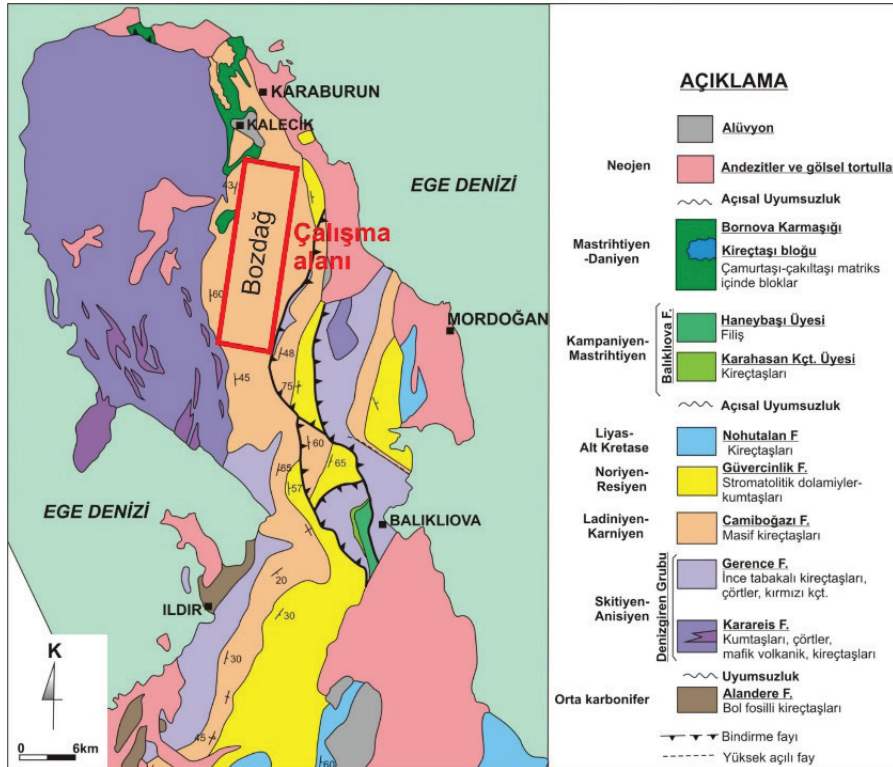
Devoniyen formasyonları KKB doğrultulu ve 30° ila 60° eğimlidir. Devoniyen tabakalarını örten Erken Karbonifer kireçtaşları, çökelme sırasında denizlerin hem stabilitesini hem de derinliğini göstermektedir. Uyumlu Erken Karbonifer ve Devoniyen tabakaları Hersiniyen Orojenezi sırasında kıvrımlanmışlardır ve kıvrımlar KB yönünde uzanmaktadır. Karaburun platformunun stratigrafik kayıtları, İzmir-Ankara Zonu'nun

ilk açılışının Erken Kretase'den sonra ve büyük olasılıkla Geç Kretase döneminde gerçekleştiğini göstermektedir. İzmir-Ankara Zonu içerisindeki kireçtaşı bloklarından elde edilen stratigrafik ve paleontolojik veriler de Geç Triyas'tan Geç Kretase'ye kadar hakim bir platform durumu olduğunu ve Geç Kretase'de bir havza oluştuğunu göstermektedir. Neojen oluşumlarının genel bir KB eğilimine sahip olması gerekmesine rağmen, bu dönemdeki tüm tektonik hareketler ve bu kayaçların fiziksel özellikleri, yani kıvrılmaya yatkınlıkları nedeniyle, daha sonra herhangi bir yönde böyle bir eğilim gözlemlenememiştir. Aksine, dalım 10°-25° arasında değişmiştir. Çalışma alanı doğudan Gülbahçe Fay Zonu (GBFZ) ve Mordoğan Fayı (MF) ile sınırlandırılmıştır. GBFZ ve MF, Karaburun Yarımadası'nın doğu sınırını ve Urla Havzası'nın batı sınırını belirleyen yaklaşık K-G yönlü sağ yanal doğrultu atımlı bir faydır (Geçkin vd., 2022). Türkiye Diri Fay Haritası, GBFZ'nin uzunlukları 21 ila 24 km arasında değişen üç bölüme ayrıldığını ve MF'nin 12 km uzunluğunda olduğunu göstermektedir (Emre vd. 2018; Şekil 1C ve 1D). Ayrıca Tan (2013), Sığacık Körfezi'nin kuzeyinde yer alan GBFZ ve MF'nı KB-GD yönlü sol yanal doğrultu atımlı bir fay olarak tanımlamıştır ki bu yönelim Bozdağ Kütlesi üzerindeki dolin yönelimleriyle örtüşmektedir. Çalışma alanı batıdan ise KB-GD yönlü Sakız-Karaburun Fayı (SKF) ile sınırlandırılmıştır (Altınok vd., 2005). SKF, K-G yönlü Bozdağ Kütlesi (1.212 m yüksekliğindeki Akdağ zirvesiyle) ve Karaburun Yarımadası'nın (415 km²) omurgasını oluşturur. Ayrıca, önemli Neotektonik değişimlere rağmen, Paleozoyik melanj üzerinde diskordans halinde duran kalın Mesozoyik platform, bölgeyi hâlâ etkileyen önemli Neojen uzantıyla bağlantılıdır (Altınok vd. 2005; Şekil 1c ve Şekil 1d).

STRATİGRAFİK ÖZELLİKLER

Çalışma alanı Karaburun Yarımadası'nın kuzey kesiminde yer alan ve Camiboğazı Formasyonu olarak adlandırılan masif kireçtaşlarından oluşan Bozdağ kütlesini kapsamaktadır (Şekil 2). Karaburun Yarımadası stratigrafik kesitinde en yaşlı birim, Erken ve Orta Karbonifer yaşlı Alandere Formasyonu'dur. Erken Triyas yaşlı formasyon üzerinde yer alır ve dikey ve yatay doğrultular boyunca fasiyes değişiklikleri gösteren kaya birimleri ile temsil edilir. Denizgiren Grubu olarak adlandırılan bu birimler içerisinde Karareis ve Gerence Formasyonları ayırtlanmıştır. Karareis Formasyonu kumtaşları, yataklı-siyah çörtler, pelajik kireçtaşları ve mafik volkaniklerin ara katkılarında oluşurken, Gerence Formasyonu baskın olarak ammonitik kırmızı kireçtaşları, ince yataklı gri kireçtaşları ve çörtlü kireçtaşlarından

oluşmaktadır. Karareis ve Gerence Formasyonları yanal olarak birbirlerine geçişlidir ve yaşları Erken-Orta Triyas'tır (Kalafatçıoğlu, 1961). Çalışma alanının içinde yer aldığı Camiboğazı Formasyonu bu birimlerin üzerinde bir dokanak halinde yer alır. Camiboğazı Formasyonu Erdoğan vd., (1990) göre 400-1.000m kalınlığında, beyaz, pembemsi beyaz, açık gri renkli masif kireçtaşlarından oluşur. Litolojik özellikleri nedeniyle, çevresinde bulunan kayalara göre sarp bir morfoloji gösterirler. Camiboğazı Formasyonunun en açık mostraları Ildır'ın doğusunda Camiboğazı mevkiinde görülür. Bu noktadan kuzeye kalınlaşarak devam eden birim, Karaburun Yarımadası'nın en sarp kesimlerini ve yüksek tepelerini oluşturur. Birim altta, Gerence Formasyonu ve üstte Güvercinlik Formasyonu ile geçişlidir (Brinkmann vd. 1972).



Şekil 2. Karaburun Yarımadası'nın jeoloji haritası ve stratigrafisi (Erdoğan vd., 1990).

Figure 2. Geological map and stratigraphy of the Karaburun Peninsula (Erdoğan et al., 1990).

Çakmakçoğlu ve Bilgin (2006), birimin yaşını Ladiniyen-Karniyen olarak belirlemişlerdir. Güvercinlik Formasyonu Camiboğazi Formasyonu üzerinde uyumlu olarak yer alır ve alg stromatolitleri, megalodon içeren kireçtaşları ve kumtaşı ara katkılarında oluşur. Bu birimin yaşı Üst Triyas olarak verilmektedir (Erdoğan vd., 1990). Baskın olarak kalın yataklı neritik kireçtaşları ile temsil edilen Nohutalan Formasyonu, Güvercinlik Formasyonu'nu dereceli olarak üzerler ve Erken Jura'dan Erken Kretase'ye kadar değişen bir yaş verir. Erken Triyas'tan Erken Kretase'ye kadar uzanan bu Mesozoyik kayalarının üzerinde, karbonatlı kayalar ve fliş fasiyesindeki kumtaşlarından oluşan Geç Kretase (Kampaniyen-Maastrichtiyen) yaşlı Balıklıova Formasyonu uyumsuz olarak yer alır (Kalafatçıoğlu 1961; Erdoğan vd., 1990; Şekil 2). Yukarıda özetlenen stratigrafiye sahip Karaburun Kuşağı, Bornova Melanjı olarak adlandırılan bloklu bir birim tarafından her yönden çevrelenmiştir. Yüksek derecede makaslanmış fliş matriksine sahip bu bloklu birim, Geç Kretase-Paleosen zaman aralığında İzmir-Ankara Zonu'nda oluşmuştur. Karaburun Kuşağı ile Bornova Melanjı arasındaki sınır ilişkileri, Karaburun Platformu'nun açılma sırasında İzmir-Ankara zonu içine tektonik olarak bir nap şeklinde taşındığını göstermektedir (Erdoğan vd., 1990; Kalafatçıoğlu, 1961).

VERİ ve YÖNTEM

Dolin morfometrisi çalışmalarında büyük oranda 1/25.000 ölçekli topoğrafya haritaları kullanılmaktadır (Day, 1983; Denizman, 2003; Öztürk 2018a). Ancak uzaktan algılama alanında yaşanan gelişmelerin bir sonucu olarak farklı çözünürlükte sayısal yükseklik modellerinin (SYM) üretilmeye başlanmasıyla birlikte bu yüksek çözünürlüklü SYM verileri üzerinden otomatik ya da yarı otomatik çıkarım tekniklerine göre dolinleri çizilmeye ve bunlara göre

morfometrik özellikler belirlenmeye başlanmıştır (Chen vd., 2018; Telbisz 2021) or residual hills, are frequently mentioned landforms in the context of humid tropical karsts as they are dominant surface elements there. Residual hills are also present in temperate karsts, but generally in a less remarkable way. These landforms have not been thoroughly addressed in the literature to date, therefore the present article is the first attempt to morphometrically characterize temperate zone residual karst hills. We use the methods already developed for doline morphometry, and we apply them to the “inverse” topography using LiDAR-based digital terrain models (DTMs. Çözünürlüğü 1 ile 90 metre arasında değişen LİDAR, ASTER, ALOS, PALSAR, SRTM gibi küresel verilerden otomatik ya da çıkarım tekniklerine göre çok sayıda dolin morfometrisi çalışması yapılmıştır (Siart vd., 2009; Jeanpert vd. 2016; Jones vd., 2018; Theilen-Willige, 2018; Zumpano vd., 2019; Qiu vd., 2020; Telbisz, 2021) this paper examines the application and quality of digital elevation models (SRTM and ASTER DEMs. Küresel ya da ulusal ölçekte ulaşılabilen bu verilerin yanı sıra insansız hava araçlarından üretilen sayısal yükseklik modellerinden de otomatik çıkarım yöntemi ile dolinler belirlenmeye başlanmıştır (Utlu ve Öztürk 2023). Otomatik çıkarım teknikleri sayesinde çok sayıda dolin kısa sürede belirlenebilmektedir.

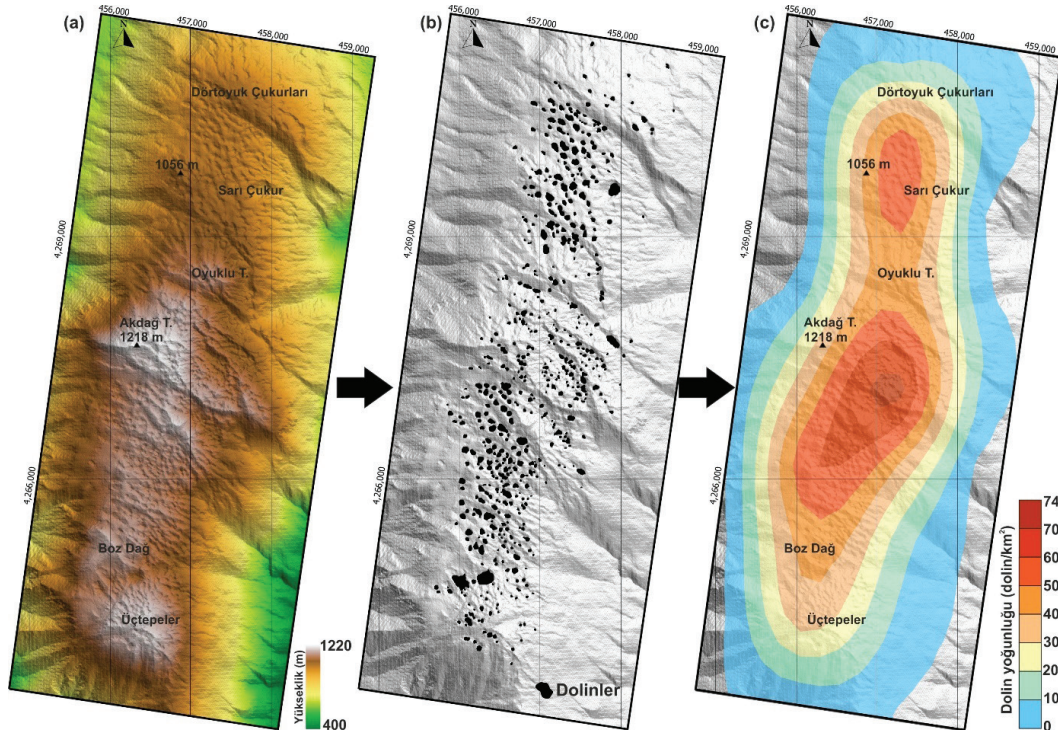
Bu çalışmada da Utlu ve Öztürk (2023) tarafından kullanılan otomatik çıkarım tekniği Harita Genel Müdürlüğü'nden temin edilen 5 metrelik sayısal yükseklik modeline uygulanmıştır. Yöntemde ilk olarak orijinal SYM verisi içerisindeki çukur alanlar doldurulmakta, ardından doldurulan SYM verisi orijinal SYM verisinden çıkarılarak dolin alanları belirlenebilmektedir. Bu yöntemin en önemli avantajlarından bir tanesi de dolinlere ait derinlik bilgilerinin elde edilmesidir. Klasik yöntemde yani 1/25.000 ölçekli topoğrafya haritalarında birçok dolin tek bir yükseklik eğrisiyle temsil edildiği için dolinlerin derinlikleri

hakkında bilgi elde edilememektedir. Ayrıca alansal çözünürlüğün 5 metre olması topografya haritalarından daha fazla dolinin tespit edilmesine imkan sağlamaktadır.

Dolinlerin otomatik şekilde elde edilmesinin ardından dolinlere ait morfometrik özellikler hesaplanmıştır. Tespit edilen her bir doline ait yükseklik, alan, çevre uzunluğu, dairesellik indeksi, uzun ve kısa eksen, derinlik, uzama oranı, uzun eksenin kuzey ile yaptığı açı özellikleri hesaplanmıştır. Elde edilen veri setine ait temel istatistiksel hesaplamalar yapılmış ve CBS (Coğrafi Bilgi Sistemleri) ortamında haritalandırılmıştır. Elde edilen morfometrik hesaplamalar alanında jeolojik ve tektonik gelişim özellikleri ile ilişkilendirilerek dolinlerin alanın morfotektonik gelişimi hakkında bizlere sağladığı bilgiler derlenmiştir.

BULGULAR

Dolinler Bozdağ kütlesinin merkezi kesiminde dağılışı göstermektedirler. 28 km²'lik bir alanda yapılan otomatik çıkarıma yöntemine göre alanda toplam 546 adet dolin tespit edilmiştir (Şekil 3a ve 3b). 1/25.000 ölçekli haritalara göre alanda toplam 210 adet dolin bulunmaktadır. Bu açıdan 5 metre çözünürlüğe sahip SYM verisinde topografya haritasının 2,5 katı daha fazla dolin tespit edilmiştir. Kernel yöntemiyle 1 km² için belirlenen yoğunluk değerlerine göre maksimum yoğunluk kütleinin merkezi kesiminde 74 dolin/km²'ye kadar yükselmektedir (Şekil 3c). Pahernik (2012) tarafından yapılan dolin yoğunluk sınıflandırmasına göre çalışma alanının sadece %4,6'lık kesimi yüksek dolin yoğunluğuna sahiptir. %33,4'ü orta yoğunluk değerlerine sahip iken %62'si düşük ve çok düşük yoğunluk değerlerine sahiptir (Şekil 3).



Şekil 3. a) Bozdağ'a ait sayısal yükseklik modeli, **b)** bu modelden otomatik çıkarım tekniği kullanılarak belirlenen dolinlerin dağılışı ve **c)** belirlenen dolinlere göre 1 km²'deki dolin yoğunluğunun dağılışı.

Figure 3. a) Digital elevation model of Bozdağ, **b)** distribution of dolines determined from the model using automatic extraction technique, and **c)** distribution of doline density per km² according to the dolines identified.

Kütlenin uzanış doğrultusuna paralel bir şekilde yoğunluk bölgeleri K-G doğrultusunda uzanmaktadır ve dolin yoğunluğu merkezi kesimden çevreye doğru gidildikçe azalmaktadır. Çevreye doğru yoğunluğun azalmasının en önemli nedenleri eğimin ve akarsu yoğunluğunun artmasıdır. Toroslarda yapılan çalışmalara göre dolin yoğunlukları ile km^2 'deki eğim değerleri ve drenaj yoğunlukları ile dolin yoğunlukları arasında negatif korelasyonlar bulunmaktadır. Artan eğim koşulları yüzeysel akışı hızlandırarak akarsu vadilerinin oluşmasını sağlamakta ve akarsuların zaman içinde büyümesiyle karstik platolardaki dolin morfolojileri bozulmaktadır (Öztürk 2020; Şener ve Öztürk 2019). Dolin morfometrisi açısından en önemli parametrelerden bir tanesi dolinlerin en üst kapalı kontur eğrilerine göre belirlenen yükseklik değerleridir. Bu yükseklik değerlerinin dağılışı yüzey karstlaşma seviyesi hakkında bilgiler sağlamaktadır. 564 adet dolinin yükseklik değerlerine göre dolinler 799 metre ile 1.204 metre yükseklikleri arasında dağılışı gösterirler. %90'ının 989 ile 1.170 metreleri arasında bulunan dolinlerin ortalama yükseklikleri 1.080 metredir. Ortalama dolin yüksekliklerine kütle Toroslar'daki ortalama dolin yüksekliklerinden daha düşük bir ortalama sahiptir. Ortalama dolin yükseklikleri Batı Toroslarda 1.720 m (Şener vd., 2023), Orta Toroslarda 1.857 (Öztürk, 2018b) ve Doğu Toroslar'da ise 2.020 metredir (Çetinkaya vd., 2023). Ancak bu değerler Batı, Orta ve Doğu Toroslardaki bazı kütlelerde oldukça düşük seviyelere inebilmektedir. Örneğin Batı Toroslarda Karlık Dağı'nda ortalama dolin yüksekliği 976 metreye (Şener vd., 2023), Doğu Toroslar'daki İnceburun Dağları'nda ise 1.131 metreye kadar inmiştir (Çetinkaya vd., 2023).

Alansal büyüklüklerine göre dolinler 106 m^2 ile 25 bin m^2 arasında değişen alanlara sahiptir. Ortalama alan büyüklüğünün 1.450 m^2 olduğu dolinler Batı, Orta ve Doğu Toroslardaki dolinlere göre oldukça küçüktür. Ancak bu değerler yöntemsel farklılıklardan da kaynaklanmaktadır. Batı, Orta ve Doğu Toroslardaki dolinlerin tamamı 1/25.000 ölçekli haritalara göre hesaplanmıştır ve bu haritalarda küçük ölçekli dolinler gösterilememektedir. Ancak SYM verisinin çözünürlüğü arttıkça daha küçük dolinler tespit edilebilir (Utlı ve Öztürk 2023). Çalışma alanında 5 metre çözünürlüğe sahip SYM verisi kullanıldığı için daha küçük dolinler belirlenebilmiştir.

Alan ve çevre uzunluklarına göre belirlenen dairesellik değeri dolinlerin geometrik şekilleri hakkında fikir veren önemli bir parametredir. Değerin 1 olması dolinlerin dairesel olduklarını ve 1'den uzaklaşması ise dairesel şekillerini kaybettiklerini göstermektedir (Day, 1983). Dolinler dairesel şekillerini iki şekilde kaybetmektedir. Bunlar dolinin drenaj özellikleri ve alanda etkili olan yapısal unsurlardır. Dolinler eğer paleovadiler (flüviyokarstik uvalalar) içerisinde gelişme gösterir ve dolinin merkezi kesiminde birden fazla akarsu drene olursa dolinler dairesel formlarını kaybederek daha karmaşık görünüm alırlar (Öztürk, 2020). Yapısal olarak ise özellikle bindirme alanlarında ekili olan farklı yönlerdeki çatlak sistemlerinin kesişiminde bulunan dolinler dairesel formlarından uzaklaşmaktadır (Öztürk vd., 2018b). Bozdağ'daki dolinlerin dairesellik değeri ortalama 1,26 civarındadır. Maksimum değer 2,74'e kadar çıkmakla birlikte dolinlerin %90'ı 1,06 ile 1,64 arasında dairesellik değerlerine sahiptir (Çizelge 1). Bu değerlere göre alandaki dolinlerin genel olarak dairesel şekillere sahip oldukları söylenebilir.

Çizelge 1. Bozdağ dolinlerine ait morfometrik özelliklerin istatistiksel dağılımı.

Table 1. Statistical distribution of morphometric features of Bozdağ dolines.

	Yükseklik (m)	Alan (m ²)	Çevre Uzunluğu (m)	Dairesellik	Uzunluk (m)	Genişlik (m)	Uzama Oranı	Derinlik (m)
Mak	1.204	25.013	702	2,74	242	176	3,23	28,00
95%	1.170	4.428	282	1,64	107	65	2,36	9,00
90%	1.150	3.260	230	1,51	86	56	2,06	8,00
75%	1.119	1.794	172	1,33	62	43	1,75	6,00
Ort.	1.080	1.450	133	1,26	49	32	1,56	4,38
25%	1.041	354	74	1,13	28	18	1,29	2,00
10%	999	199	56	1,08	20	13	1,14	1,00
5%	989	156	48	1,06	18	11	1,10	1,00
Min	799	106	40	1,03	14	8	1,02	0,00

Dolinlerin geometrik şekilleri hakkında bilgi sağlayan diğer bir parametre uzama oranı değeridir. Bu değer dolin uzunluğunun genişliğine bölünmesiyle elde edilmektedir. Dairesellik değerinde olduğu gibi uzama oranının 1 olması dolinin dairesel olduğunu, 1'den uzaklaşması ise eliptik bir görünüme sahip olduğunu göstermektedir. Alandaki ortalama uzama oranı değeri 1,56'dır. Dolinlerin %90'ında ise bu değer 1,10 ile 2,36 arasında değişmektedir (Çizelge 1). Bu değerlere göre alandaki dolinler dairesel ve yarı eliptik formdadır (Basso vd., 2013). Dolinlerin eliptik bir özellik kazanmasındaki en önemli neden alandaki tektonik aktivitelerdir. Özellikle antiklinal eksenleri, bindirme hatlarının ön kısımları, normal fayların etkili olduğu alanlarda dolinler eliptik şekillere sahiptirler (Öztürk vd., 2017b; 2018b).

Bu çalışmada elde edilen 5 m çözünürlüğe sahip SYM verileri sayesinde dolinlere ait derinlik bilgileri ortaya konulmuştur. Maksimum derinliğin 28 metreye çıktığı alanda ortalama dolin derinliği 4,38 metredir (Çizelge 1). İnsansız hava aracından alınan görüntülerden elde edilen yüksek çözünürlüklü SYM verilerine göre Orta Toroslar'da ortalama dolin derinliği 7,43 metredir ve maksimum derinlik 31,22 metreye kadar ulaşmaktadır (Utlı ve Öztürk 2023). Bu değerlere

göre dolin derinlikleri Orta Toroslar'daki karstik platolara yakın değerlerdedir.

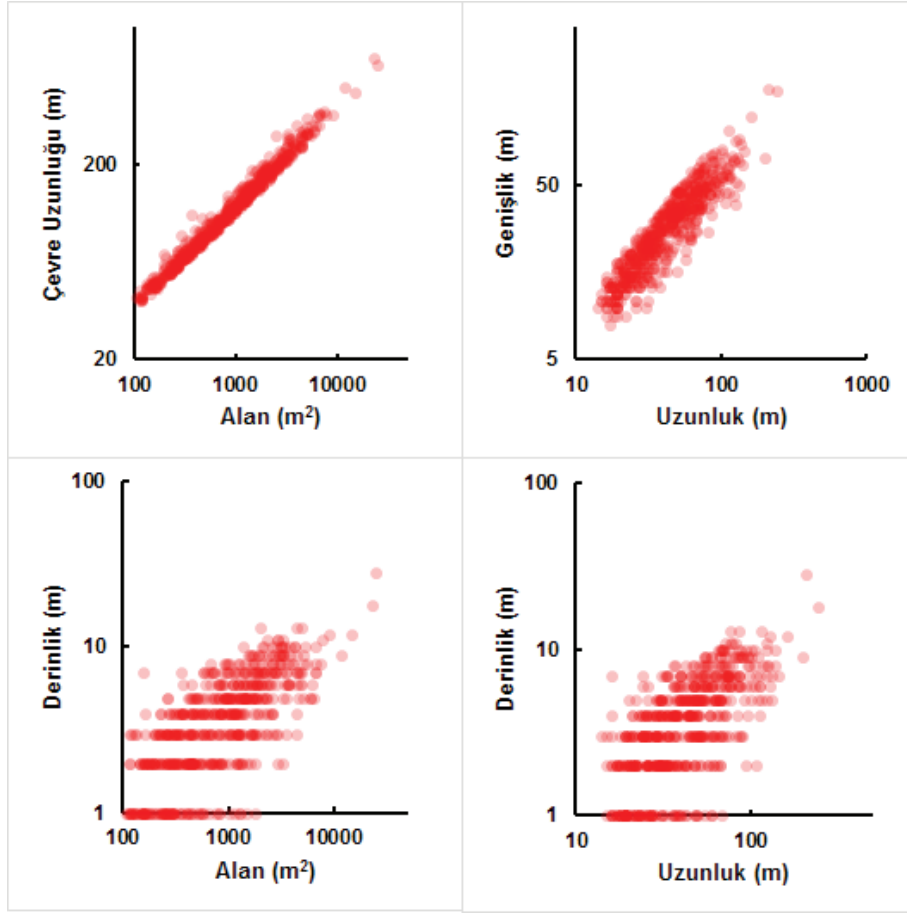
Dolinlerin morfometrik parametreleri arasındaki alansal ilişkiler büyük oranda pozitif yöndedir (Çizelge 2). Başka bir ifadeyle dolin alanının artması çevre uzunluğunun, uzunluk, genişlik ve derinlik değerlerinin artmasına neden olmaktadır. Bu nedenle bu değerler arasında yüksek pozitif korelasyonlar bulunmaktadır (Şekil 4). Morfometrik değerler arasında uzama oranı ve genişlik değeri ile derinlik ve uzama oranı değeri arasında zayıf da olsa negatif korelasyonlar görülmektedir (Çizelge 2).

Çizelge 2. Dolinlere ait morfometrik parametreler arasındaki korelasyon matrisi

Table 2. Correlation matrix for morphometric parameters of dolines

	Alan	Çevre Uzunluğu	Dairesellik	Uzunluk	Genişlik	Uzama Oranı
Çevre U.	0,92					
Dairesellik	0,20	0,34				
Uzunluk	0,89	0,99	0,39			
Genişlik	0,90	0,94	0,11	0,89		
Uzama Oranı	0,02	0,11	0,71	0,22	-0,18	
Derinlik	0,70	0,73	0,07	0,69	0,76	-0,13

Dolin morfometrisi açısından en etkili parametrelerden bir tanesi dolin uzun eksenlerinin kuzey ile yaptığı açıdır. Bu açılardan elde edilen yönelimler genel olarak karstik alanlardaki tektonik hatların yorumlanmasında ve karstik alanların morfotektonik gelişimlerinin yorumlanmasında kullanılmaktadır (Öztürk vd., 2018b; Şener vd., 2023). Bu çalışmada da 564 dolinin her birine ait uzun eksen yönelimleri hesaplanmış, dolin yönelimlerini tektonik açıdan yorumlayabilmek için alandaki tüm çizgisellikler belirlenmiş (Şekil 5a) ve bunlara ait gül diyagramı oluşturulmuştur (Şekil 5b ve 5c).



Şekil 4. Dolinlere ait korelasyon parametreleri saçılım diyagramları (grafiklerdeki ölçekler logaritmiktir).

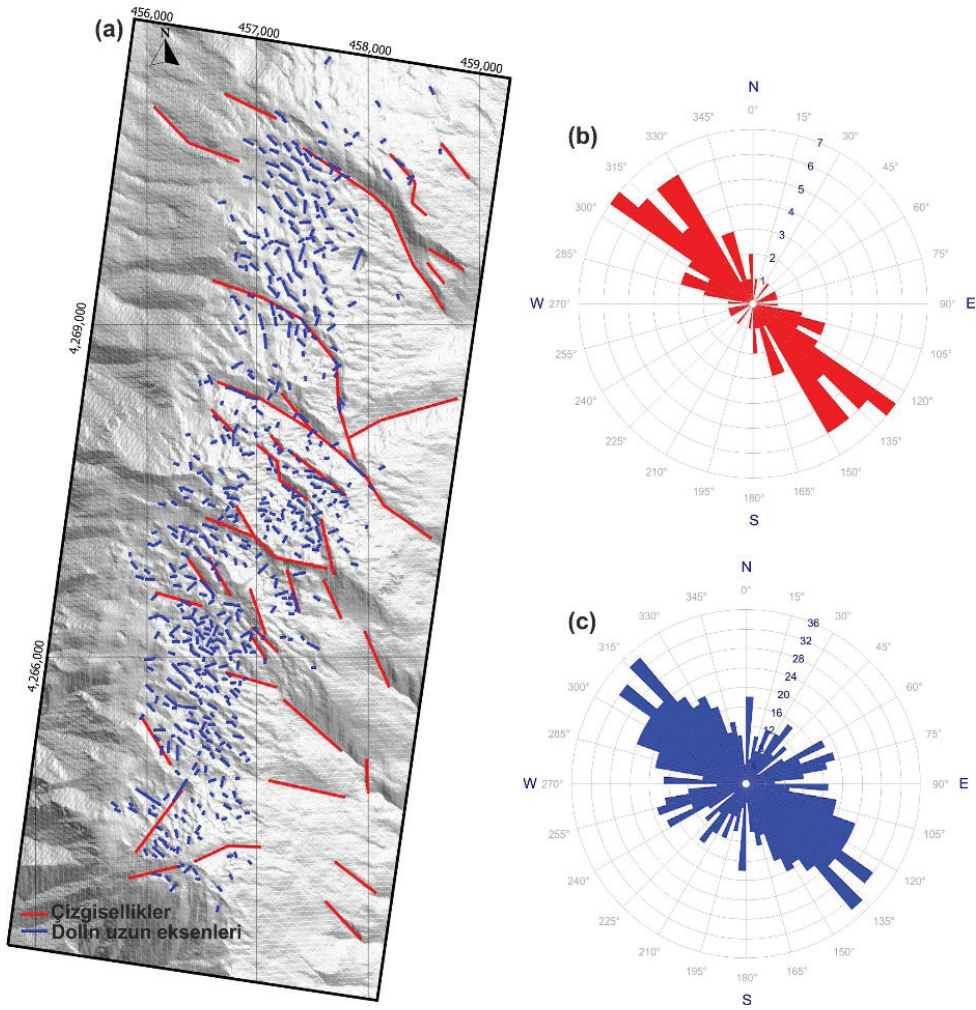
Figure 4. Scatter diagrams for correlation parameters of dolines (scales in the graphs are logarithmic).

Elde edilen yönelimlere göre alandaki dolin yönelimleri ve çizgisellikler birbirlerine paralel olarak KB-GD doğrultusunda uzanmaktadır. Bu yönelimler bölgenin paleotektonik yapılarının uzanımına paralel bir uzama göstermektedir (Erdoğan, 1990).

SONUÇLAR

Karaburun Yarımadası'nın kuzeyinde yer alan Bozdağ kütesini oluşturan Camiboğazı Formasyonu üzerinde toplam 564 adet dolin tespit edilmiştir. Maksimum yoğunluk 74 dolin/km²'ye kadar yükselmektedir. Maksimum değer açısından

alan yüksek yoğunluk değerine sahip olmakla birlikte alanın büyük bölümü düşük ve çok düşük yoğunluk değerlerine sahiptir. Dolin yoğunlukları artan drenaj yoğunlukları ve eğim koşulları nedeniyle platonun kenar kesimlerine doğru azalmaktadır. Dolinlerin ortalama yüksekliği 1.080 metre olup, Toros sistemindeki karstik platolardan daha düşük bir ortalama değere sahiptir. Benzer durum diğer parametrelerde de görülmektedir. Yani çalışma alanı Toroslardaki karstik platolara göre daha alçak bir konumda bulunmakta ve dolinlerin alansal değerleri Toroslara göre daha küçüktür.



Şekil 5. Çalışma alanındaki **a)** dolinlere ait uzun eksen yönelimleri ile alandaki çizgiselliklerin dağılımı, **b)** çizgiselliklerin yönelimi, **c)** dolinlerin yönelimi

Figure 5. **a)** Long axis orientations of dolines and distribution of lineaments in the area, **b)** orientation of lineaments, and **(c)** orientation of dolines

Ancak alansal değerlerdeki bu düşüklük dolin çıkarımındaki farklılıklardan kaynaklanmaktadır. Toroslarda yapılan çalışmalar genel olarak 1/25.000 ölçekli topografya haritalarına göre yapıldığından dolayı küçük dolinler tespit edilememiştir. Ancak bu çalışmada daha yüksek çözünürlüklü SYM verisi kullanıldığı için daha küçük dolinler de tespit edilebilmiştir. SYM verisinin sağladığı en önemli parametrelerden bir tanesi de derinlik değeridir. Alandaki dolinlerin

ortalama derinliği 4,3 metredir. Dolinlerin gelişim özelliğine göre morfometrik parametreler arasında alan, çevre uzunluğu, uzunluk, genişlik ve derinlik değerleri arasında yüksek pozitif korelasyonlar bulunmaktadır. Alandaki dolinler KB-GD doğrultusunda alanda tespit edilen çizgiselliklere paralel bir uzanım göstermektedir. Bu durum Batı Anadolu'nun Paleotektonik evrimi ile başlayan ve Karaburun Platformunun İzmir-Ankara Zonu'nda Erken-Geç Kretase döneminde etkisi

altında kaldığı tektonik aktivitelere bağlı olarak alandaki dolinlerin KB-GD doğrultusunda uzanım göstermeleriyle açıklanabilir.

EXTENDED SUMMARY

Dissolution dolines, which generally have circular and semicircular shapes and can reach diameters of up to 1 km, show widespread development in our country, especially in the Taurus karst belt and Sivas-Çankırı gypsum. Dissolution dolines reach maximum density within the Taurus karst belt, especially in the Central Taurus, and Sivas gypsum karst areas, which are limited by thrust faults, or on high karst plateaus corresponding to anticline axes (Ford and Williams 2007; Öztürk et al., 2018a & b). As dolines are one of the important parameters for understanding the morphotectonic evolution of karst areas, doline morphometry is widely used in surface karst research (Poyraz et al., 2021; Şener et al., 2023). Although dissolution dolines are mostly found along the Taurus karst belt, they can also be found in karst rocks in many parts of our country. This study investigated the morphometric characteristics of dolines in the Bozdağ Massif, which is one of these areas and is located on the Karaburun Peninsula of Izmir, and attempted to explain the dolines by associating them with structural elements in the area. The study area covers an area of 28 km² in the north of Karaburun Peninsula, between 26°28'51" - 26°31'56" eastern longitude and 38°30'48" - 38°35'35" northern latitude. According to the Köppen-Geiger climate classification, the region is located in the temperate climate zone, indicated by the letters Csa, which corresponds to the typical Mediterranean climate (Öztürk et al., 2017a & b). The study area is bounded by the Gülbahçe fault zone and the Mordoğan fault from the east and the NW-SE trending Sakız-Karaburun fault from the west. In addition, the study area includes the Bozdağ Massif, which is located in the northern

part of the Karaburun Peninsula and consists of massive limestones from the Camiboğazı Formation (Figure 1 and 2). Dolines are distributed in the central part of the Bozdağ massif. A total of 546 dolines were detected in the area according to the automatic extraction method carried out for an area of 28 km² (Figure 3). According to the density values determined per km² by the kernel method, the maximum density increases to 74 dolines/km² in the central part of the mass. According to the elevation values of 564 dolines, the dolines are distributed between 799 and 1,204 metres. The average elevation of the dolines, 90% of which are between 989 and 1,170 metres, is 1,080 metres. The average circularity value of the dolines in Bozdağ is around 1.26. Although the maximum value is up to 2.74, 90% of the dolines have circularity values between 1.06 and 1.64. In addition, the average elongation rate value in the area is 1.56. This value varies between 1.10 and 2.36 in 90% of the dolines (Figure 4). The long axis orientations of each of the 564 dolines were calculated and rose diagrams were constructed. According to the obtained orientations, the doline orientations in the area start with the Izmir-Ankara zone in the Late Cretaceous and extend parallel to each other in NW-SE direction, compatible with the Gülbahçe fault zone and the Mordoğan fault, which are active today (Figure 5). This situation reveals the influence of structural elements in the area on the doline formation process and shows that the current tectonic activity in the area can be interpreted in terms of doline orientations.

ORCID

Mehmet Furkan Şener  <https://orcid.org/0000-0003-0865-0852>

KAYNAKLAR / REFERENCES

- Akdeniz, N., Öztürk, Z., Konak, N., Çakır, H. M., Serdaroğlu, M., Armağan, F. & Çatal, E. (1982). İzmir Manisa dolaylarının stratigrafi ve yapısal

- özellikleri. *Türkiye Jeoloji Kongresi Bildiri Özetleri* (pp. 49–50).
- Akkök, R. (1983). Structural and Metamorphic Evolution of the Northern Part of the Menderes Massif: New Data from the Derbent Area and Their Implication for the Tectonics of the Massif. *The Journal of Geology*, 91(3), 342–350.
- Akkök, R., Satır, M. & Şengör, A. M. C. (1985). Menderes masifinde tektonik olayların zamanlaması ve sonuçları. *Ketin Simpozyumu* (pp. 93–94).
- Altınok, Y., Alpar, B., Özer, N. & Gazioglu, C. (2005). 1881 and 1949 earthquakes at the Chios-Cesme Strait (Aegean Sea) and their relation to tsunamis. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 5(5), 717–725. <https://doi.org/10.5194/nhess-5-717-2005>
- Ataol, M. & Şimşek, M. (2022). Çankırı jips platosu üzerindeki Çözünme dolinlerinin morfometrik özellikleri. *Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi*, 8, 48–60. <https://doi.org/10.46453/jader.1070171>
- Aydın, S. & Tuncer, K. (2021). Bozdağ'da (Denizli) dolinlerin morfometrik özellikleri. *Türk Coğrafya Dergisi*, 78, 33–48. <https://doi.org/10.17211/tcd.1013232>
- Basso, A., Bruno, E., Parise, M. & Pepe, M. (2013). Morphometric analysis of sinkholes in a karst coastal area of southern Apulia (Italy). *Environmental Earth Sciences*, 70(6), 2545–2559. <https://doi.org/10.1007/s12665-013-2297-z>
- Brinkmann, R., Flügel, E., Jacopshagen, V., Lechnert, H., Rendel, B. & Trick, P. (1972). Trias, Jura und Unterkreide der Halbinsel Karaburun (West Anatolien). *Geology and Paleontology*, 6, 139–150.
- Çakmakoglu, A. & Bilgin, Z. R. (2006). Karaburun Yarımadası'nın Neojen Öncesi Stratigrafisi. *Maden Tetkik ve Arama Dergisi*, 132, 33–62.
- Çetinkaya, G., Şimşek, M. & Öztürk, M. Z. (2023). Doğu Toroslardaki çözünme dolinlerinin morfometrik özellikleri. *Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi*, 10, 20–33. <https://doi.org/10.46453/jader.1201290>
- Channel, J., Dargenio, B. & Horvath, F. (1979). Adria, the African promontory, in mesozoic Mediterranean palaeogeography. *Earth-Science Reviews*, 15(3), 213–292. [https://doi.org/10.1016/0012-8252\(79\)90083-7](https://doi.org/10.1016/0012-8252(79)90083-7)
- Chen, H., Oguchi, T. & Wu, P. (2018). Morphometric analysis of sinkholes using a semi-automatic approach in Zhijin County, China. *Arabian Journal of Geosciences*, 11(15), 1–14. <https://doi.org/10.1007/s12517-018-3764-3>
- Day, M. (1983). Doline morphology and development in Barbados. *Annals of the Association of American Geographers*, 73(2), 206–219. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8306.1983.tb01408.x>
- Denizman, C. (2003). Morphometric and spatial distribution parameters of karstic depressions, Lower Suwannee River Basin, Florida. *Journal of Cave and Karst Studies*, 65(1), 29–35.
- Doğan, U. & Özel, S. (2005). Gypsum karst and its evolution east of Hafik (Sivas, Turkey). *Geomorphology*, 71(3–4), 373–388. <https://doi.org/10.1016/J.GEOMORPH.2005.04.009>
- Dürr, S. (1975). *Über Alter und geotektonische Stellung des Menderes-Kristallins, SW Anatolien und seine Aequivalente in der Mittleren Aegaeis*. University of Marburg/Lahn.
- Dürr, S., Altherr, R., Keller, J., Okrusch, M. & Seidel, E. (1978). The median Aegean crystalline belt: Stratigraphy, metamorphism. In H. Closs, D. Roeder, & K. Schmidt (Eds.), *Alps, Apenines and Helenids* (pp. 455–476). Stuttgart, Schweizerbart.
- Emre, Ö., Duman, T. Y., Özalp, S., Şaroğlu, F., Olgun, Ş., Elmacı, H. & Çan, T. (2018). Active fault database of Turkey. *Bulletin of Earthquake Engineering*, 16(8), 3229–3275. <https://doi.org/10.1007/s10518-016-0041-2>
- Erdoğan, B. (1990). Tectonic Relations Between İzmir-Ankara Zone and Karaburun Belt. *Bulletin of the Mineral Research and Exploration*, 110, 1–15.
- Erdoğan, B., Altıner, D., Güngör, T. & Özer, S. (1990). Stratigraphy of Karaburun Peninsula. *Bulletin of the Mineral Research and Exploration*, 111, 1–20.

- Faivre, S. & Reiffsteck, P. (1999). Spatial distribution of dolines as an indicator of recent deformations on the Velebit mountain range-Croatia. *Géomorphologie*, 5(2), 129–142. <https://doi.org/10.3406/morfo.1999.983>
- Ford, D. & Williams, P. (2007). *Karst Hydrogeology and Geomorphology*. West Sussex, England: John Wiley & Sons Ltd., <https://doi.org/10.1002/9781118684986>
- Gams, I. (2000). Doline morphogenetic processes from global and local viewpoints. *Acta Carsologica*, 29(2), 123–138. <https://doi.org/10.3986/ac.v29i2.453>
- Geçkin, B. Ş., Sözbilir, H., Özkaymak, Ç., Softa, M., Spencer, J. Q. G., Şahiner, E., Meriç, N. & Deliormanlı, A. H. (2022). Evidence of surface rupture associated with historical earthquakes on the Gülbahçe Fault Zone (İzmir, Türkiye) and its application for determination of the surface fault-rupture hazard zone. *Natural Hazards*, 114(2), 2189–2218. <https://doi.org/10.1007/s11069-022-05467-9>
- Gökkaya, E., Gutiérrez, F., Ferk, M. & Görüm, T. (2021). Sinkhole development in the Sivas gypsum karst, Turkey. *Geomorphology*, 386, Article 107746. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2021.107746>
- Jeanpert, J., Genthon, P., Maurizot, P., Folio, J.-L., Vendé-Leclerc, M., Sérino, J., Join, L.L. & Iseppi, M. (2016). Morphology and distribution of dolines on ultramafic rocks from airborne LiDAR data: the case of southern Grande Terre in New Caledonia (SW Pacific). *Earth Surface Processes and Landforms*, 41(13), 1854–1868. <https://doi.org/10.1002/esp.3952>
- Jones, C. J. R., Springer, A. E., Tobin, B. W., Zappitello, S. J. & Jones, N. A. (2018). Characterization and hydraulic behaviour of the complex karst of the Kaibab Plateau and Grand Canyon National Park, USA. *Geological Society Special Publication*, 466(1), 237–260. <https://doi.org/10.1144/SP466.5>
- Kalafatçıoğlu, A. (1961). *Karaburun Yarımadası'nın jeolojisi*. *MTA Dergisi*, 56(6), 40–49.
- Keskin, Ş., Şener, M., Şener, M. F. & Öztürk, M. Z. (2017). Depositional environment characteristic of Ulukışla evaporites, central Anatolia, Turkey. *Carbonates and Evaporites*, 32, 231–241. <https://doi.org/10.1007/s13146-016-0292-7>
- Nazik, L. (1986). Beyşehir Gölü yakın güneyi karst jeomorfolojisi ve karstik parametrelerin incelenmesi. *Jeomorfoloji Dergisi*, 14, 65–77.
- Nazik, L. & Poyraz, M. (2017). Türkiye karst jeomorfolojisi genelini karakterize eden bir bölge: Orta Anadolu Platoları karst kuşağı. *Türk Coğrafya Dergisi*, 68, 43–56. <https://doi.org/10.17211/tcd.300414>
- Nazik, L., Poyraz, M., & Karabıyıkoglu, M. (2019). Karstic Landscapes and Landforms in Turkey. In C. Kuzucuoglu, A. Çiner, & N. Kazancı (Eds.), *Landscapes and Landforms of Turkey* (pp. 181–196). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-03515-0_5
- Özkan, R., Şener, M., Helvacı, C. & Şener, M. F. (2011). Hydrothermal alterations and relationship with thermal waters at Aliğa (İzmir) geothermal field. *Yerbilimleri Dergisi*, 32(1), 141–168.
- Öztürk, M. Z. (2018a). Karstik Kapalı Depresyonların (Dolinlerin) Morfometrik Analizleri. *Cografya Dergisi*, 36(36), 1–13. <https://doi.org/10.26650/JGEOG371149>
- Öztürk, M. Z. (2018b). *Orta Toroslar'da Dolinlerin Dağılışı ve Morfometrik Özellikleri*. Kriter Yayınevi.
- Öztürk, M. Z. (2020). Fluvio-karstic evolution of the Taşeli Plateau (Central Taurus, Turkey). *Turkish Journal of Earth Sciences*, 29(5), 733–746. <https://doi.org/10.3906/yer-1908-1>
- Öztürk, M. Z., Çetinkaya, G. & Aydın, S. (2017a). Köppen-Geiger İklim Sınıflandırmasına Göre Türkiye'nin İklim Tipleri. *Coğrafya Dergisi*, (35), 17–27. <https://dergipark.org.tr/iucografya/issue/32204/330955>
- Öztürk, M. Z., Şımşek, M., Utlu, M. & Şener, M. F. (2017b). Karstic depressions on Bolkar Mountain plateau, Central Taurus (Turkey): Distribution characteristics and tectonic effect on orientation.

- Turkish Journal of Earth Sciences*, 26, 302–313. <https://doi.org/10.3906/yer-1702-3>
- Öztürk, M. Z., Şener, M. F., Şener, M. & Şimşek, M. (2018a). Structural controls on distribution of dolines on Mount Anamas (Taurus Mountains, Turkey). *Geomorphology*, 317, 107–116. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2018.05.023>
- Öztürk, M. Z., Şimşek, M., Şener, M. F. & Utlu, M. (2018b). GIS based analysis of doline density on Taurus Mountains, Turkey. *Environmental Earth Sciences*, 77, Article 536. <https://doi.org/10.1007/s12665-018-7717-7>
- Pahernik, M. (2012). Spatial density of dolines in the Croatian Territory. *Croatian Geographical Bulletin*, 74(2), 5–26. <https://doi.org/10.21861/HGG.2012.74.02.01>
- Poyraz, M., Öztürk, M. Z. & Soykan, A. (2021). Sivas jips karstında dolin yoğunluğunun CBS tabanlı analizi. *Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi*, 6, 67–80. <https://doi.org/10.46453/jader.863090>
- Qiu, X., Wu, S.-S. & Chen, Y. (2020). Sinkhole susceptibility assessment based on morphological, imagery, and contextual attributes derived from GIS and imagery data. *Journal of Cave and Karst Studies*, 82(1), 1–17. <https://doi.org/10.4311/2018ES0118>
- Sauro, U. (2003). Dolines and sinkholes: Aspects of evolution and problems of classification. *Acta Carsologica*, 32(2), 41–52. <https://doi.org/10.3986/AC.V32I2.335>
- Şener, M. F. & Öztürk, M. Z. (2019). Relict drainage effects on distribution and morphometry of karst depressions: A case study from Central Taurus (Turkey). *Journal of Cave and Karst Studies*, 81(1), 23–35. <https://doi.org/10.4311/2018ES0111>
- Şener, M. F., Şimşek, M., Utlu, M., Öztürk, M. Z. & Sözbilir, H. (2023). Morphotectonic development of surface karst in Western Taurus (Türkiye). *Carbonates and Evaporites*, 38(4), 78. <https://doi.org/10.1007/s13146-023-00900-x>
- Şengör, A.M.C. (1980). *Türkiye'nin Neotektoniği'nin esasları*. Türkiye Jeoloji Kurumu, Konferans Serisi 2.
- Şengör, A. M. C. & Yılmaz, Y. (1981). Tethyan evolution of Turkey: A plate tectonic approach. *Tectonophysics*, 75(3–4), 181–241. [https://doi.org/10.1016/0040-1951\(81\)90275-4](https://doi.org/10.1016/0040-1951(81)90275-4)
- Siart, C., Bubenzer, O. & Eitel, B. (2009). Combining digital elevation data (SRTM/ASTER), high resolution satellite imagery (Quickbird) and GIS for geomorphological mapping: A multi-component case study on Mediterranean karst in Central Crete. *Geomorphology*, 112(1–2), 106–121. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2009.05.010>
- Şimşek, M., Utlu, M., Poyraz, M. & Öztürk, M. Z. (2019a). Geyik Dağı kütlesinin yüzey karstı jeomorfolojisi ve kütle üzerindeki karst-buzul jeomorfolojisi ilişkisi. *Ege Coğrafya Dergisi*, 29(2), 97–110.
- Şimşek, M., Öztürk, M. Z. & Turoğlu, H. (2019b). Geyik Dağı üzerindeki dolin ve uvalaların morfotektonik önemi. *Türk Coğrafya Dergisi*, 72, 13–20. <https://doi.org/10.17211/tcd.501724>
- Şimşek, M., Utlu, M. & Öztürk, M. Z. (2020). Gidengelmaz Dağları'nın Yüzey Karstı Özellikleri (Orta Toroslar). Birinci, Ç. K. Kaymaz & Y. Kızılkın (Eds), *Coğrafi Perspektifle Dağ ve Dağlık Alanlar (Sürdürülebilirlik-Yönetim-Örnek Alan İncelemeleri)* (s. 1–18). Kriter Yayınevi.
- Tan, O. (2013). The dense micro-earthquake activity at the boundary between the Anatolian and South Aegean microplates. *Journal of Geodynamics*, 65, 199–217. <https://doi.org/10.1016/j.jog.2012.05.005>
- Telbisz, T. (2021). LiDAR-based morphometry of conical hills in temperate karst areas in Slovenia. *Remote Sensing*, 13(14), 2668. <https://doi.org/10.3390/rs13142668>
- Theilen-Willige, B. (2018). Detection of karst features in the Black Hills area in South Dakota/Wyoming, USA, based on evaluations of remote sensing data. *Geosciences*, 8(6), 192. <https://doi.org/10.3390/geosciences8060192>
- Utlu, M. & Öztürk, M. Z. (2023). Comparison of morphometric characteristics of dolines delineated from TOPO-Maps and UAV-DEMs.

Environmental Earth Sciences, 82(7), 165. <https://doi.org/10.1007/s12665-023-10862-x>

Zumpano, V., Pisano, L., & Parise, M. (2019). An integrated framework to identify and analyze karst sinkholes. *Geomorphology*, 332, 213–225. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2019.02.013>



Menteş Yarımadası'nın Neojen Jeolojisi, Batı Anadolu
Neogene Geology of the Menteş Peninsula, Western Anatolia

Fikret Göktaş*

119/3 Sokak, 7/1, 15, Evka 3, Bornova, İzmir

• Geliş/Received: 24.10.2023 • Düzeltilmiş Metin Geliş/Revised Manuscript Received: 22.12.2023 • Kabul/Accepted: 24.12.2023
• Çevrimiçi Yayın/Available online: 04.04.2024 • Baskı/Printed: 30.04.2024

Araştırma Makalesi/Research Article

Türkiye Jeol. Bül. / Geol. Bull. Turkey

Öz: Foça Çöküntüsü'nün Urla bölümünde yer alan Menteş Yarımadası'nın karasal Neojen istifli Orta Miyosen yaşlı Urla Grubu ile simgelenir. Geç Erken Miyosen yaşlı Kocadağ Volkanitleri üzerinde uyumsuzlukla yer alan Urla Grubu, sedimanter ve volkanik kaya birimlerinden oluşur. Egemen olarak gölsel çökellerden oluşan sedimanter istif, alüvyon yelpazesi tortullaşmasını yansıtan Bozavlu Formasyonu ile başlar, gölsel kıyıyüzünde çökelmiş volkanosedimanter Güvendik Formasyonu ile devam eder ve Urla Kireçtaşı ile son bulur. Güvendik istifli, Menteş volkanizmasının erken dönemini yansıtan epiklastik (lahar ve türbiditik kumtaşı) ve piroklastik (ignimbirit, temel türbülanslı, bloklu kül akışı) fasiyeslerdeki volkanoklastik yoğunluk akıntısı düzeylerini sıklıkla içerir. Güvendik Formasyonu üzerine uyumlu gelen Urla Kireçtaşı istifli, Menteş volkanizmasının kül döküntüsü fasiyesindeki tüf arakatmanlarını alttan üste içerir. Kireçtaşı istifinin tabanında ve transgresif aşmalı kesimlerinde, kıyı önü kuşağında dalgalarla işlenerek oluşmuş algal biyoklastitler ve onkoidal kireçtaşları çökelmiştir. Menteş Yarımadası'nın Orta Miyosen alkali volkanizması, Menteş Volkanitleri ve Ovacık Bazaltı ile temsil edilir. Trakit-riyolit bileşim aralığında ürünler veren Menteş volkanizması, piroklastikler ile kompozit lav domları ve dom-akıntılarından oluşur. Piroklastik istif, Ovacık Bazaltı'ndan türemiş lav parçaları içeren kaynaklanmamış ignimbiritlerle başlar, bloklu kül akışı ve temel türbülanslı ardışık düzeyleri ile devam eder. Menteş volkanizması, Güvendik ve Urla Kireçtaşı birimlerinin çökeldiği göl içinde evrimleşmiştir. Menteş asidik volkanizmasıyla yanall ilişkili gelişim gösteren Ovacık bazalt volkanizması, Urla Kireçtaşı çökelişinin başlangıcından son dönemlerine kadar aralıklı etkinliğini sürdürmüştür.

Anahtar Kelimeler: Karaburun Yarımadası, Orta Miyosen tortullaşması, Orta Miyosen volkanizması, Urla Havzası.

Abstract: The terrestrial Neogene sequence of the Menteş Peninsula, located in the Urla section of the Foça Depression, comprises the Middle Miocene Urla Group. The Urla Group unconformably overlies the late Early Miocene Kocadağ Volcanics and consists of sedimentary and volcanic rock units. A sedimentary succession, consisting predominantly of lacustrine deposits, begins with the Bozavlu Formation reflecting alluvial fan sedimentation, continues with the volcano-sedimentary Güvendik Formation deposited on the lacustrine shoreface, and ends with the Urla Limestone. The Güvendik succession frequently contains volcanoclastic density current levels in epiclastic (lahar and turbiditic sandstone) and pyroclastic (ignimbrite, base surge, blocky ash flow) facies, reflecting the early period of Menteş volcanism. The Urla Limestone conformably overlies the Güvendik Formation. The Urla Limestone succession contains tuff interlayers with ash fall facies of the Menteş volcanism from bottom to top. Algal bioclastites and oncoidal limestones were deposited at the base and transgressive parts of the limestone succession, formed by waves in the foreshore belt. The Middle Miocene alkali volcanism of the Menteş Peninsula is represented by the Menteş Volcanics and the Ovacık Basalt. Menteş volcanism, which yields products in the trachyte-rhyolite composition range, consists of pyroclastics, composite lava domes and dome-flows. The pyroclastic sequence starts with unwelded ignimbrites containing accidental lithics derived from the Ovacık Basalt, and continues with

* Yazışma / Correspondence: fikretgoktas50@gmail.com

© 2024 JMO Her hakkı saklıdır/All rights reserved
<http://tjb.jmo.org.tr>
<http://dergipark.gov.tr/tjb>

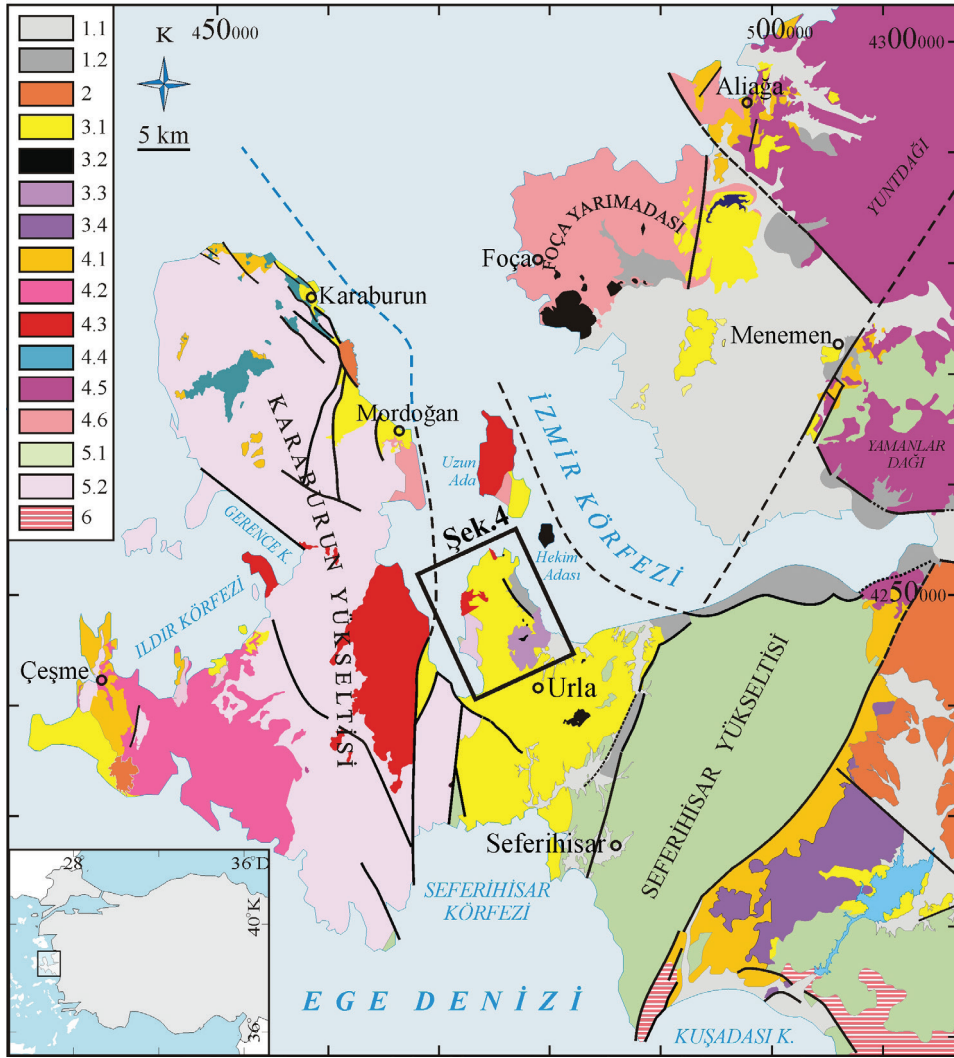
successive levels of blocky ash flow and base surge. Menteş volcanism evolved in the lake where the Güvendir and Urla Limestone units were deposited. Basic volcanism, which developed laterally to the Menteş acidic volcanism, continued to be active intermittently from the beginning of Urla Limestone deposition to the last stages.

Keywords: Karaburun Peninsula, Middle Miocene Sedimentation, Middle Miocene Volcanism Urla Basin.

GİRİŞ

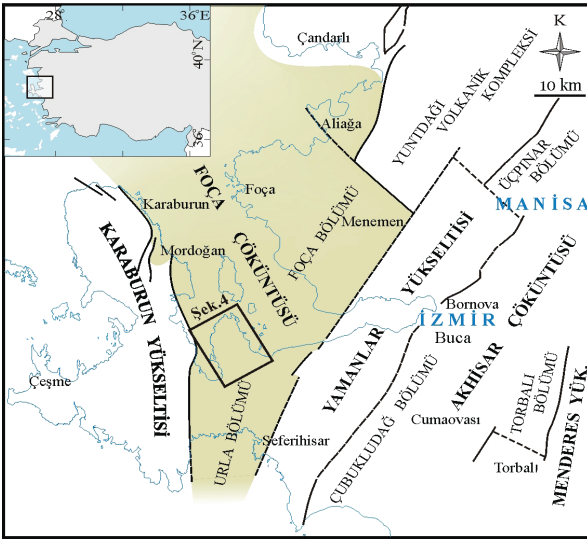
Urla havzasının kuzeyinde yer alan KD uzanımlı Menteş Yarımadası, Holosen transgresyonuyla oluşan İzmir Körfezi içindeki bir Pliyo-Pleyistosen yükselimidir (Şekil 1). Bölgenin genel jeolojisine yönelik ilk çalışmalar Akartuna (1962) ve Öngür (1972) tarafından gerçekleştirilmiştir. Akartuna (1962), Urla havzasındaki karasal Neojen tortullarını; “Alt seri” (çakıltası, kumtaşı, marn, kil, kireçtaşı, tuf) ve “Üst seri” (kireçtaşı, marn, kil, tuf) olmak üzere başlıca iki bölümde incelemiş; alt seriyi kesen ve üst seri tarafından örtülen volkanitleri, “Bazik volkanik kayaçlar”, “Asit volkanik kayaçlar”, “Volkanik tuf ve aglomeralar” olarak tanımlamıştır. Öngür (1972), Urla çevresinde Miyosen yaşlı “Urla kalker-konglomera formasyonu” ile Pliyosen yaşlı “İskele volkanitleri”ni tanımlayarak 1:25.000 ölçeğe haritalamış; İskele volkanitlerinin, ojit-olivin bazalt lavları ile trakitik piroklastikler ve türdeş lav domlarından oluştuğunu belirtmiştir. Innocenti ve Mazzuoli (1972) Karaburun Yarımadası’ndaki Neojen volkanitlerinin petrografik ve kimyasal özelliklerini inceledikleri çalışmalarında, “Karaburun-Kocadağ-İzmir Kalkalkali Serisi” içinde yer alan, dasitik-riyodasitik lav akıntıları ve lav domlarının simgelediği Kocadağ volkanitlerini ve trakitik-riyolitik volkanitler ile hawaiiit tipteki bazaltlardan oluşan “Urla Alkali Serisi”ni tanımlamışlardır. Borsi vd. (1972), Innocenti ve Mazzuoli (1972)’nin Kocadağ volkanik kompleksi ve Urla alkali serisi içinde inceledikleri toplam 4 örneği K/Ar yöntemiyle yaşlandırmışlardır. Bu kapsamda, Kocadağ Volkanitleri’nden 17,3 My (“dasit”) ve 16,6 My (“riyodasit”); Urla serisinden 11,9 My (“alkali trakit”) ve 11,3 My (“hawaiiit”) yaşları alınmıştır. Kaya (1979), “Orta Doğu Ege Çöküntüsü” (Şekil 2) içindeki Neojen kaya

birimlerinin stratigrafisini araştırdığı çalışmasında, Foça Çöküntüsü’nün Urla bölümündeki Miyosen stratigrafisinin, alüviyal “Çamlı Çakıltası”, yeşil renkli litarenit ve şeyillerin simgelediği gölsel “Karaburun Formasyonu” ve üstte yer alan “Urla Kireçtaşı”ndan oluştuğunu bildirir. Sümer (2007), İzmir-Balıkesir Transfer Zonu içinde kalan Urla havzasında, önceki çalışmalarda tanımlanan Miyosen kaya birimlerini genel olarak irdelemiş, özellikle Kuvaterner tortullaşması üzerinde durarak ölçülü kesitler almış, aktif ve potansiyel aktif fay setlerini haritalayarak fay düzlemleri üzerinde kinematik araştırmalar yapmıştır. Helvacı vd. (2009), Karaburun Yarımadası’ndaki Miyosen volkanitlerine yönelik çalışmalarında, ı) olivin içeren bazaltik andezit ve şoşonitlerin (Karaburun Volkanitleri), ıı) yüksek potasyumlu kalkalkali andezit, dasit ve latitlerin (Yaylaköy, Armağandağı ve Kocadağ volkanitleri), ııı) alkali bazalt (Ovacık Bazaltı) ve riolitlerin (Urla Volkanitleri) jeokimyasal özelliklerini incelemişlerdir. Göktaş (2011), Urla havzası ve körfez adalarındaki karasal Orta Miyosen çökelleri ve volkanitlerine yönelik çalışmasında stratigrafi düzenini ortaya koymuş; volkanitlerin jeokimyasal ve fasiyes özelliklerini araştırmış ve alkali volkanizmanın Orta Miyosen’de geliştiğini gösteren K/Ar yaşları almıştır. Filiz ve Tarcan (1990) ile Uzelli vd., (2017), Menteş Yarımadası doğusundaki Gülbahçe bölgesinin hidrojeolojik özelliklerini ve jeotermal potansiyelini araştırmışlardır. Göktaş ve Çakmakoglu (2017), Urla havzasını da kapsayan 1:100.000 ölçekli L-17 paftasının genel jeolojisini yayınlamışlardır. Menteş Yarımadası’ndaki olası jeolojik ve kültürel miras varlıkları, Sümer vd. (2020) tarafından jeoturizm açısından değerlendirilmiştir.



Şekil 1. Menteş Yarımadası'nın Foça Çöküntüsü içindeki jeolojik konumu. 1) Pliyo-Kuvaterner çökelleri (1.1: Ayrılmamış alüvyon. 1.2: Alüviyal fan/delta çökelleri), 2) Üst Miyosen-Alt Pliyosen alüviyal ve gölsel çökelleri, 3) Orta Miyosen (3.1: Alüviyal ve gölsel çökeller, 3.2: Bazik volkanitler, 3.3: Menteş Volkanitleri, 3.4: Cumaovası Volkanitleri). 4) Erken Miyosen (4.1: Alüviyal ve gölsel çökeller, 4.2: Armağandağı Volkanitleri, 4.3: Kocadağ Volkanitleri, 4.4: Karaburun/Yaylaköy Volkanitleri, 4.5: Yunt Dağı/Yamanlar Volkanitleri, 4.6: Foça Tüfü). 5) Bornova Fliş Zonu (5.1: Bornova Flişi, 5.2: Karaburun Kuşağı). 6) Kikladik Zon.

Figure 1. Geological setting of the Menteş Peninsula in the Foça Depression. 1) Plio-Quaternary deposits (1.1: Undifferentiated alluvium. 1.2: Alluvial fan/delta deposits), 2) Upper Miocene-Lower Pliocene alluvial and lacustrine deposits, 3) Middle Miocene (3.1: Alluvial and lacustrine deposits, 3.2: Basic volcanics, 3.3: Menteş Volcanics, 3.4: Cumaovası Volcanics). 4) Early Miocene (4.1: Alluvial and lacustrine deposits, 4.2: Armağandağı Volcanics, 4.3: Kocadağ Volcanics, 4.4: Karaburun/Yaylaköy Volcanics, 4.5: Yunt Dağı/Yamanlar Volcanics, 4.6: Foça Tuff). 5) Bornova Flysch Zone (5.1: Bornova Flysch, 5.2: Karaburun Belt). 6) Cycladic Zone.



Şekil 2. Foça Çöküntüsü'nün jeolojik konumu (Kaya, 1979'dan değişikliklerle)

Figure 2. Geological setting of the Foça Depression (Modified from Kaya, 1979).

Bu çalışmada, Menteş Yarımadası'nda Urla Grubu'nun temsil ettiği karasal Orta Miyosen çökelleri ve yanal ilişkili alkali volkanitlerin litolojik özellikleri ve stratigrafik konumları tanımlanmış, kaya birimlerinin Foça Çöküntüsü içindeki stratigrafik korelasyonu tartışılmıştır.

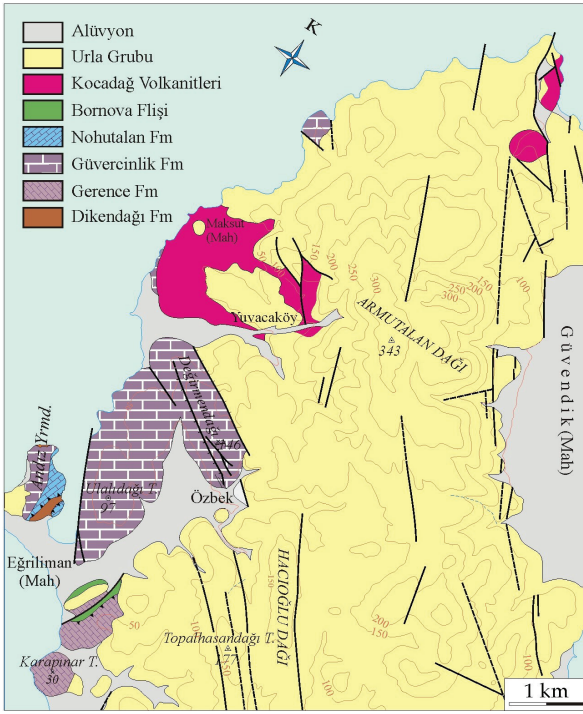
STRATİGRAFİ

Temel Kayaları

Foça Çöküntüsü'nün güney bölümünde yer alan Urla havzası, batıda Karaburun Kuşağı (Erdoğan vd., 1990) kaya birimlerinden oluşan Karaburun Yükseltisi ve doğuda Bornova Flişi'nin (Konuk, 1977) simgelediği Seferihisar Yükseltisi ile sınırlanır (Şekil 1). Urla havzasının batısında yüzeyleyen Karaburun Kuşağı kapsamındaki Neojen öncesi temel kaya birimleri, ağırlıklı olarak Güvercinlik Formasyonu (Karniyen-Resiyen) ile temsil edilir. Havzanın geç Erken Miyosen

temelini ise Kocadağ Volkanileri (Innocenti ve Mazzuoli, 1972; Türkecan vd., 1998; Helvacı vd., 2009) ve Foça Tüfü (Kaya, 1979) oluşturur (Göktaş ve Çakmakoglu, 2017). Urla havzasının ve Menteş Yarımadası'nın batısında, Orta Miyosen tortullaşmasının başlangıcını yansıtan alüvyal fan/delta çökellerinin başlıca bileşenleri Kocadağ Volkanitleri'nden türemiştir.

Menteş Yarımadası batısında, Özbek köyü ve Eğriliman Mahallesi çevrelerinde yüzeyleyen Karaburun Kuşağı birimleri, Dikendağı, Gerence, Güvercinlik ve Nohutalan formasyonları ile temsil edilir. Aşırı makaslanmış Paleozoyik temeli simgeleyen Silüriyen-Karbonifer yaşlı Dikendağı Formasyonu (Çakmakoglu ve Bilgin, 2006), siyah çörtler kapsayan türbiditik kumtaşı, çamurtaşı ve şeyllerden yapıldır. Karaburun Yarımadası'ndaki Mesozoyik sekansının tabanında yer alan Triyas yaşlı Gerence Formasyonu (Erdoğan vd., 1990), Karapınar Tepe çevresinde yüzeyler. Karaburun Yarımadası'nda geçişli ve uyumlu dokanaklarla Gerence ve Güvercinlik formasyonları arasında yer alan Ladiniyen neritik karbonatları (Camiboğazı Formasyonu: Brinkmann vd., 1972), Andız Yarımadası çevresinde yüzeylenmez. Gelgit arası ve gelgit altı kuşaklarda çökelmiş masif kireçtaşı-dolomitik kireçtaşlarından oluşan Geç Triyas (Geç Noriyen-Resiyen) yaşlı Güvercinlik Formasyonu (Erdoğan vd., 1990), uyumlu olarak üzerine gelen ve Liyas yaşlı neritik kireçtaşlarından oluşan Nohutalan Formasyonu (Brinkmann vd., 1972) ile birlikte tektonik olarak Dikendağı Formasyonu'nu üzerler (İşintek, 2023). Genel olarak çamurtaşı ve kumtaşından yapıldı aşırı makaslanmış bir matriks ile çeşitli kayatürlerindeki bloklardan oluştuğu bilinen Geç Kretase-Paleosen yaşlı Bornova Flişi (Konuk, 1977), Eğriliman Mahallesi güneyinde küçük yüzleklerle temsil edilir (Şekil 3).



Şekil 3. Urla Grubu'nun temeli oluşturulan kaya birimlerinin dağılımı.

Figure 3. Distribution of rock units forming basement of the Urla Group.

Gülbahçe fayı (Emre vd., 2005) ile Urla çöküntüsünden ayrılan Karaburun yükseltisinin güney bölümünde, riolit, dasit, andezit bileşimli kalkalkalen volkanitlerden oluşan Kocadağ volkanik kompleksi yer alır (Innocenti ve Mazzuoli, 1972; Borsi vd., 1972; Türkecan vd., 1998; Helvacı vd., 2009; Göktaş, 2011; Göktaş ve Çakmakoglu, 2017). Kocadağ Volkanitleri'nden 16.6 My, 17.5 My K/Ar yaşları alınmıştır (Borsi vd., 1972; Helvacı vd., 2009). Kocadağ volkanizmasının baskın ürünleri olan ortaç lav ve türdeş volkanoklastikler, Urla Grubu'nun Menteş Yarımadası batısındaki geç Erken Miyosen temeli oluşturur. Karaburun Yarımadası'nın doğu kıyılarında ve Uzun Ada'da Urla grubunun temeli oluşturulan Foça Tüfü'nün riolitik ignimbiritleri, geç Erken Miyosen'de olasılıkla yüksek alan konumundaki Urla havzasına ulaşmamıştır.

Urla Grubu

Altta alüvyon yelpazesi ortamında çökelmiş Bozavlu Formasyonu, yelpaze deltası ve gölsel kıyıyüzü çökellerinden oluşan volkanosedimanter Güvendik Formasyonu ile yanal-düşey geçiş ilişkisiyle üstleyen gölsel Urla Kireçtaşı'ndan oluşan Urla Grubu (Göktaş, 2016) tortullaşması, asidik Menteş Volkanitleri ve Ovacık Bazaltı ile simgelenen bimodal alkali volkanizmayla stratigrafik olarak alttan üste yanal ilişkilidir (Şekil 4). Foça Çöküntüsü genelinde, Urla grubu ve yanal eşleniklerini yaşlandırabilecek güvenilir biyokronoloji verisi yoktur. Tortullaşmayla eşzamanlı gelişim gösteren alkali volkanizmanın jeokronolojisine yönelik literatür verileri, Urla grubunun yaşı hakkında genel bir fikir vermektedir. 16,6-17,5 My yaşlı (Borsi vd., 1972; Helvacı vd., 2009) Kocadağ Volkanitleri üzerinde uyumsuzlukla çökelen havza dolgularına yanal girik alkali volkanitlerden alınan 12,7, 14,5, 14,8 My (Göktaş, 2011, 2016) ile 11,3-11,6 My (Borsi vd., 1972) yaşlarına dayanılarak, Urla Grubu tortullaşması ve volkanizmasının geniş anlamda Orta Miyosen'de geliştiği ileri sürülebilir. Urla Grubu'nun Karaburun Yarımadası'ndaki yanal eşlenikleri üzerinde Göktaş vd. (2023) tarafından tanımlanan Geç Miyosen yaşlı çökellerin bulunması, önerilen kronostratigrafik konumu destekler.

Bozavlu Formasyonu

Bozavlu Formasyonu (Sümer, 2007) Urla grubunun temsil ettiği Orta Miyosen tortullaşmasının başlangıcını yansıtan örgülü akarsu egemen alüvyon yelpazesi çökellerinden oluşur. Urla havzası doğusunda tanımlanan "Çamlı Çakıltası" (Kaya 1979, 1981) ve Uzun Ada'da tanımlanan "Beşiktepe Formasyonu" (Göktaş, 2016), Bozavlu Formasyonu'nun Urla bölümünde yüzeyleyen stratigrafik eşlenikleridir. Tip lokalitesinde, Menteş Volkanitleri'nin domları ve dom-akıntıları altından yüzeyleyen ~30 m görünür kalınlıktaki

tortul istifin alt dokanağı gözlenmez. Ancak, eski Yuvacaköy çevresinde masif çakıltaşı-kumtaşı topluluğundan oluşan alüviyal çökellerin, Kocadağ Volkanitleri'nin bloklu kül akışı çökelleri üzerinde uyumsuzlukla yer aldığı ve Urla Kireçtaşı tarafından transgresif aşmayla örtüldüğü izlenir (Şekil 4). İstifin tabanındaki moloz akması kökenli kaba çakıltaşlarının, Kocadağ Volkanitleri ve Güvercinlik Formasyonu kireçtaşlarından aktarılmış iri çakıl ve bloklar kapsamı, yakın kaynak alanı oluşturan temel kaya birimlerine ilişkin fikir verir.

Bozavlu Formasyonu, pembemsi kahverenkli ve iyi pekişmiş çakıltaşı, çakıllı kumtaşı, kumtaşı, çamurtaşı topluluğundan oluşur. İstifin alt bölümlerinde bloklu kaba çakıltaşları bulunur. Kanal dolgusu fasiyesindeki çakıltaşları, doğru derecelenmeli ya da masif katmanlı, matriks ve tane desteklidir. Çakıllar orta-iyi yuvarlaklaşmış ve orta derecede boylanmıştır. Kanal dolgularının aşındırmalı tabanlarında gözlenen oygu-dolgu yapıları, K-KD yönlerinde kanalize olmuş akıntıları gösterir. Bozavlu formasyonu çökellerinin, Urla havzasının batı kıyılarında Güvendik Formasyonu'nun tabanında tanımlanan yelpaze deltası sisteminin su üstü bölümlerindeki tortullaşmayı yansıttığı değerlendirilmiştir.

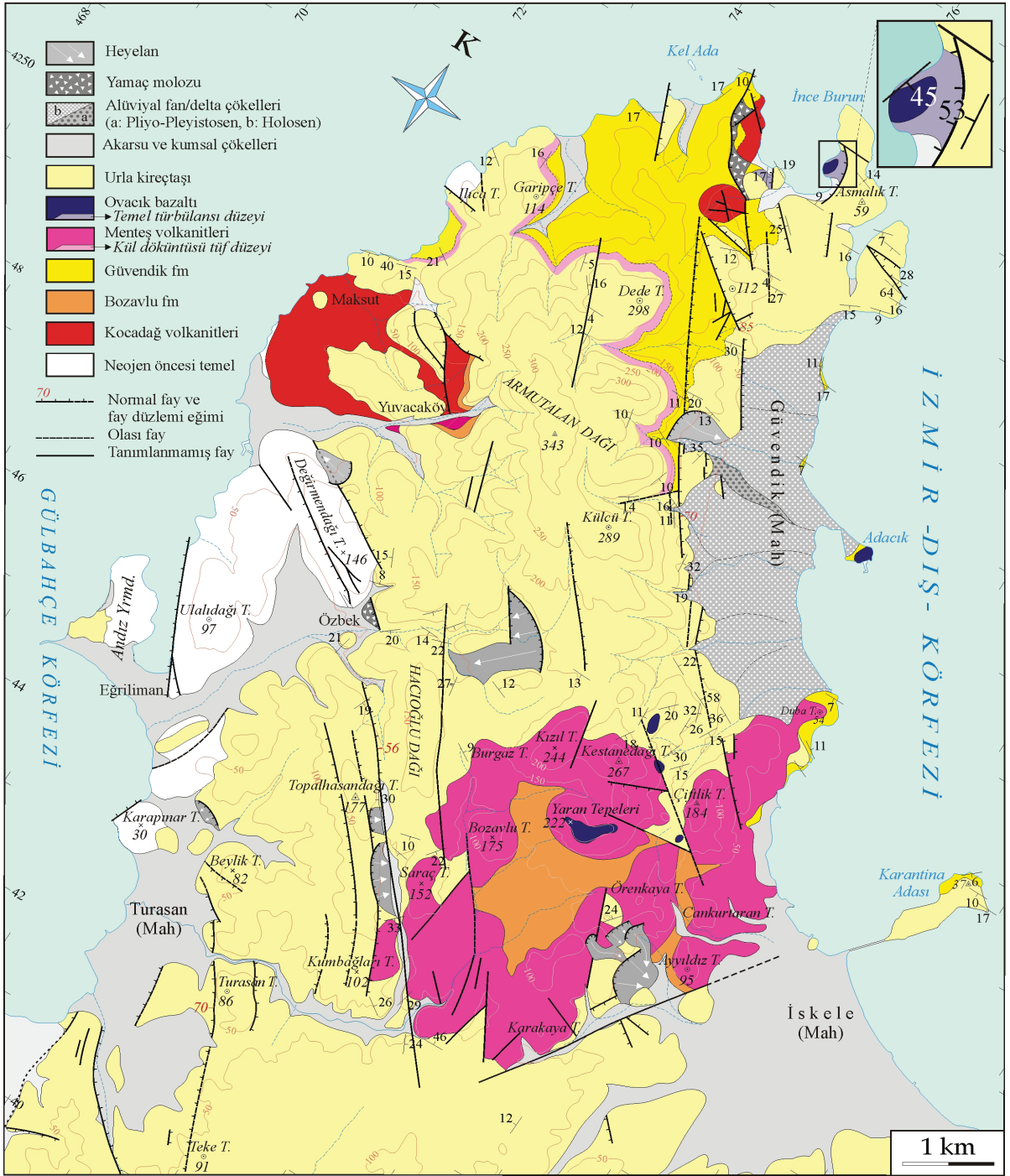
Güvendik Formasyonu

Urla grubu kapsamındaki gölsel tortullaşmanın alt bölümünü yansıtan volkanosedimanter istif, Menteş Yarımadası'ndaki alkali volkanizmayla yanal ilişkilidir. Güvendik gölsel tortullaşması, yarımadaının kuzeyinde ve doğusunda kayatürü bileşimi değişik istiflerle simgelenir. Buna karşılık, izlenebilen tüm istifler uyumlu olarak Urla Kireçtaşı altında yer alan epiklastik kumtaşı egemen kıyı yüzü çökelleri ile sona erer.

Yarımadaının kuzeyinde yüzeyleyen istif, Bozavlu Formasyonu'nun su altı yanal devamını oluşturan fan delta çökelleriyle başlar. Fan delta istifinin en alt bölümünde, Kocadağ

Volkanitleri'nin bloklu kül akışı ve lahar fasiyeslerindeki volkanoklastikleri üzerinde uyumsuzlukla yer alan ve toplam kalınlığı 20 metreyi aşmayan sarımsı-boz renkli çamurtaşı düzeyi bulunur.

Alt ve üst sınırları belirgin olmayan çamurtaşı katmanları metrik kalınlıklarda ve masiftir. Olasılıkla prodelta çökelimini temsil eden bu istifin üzerine, karışık yataklanmış süspansiyon ve yoğunluk akması çökelleri gelir (Şekil 5). Bu bölüm, kıyı yüzü ve delta önü asortamlarında çökelimini yansıtır. Kütle akması düzeylerinin taşıyıcı matriksi kötü boylanmış kumlardan oluşur. Kaba gereç içeriklerinin boyutları ve matrikse oranı değişkendir. Çoğunlukla Kocadağ Volkanitleri'nden ve Güvercinlik Formasyonu'nun beyaz renkli dolomitik kireçtaşlarından türemiş olan küt köşeli-yarı yuvarlak çakıl ve bloklar örgütlenmemiş ya da ters derecelenmiştir. Menteş Volkanitleri'nden aktarılmış kaba lav parçaları mavimsi koyu gri renklidir (Şekil 5D). Yüksek oranda kaba çakıl ve blok içeren masif moloz akması düzeyleri yanında, santimetrik büyüklüklerdeki köşeli-küt köşeli kireçtaşı çakılları (olasılıkla Güvercinlik Formasyonu kökenli beyaz kireçtaşları) ters derecelendiği düzeyler de bulunur. Süspansiyon çökelleri, düzlemsel paralel ince katmanlı kumtaşı ve siltaşından oluşan yanal sürekli metrik düzeylerle simgelenir. Metrik kalınlıklardaki bazı kumtaşı düzeylerinde, fırtına akıntılarının oluşturduğu üst akış rejimi çizgisellikleri, tümseksi (humocky) ve tekne (swaley) çapraz katmanlanma gözlenir (Şekil 5C). Su altı dağıtım kanallarında çökelmiş tekil ya da çok katlı çakıltaşı düzeyleri, yelpaze deltası istifinin üst bölümlerinde artış gösterir (Şekil 5B). Çakıltaşı düzeylerin tabanı genellikle aşındırmalıdır. Düşey kazıma etkinliğinin arttığı bölümlerde, derinliği 3 metreye varan aşındırmalı taban yapılarına rastlanır. Çakıl boyutları, ince çakıl ile kaba çakıl büyüklük sınırları arasında düzensiz değişir. Çakılların arası, çakılcıklı kaba kumla dolgulanmıştır.



Şekil 4. Menteş Yarımadası'nın jeoloji haritası. Bozavlu Formasyonu Sümer (2007)'den değişiklikle alınmıştır.

Figure 4. Geological map of the Menteş Peninsula. Bozavlu Formation taken from Sümer (2007) with modifications.

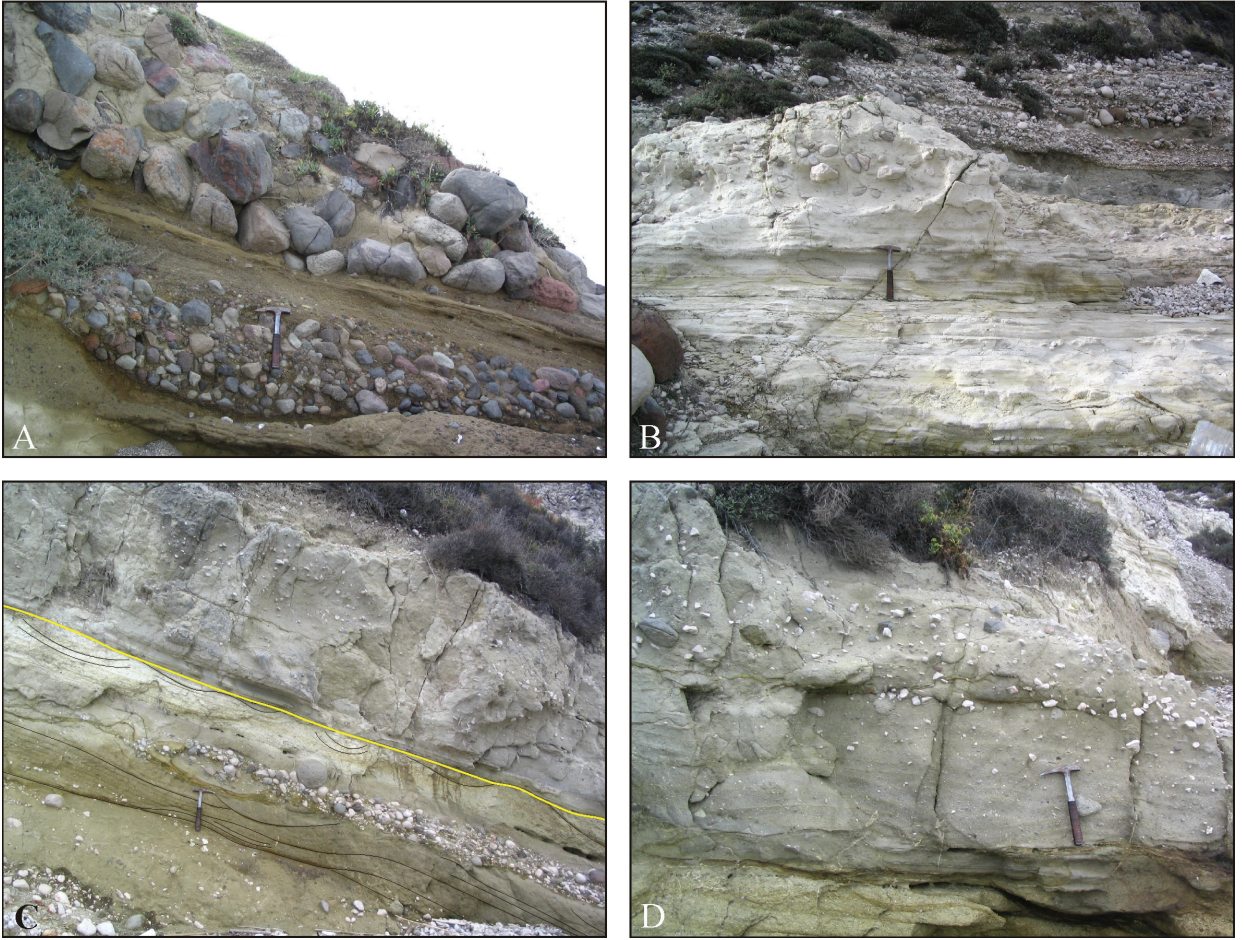
Litolojik kökene ve büyüklüğe bağlı olmaksızın çakıl ve blokların çoğu iyi yuvarlaklaşmıştır. Güvendik istifinin Armutalan Dağı çevresindeki en üst bölümünde belirginleşen kıyıyüzü tortullaşması, yanal sürekli kumtaşı katmanlarından oluşur. Kumtaşı egemen istif, Urla Kireçtaşı'nın tabanını oluşturacak şekilde yayılım gösterir. Genel olarak kötü boylanmış ve masif olan epiklastik kumtaşları, milimetrik-santimetrik boyutlarda beyaz renkli felsik pomza parçaları, Kocadağ Volkanitleri'nden aktarılmış yuvarlak-yarı yuvarlak çakıllar ve Güvercinlik Formasyonu'ndan türeme kireçtaşı çakılları içerir. Kumtaşı istifinin üst kesimlerine doğru düzlemsel paralel katmanlanma belirginleşir; çakılclıktan kaba kuma derecelenen 10-50 cm arası değişen kalınlıklarda türbiditik kumtaşı katmanları ortaya çıkar. Kumtaşı istifi ile Urla Kireçtaşı arasında yanal sürekli uzanan kül döküntüsü fasiyesindeki felsik tuf düzeyi Menteş volkanizmasından türemiştir. Başvuru düzeyi özelliğindeki bu tuf, Şekil 4'te abartılarak gösterilmiştir. Tuf istifi, beyazımsı açık gri renkli ve belirsiz katmanlıdır. İstifin alt bölümünü oluşturan az belirgin çok kalın katmanlı ince kül tüflerin arasında, yaklaşık 2,5 m kalınlığında, yeşil renkli ve masif epiklastik çamurtaşı düzeyi yer alır. İnce kül tüfler içinde büyüme lapillileri (>2 mm), kum boyu türdeş kaya kırıntıları ve parçalanmış biyotit kristalleri bulunur. Tuf istifi içinde aradüzey olarak bulunan epiklastik kumtaşları, gri renkli, masif ve desimetrik kalınlıklardadır. Garipçe Tepe'nin doğu yamacında yüzeyleyen tuf istifi, mavimsi gri renkli ve genel olarak ince-orta düzgün katmanlıdır.

Yarımadanın doğusundaki İskele Mahallesi sahil şeridinde, Urla kireçtaşı ve Menteş volkanizmasının piroklastikleri altından kısıtlı olarak yüzeyleyen Güvendik formasyonu, üstte epiklastik kumtaşları ile altta yer alan piroklastik ve epiklastik yoğunluk akıntısı çökellerinden oluşur. Bu bölümde, seyrek olarak düzlemsel paralel ince katmanlı süspansiyon düzeyleri ortaya çıkar. Üstte yer alan yeşilimsi-mavimsi ya da açık pembemsi bej renkli kumtaşı egemen

istif çamurtaşı düzeyleri de kapsar. Yaygın olarak milimetrik pomzalar, parçalanmış biyotit kristalleri ve bazı düzeylerde yoğunlaşan çeper tipi (rim-type) büyümeli (accretionary) lapilliler kapsar. Lapillilerin şekilleri çoğunlukla küremsidir (sferoidal).

Genel olarak büyüklükleri 2-6 mm arasında değişir. İskele sahilindeki Güvendik istifi üzerine, Urla Kireçtaşı katmanları ya da onları aşan Menteş Volkanitleri'nin kaynaşmış bloklu kül akması düzeyleri gelir (Şekil 6A). Kumtaşı egemen istifin altında, trakitik lav parçaları kapsayan yoğunluk akması çökelleri, temel türbülansı (base surge) ve epiklastik kumtaşı düzeyleri yüzeyler. Metrik kalınlıklardaki masif kumtaşı katmanları çoğunlukla biyoturbasyonludur. Açık gri renkli türbiditik kumtaşı katmanları, santimetrik kalınlıklarda ve doğru derecelenmiştir. Bazı türbiditik kumtaşı katmanlarında, fırtına dalgalarına bağlı akıntıların oluşturduğu oygu-dolgu yapıları (gutter casts: Whitaker, 1973) gözlenir (Şekil 6B).

Bu yapı, kıyıyüzü tortullaşmasının fırtına dalga tabanı üzerinde geliştiğini gösterir. En çok 4 metre kalınlığındaki lahar düzeylerinin genellikle yarı yuvarlak trakit çakıl ve bloklarından oluşan monolitik kaba bileşenleri, tipik olarak ters derecelenmiştir (Şekil 6C). Soğan kabuğu ayrışmasına uğramış bazı lav blokları küremsidir. Blok büyüklükleri nadiren 2 metreyi aşar (Şekil 6D). Lahar ve masif kumtaşı düzeyleri arasında tipik bir pomza akma düzeyi bulunur. Su altında yoğunluk derecelenmesiyle çökelmiş olan en çok 80 cm kalınlığındaki bu pomza akma düzeyinin taban kesiminde, santimetrik büyüklüklerde trakit parçaları bulunur. Orta ve üst bölümlerde yer alan desimetrik büyüklüklerdeki pomza parçaları ters derecelenmiştir (Şekil 6E, F). Su altında çökelen ve çoğu desimetrik kalınlıklarda olan temel türbülansı düzeyleri lahar katmanlarıyla ardışıktır. Ters kumul (antidune) benzeri çapraz katmanlanma tipik ve yaygındır (Şekil 7).



Şekil 5. Menteş Yarımadası kuzeyindeki Güvendik fan delta istifinde gözlenen bazı çökel fasiyesleri. **A)** Örgütlenmemiş moloz akması düzeyleri. **B)** Altta olası süspansiyon çökelleri, ortada ters derecelenmiş çamur akması düzeyi, üstte tane-matriks destekli paketlenmiş ve iyi yuvarlanmış çakıllardan oluşan su altı dağıtım kanalı çakıltaşları. **C)** Altta HCS-SCS çapraz katmanlanmalı kumtaşları ve üstte ters derecelenmiş çamur akması düzeyi. **D)** Ters derecelenmiş çamur akması düzeyinin yakından görünüşü. Beyaz renkli ve köşeli-küt köşeli çakıllar Güvercinlik Formasyonu'ndan, mavimsi koyu gri renkli ve daha iri olanlar Menteş Volkanitleri'nden türemiştir. (Çekiç 33 cm).

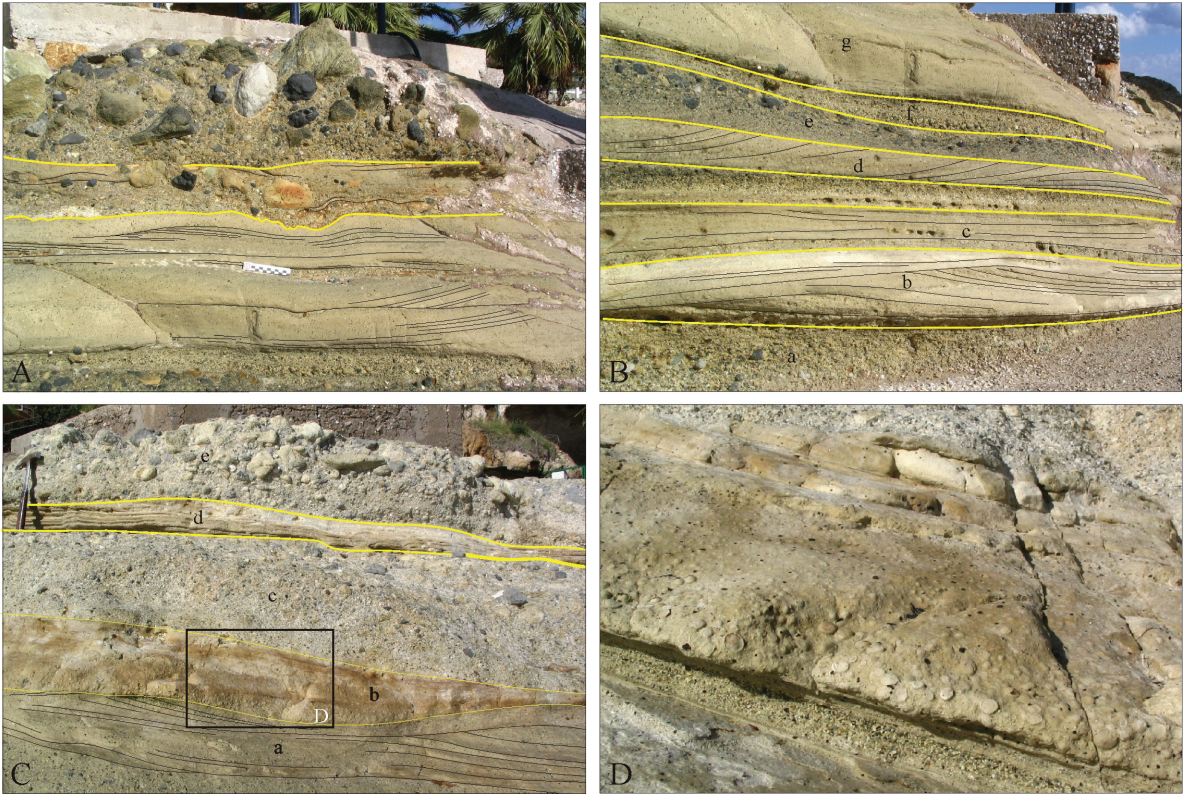
Figure 5. Some sedimentary facies observed in the Güvendik fan delta succession in the north of the Menteş Peninsula. **A)** Disorganized debris flow levels. **B)** Possible suspension deposits at the bottom, reverse graded mud flow level in the middle, subaqueous distribution channel conglomerates consisting of grain-matrix-supported (closed framework) packed and well-rounded pebbles at the top. **C)** HCS-SCS cross-bedded sandstones at the bottom and reverse graded mudflow level at the top. **D)** Close-up view of reverse graded mudflow level. The whitish colored and angular-subangular pebbles are derived from the Güvercinlik Formation, the bluish dark gray colored and larger clasts are derived from the Menteş Volcanics. (Hammer 33 cm).



Şekil 6. İskele Mahallesi sahilinde, Güvendik Formasyonu'nun üst bölümlerinde yüzeyleyen çökel fasiyesleri. **A)** Güvendik istifinin en üst bölümü oluşturan kumtaşı-çamurtaşı topluluğu ve onun üzerine yerleşen Menteş Volkanitleri'nin bloklu kül akışı çökelleri. Bu bölümde, çeper tipi büyümlü lapilliler sıklıkla gözlenir **B)** Türbiditik kumtaşı katmanlarında gözlenen oygu-dolgu yapıları (Ölçek 10 cm). **C)** Kaba trakit parçalarının tipik olarak ters derecelendiği lahar düzeyi. Altındaki akma düzeyinin pomzaları, termal oksidasyonla pembe renk almıştır. **D)** Bazı lahar düzeyleri birkaç metre büyüklüğünde trakit blokları kapsar. **E)** Altta biyoturbasyonlu masif kumtaşı, ortada

pomza akma katmanı ve üstte ters derecelenmiş lahar düzeyi. Pomza akma katmanının tabanında kömürleşmiş ağaç parçası gözlenir (Ölçek 10 cm). **F)** Su altında yoğunluk derecelenmesiyle çökelmiş pomza akma düzeyinin yakından görünüşü.

Figure 6. Sedimentary facies outcropping in the upper parts of the Güvendik Formation on the coast of İskele district. **A)** The sandstone-mudstone assemblage forming the uppermost part of the Güvendik succession and the blocky ash flow deposits of the Menteş volcanics emplaced on it. In this section, rim type accretionary lapillis are often observed. **B)** Gutter cast structures observed in turbiditic sandstone layers (Scale 10 cm). **C)** The lahar level where trachyte coarse clasts are typically reverse graded. Pumices from the lower flow level have turned pink due to thermal oxidation. **D)** Some lahar levels contain trachyte blocks several metres in size. **E)** Bioturbated massive sandstone at the bottom, pumice flow layer in the middle and reverse graded lahar level at the top. A piece of charred wood is observed at the base of the pumice flow layer (Scale 10 cm). **F)** Close-up view of the pumice flow layer deposited with subaqueous density grading.



Şekil 7. İskele Mahallesi sahilinde, Güvendik Formasyonu'nun üst bölümlerinde gözlenen temel türbülans-lahar ardalanmaları. **A)** Altta çapraz katmanlı temel türbülans, üstte ters derecelenmeli lahar düzeyleri. **B)** Desimetrik kalınlıklardaki lahar düzeyleriyle (a, e, f) ayrılan, çapraz katmanlı temel türbülans düzeyleri (b, c, d, g). (b: ters kumul benzeri çapraz katmanlanma, c: çok düşük eğim açılı çapraz katmanlanma, d: sigmoidal çapraz katman seti, ters derecelenmiş lahar düzeyi (e) tarafından üstten traşlanmıştır). **C)** Altta temel türbülans, üstte lahar düzeyleri. (a: Ters kumul benzeri çapraz katmanlı temel türbülans düzeyi, b: doğru derecelenmiş türbiditik kumtaşı düzeyi, c, e: Ters derecelenmiş lahar düzeyleri, d: düzlemsel paralel laminalı silttaşı-ince kumtaşı katmanı). Çekiç 33 cm. **D)** Türbiditik kumtaşı düzeyi içindeki taşınmış büyümlü lapilliler doğru derecelenmiştir.

Figure 7. Base surge-lahar alternations observed in the upper parts of the Güvendik Formation on the coast of İskele district. **A)** Cross-stratified base surge at the bottom, reverse graded lahar levels at the top. **B)** Cross-bedded base surge levels (b, c, d, g) separated by decimetrically thick lahar levels (a, e, f). (b: antidune-like cross-stratification,

c: cross-stratification with very low slope angle, d: sigmoidal cross bedding set topped by reverse-graded lahar level (e). C) Base surge at the bottom, lahar levels at the top. (a: Antidune-like cross-stratified base surge level, b: normal graded turbiditic sandstone level, c, e: reverse-graded lahar levels, d: planar parallel thin laminated siltstone-sandstone layer). Hammer 33 cm. D) Reworked accretionary lapillis within the turbiditic sandstone level have normal grading.

Urla Kireçtaşı

Birim, Urla bölümündeki görsel tortullaşmanın son dönemini yansıtır. Güvendik Formasyonu çökelleriyle dolan gölün iç kesimlerinde, kumtaşı egemen istif üzerinde uyumlu olarak Urla Kireçtaşı çökelmiştir. Havza kıyılarındaki temel kayaları ve Bozavlu Formasyonu ile dokanaklar transgresif aşmalıdır. Kireçtaşları, çoğunlukla orta-kalın yersel çok kalın tabakalı, tatlı su algli, yersel fenestral boşluklu ve çatlaklıdır. Ayrışma yüzeyi açık/koyu gri, taze kaya ise çoğunlukla açık kahverengi, bej ya da açık gridir. İstifin transgresif aşmalı bölümlerinde çökelen kalın ve masif kireçtaşı katmanları, santimetrik büyüklüklerde algal onkoidler (sferoidal stromatolitler) ile çoğunlukla kum, çakılcık ve az oranda küçük çakıl boyutlarında ekstraklastlar kapsar. Menteş volkanitlerinin hemen altında kısmen ya da tamamen silisleşmiş olan kireçtaşları, çört yumruları ve bantları içerir. Kireçtaşının özellikle kalın-çok kalın katmanlı bölümlerinde mavi-yeşil alg içerikleri genellikle yüksek oranda bulunur. Alg kapsamı ondülasyonlu ya da düzlemsel paralel laminalı stromatolitler ile simgelenir. Algal laminalanmaya koşut dizilim gösteren fenestral boşluklara sıklıkla rastlanır. Urla Kireçtaşı'nın taban kesitlerinde, kıyı önü (foreshore) ya da kumsal yüzü (beach face) kuşağının düşük açılı düzlemsel çapraz katmanlanmış çökelleri gözlenir (Şekil 8A). Bu kuşakta dalgalarla işlenerek oluşan algal kabataş (rudstone) fasiyesindeki biyoklastitler, tane destekli paketlenmiş ve biyoklastlar arasındaki gözeneklilik korunmuştur (Şekil 8B). Aynı kuşakta gelişen başka bir çökel

fasiyesi de, dalga etkinlikleriyle oluşan algal onkoidlerden yapılmış düzeylerdir. Bir çekirdek etrafında çok katlı mikrobiyal zarflar oluşturarak büyüyen stromatolitik onkoidler mikrit aramada destekli dokuya sahiptir (Şekil 8C).



Şekil 8. A) Düşük açılı düzlemsel çapraz katman setlerinden oluşan kumsal yüzü çökelleri ve onların altında yer alan izole dalga ripıllı kumtaşları. B) Algal kabataş fasiyesindeki biyoklastitlerin yakından görünümü. C) Küresel stromatolitler. Ölçek 10 cm.

Figure 8. A) Beach face deposits consisting of low-angle planar cross-stratified sets and isolated wave-

ripple sandstones underlying them. B) Close-up view of bioclastics in algal rudstone facies. C) Spheroidal stromatolites. Scale 10 cm.

Menteş volkanizmasının çoğunlukla kül döküntüsü fasiyesindeki piroklastik türevleri, Urla Kireçtaşı tortullaşmasına alttan üste katılmıştır. Piroklast boyutları ince kül ile kaba kül büyüklük sınırları (< 2 mm) içinde değişen kül döküntüsü tüfler, beyaz, açık gri ya da açık mavi renkli, masif ve olağan olarak iyi boylanmıştır. Mentş volkanizmasının çıkış merkezi yakınlarındaki piroklastikler, ignimbirit, temel türbülansı (base surge) ve kül döküntüsü (ash fall) fasiyeslerinde gözlenirken, patlama merkezinden uzaklaştıkça yalnızca kül döküntüsü tuf arakatmanları ile simgelenirler. Yarımadaının kuzeyinde, Güvendik Formasyonu ile Urla Kireçtaşı arasında başvuru düzeyi olarak yer alan kül döküntüsü tuf istifinin kalınlığı ~30 metredir. Kestanedağı Tepe'nin KD'sunda, trakitik lav örtüsünün hemen altındaki kireçtaşı istifi içinde gözlenen piroklastiklerin kalınlığı 10 metreyi aşar. Çok katlı piroklastik yoğunluk akıntılarında yapıli istife masif ignimbirit üniteleri egemendir. Az oranda bulunan temel türbülansı düzeylerinin katmanlanması az belirgindir. İstifin üst bölümünde kireçtaşı düzeyleri ile ardalanan kül döküntüsü tüfler düzgün ince katmanlı ve beyaz renklidir. Saraç Tepe'nin kuzeyinde yüzeyleyen ve görünür kalınlığı 2,5 metrenin üzerinde olan kül döküntüsü fasiyesindeki ince kül tuf düzeyi bütünüyle masif ve konkoidal kırılımlıdır.

Ilıca Tepe çevresinde izlenen Urla Kireçtaşı, Güvercinlik Formasyonu'nun koyu gri renkli dolomitik kireçtaşlarını transgresif aşmayla uyumsuz olarak üstler. Kireçtaşının birkaç metrelik taban kesitinde, temelden türemiş köşeli kaba klastlar içeren, sarımsı renkli, karbonat çimentolu, kötü boylanmış ve masif kumtaşı düzeyi bulunur. Transgresif kumtaşı düzeyini izleyen fenestral boşluklu algal biyostromal kireçtaşı, ondülasyonlu laminalı stromatolitler

ile simgelenir. Özbek kuzeyinde yer alan eski Yuvacaköy çevresindeki kireçtaşları, Kocadağ Volkanitleri'nin volkanoklastiklerine Bozavlu Formasyonu'nun yakınsak çakıltaşları aracılığıyla transgresif aşmayla yaslanır.

Urla Kireçtaşı platformu, Orta Miyosen sonlarında gelişen bölgesel sıkışmayla deformasyona uğrayarak giderek sığlaşmış ve su üstüne çıkarak aşınmaya başlamıştır. Urla ilçe merkezi ile Ovacık köyü arasındaki yol yarmalarında, litostratigrafik olarak Ovacık Bazaltı üzerinde yer alan Urla Kireçtaşı istifinin 250 metre kotlarındaki en üst düzeylerinde yüzeyleyen desimetrik kalınlıklardaki bataklık düzeyleri bu sığlaşmayı belgeler. Kalış oluşukları ve gastropod kavkı kırıntıları içeren bataklık düzeyleri içinde Göktaş (2011) tarafından bulunan küçük memeli fosil kalıntıları (Gliridae molarları) tür tayini yapılamadığından yaşlandırılamamıştır.

Menteş Volkanitleri

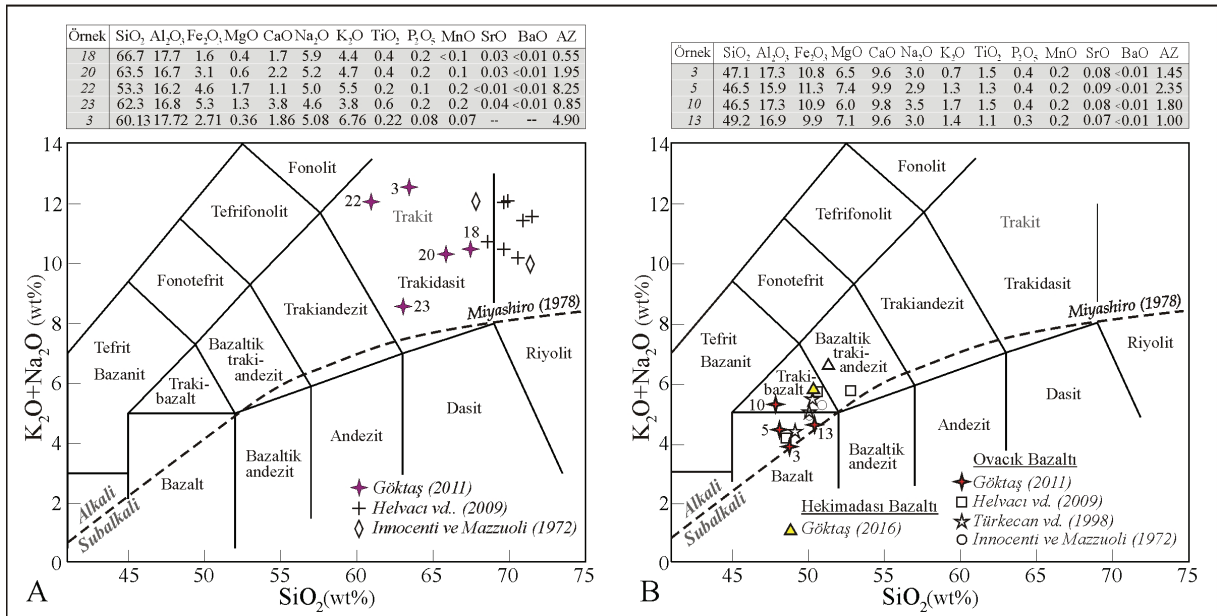
Menteş Yarımadası'nda etkinliği Orta Miyosen boyunca süren ve trakit-riyolit bileşim aralığında ürünler veren Mentş alkali volkanizması, Güvendik ve Urla Kireçtaşı formasyonlarının temsil ettiği gölsel tortullaşma ve alkali bazik Ovacık volkanizmasıyla yanal ilişkilidir. Mentş Volkanitleri, Kaya (1979)'nın tanımladığı "Menteş Trakiti"nin karşılığıdır. Helvacı vd. (2009), "Urla Volkanitleri" başlığı altında inceledikleri Mentş Volkanitleri'nin 'ince taneli riyolitik lavları ve trakit benzeri porfiritik riyolit domlarından' oluştuğunu belirtirler. Değişik fasiyeslerdeki piroklastikler ile onları keserek yerleşen trakitik-riyolitik lav domları ve domakıntılarının temsil ettiği Mentş volkanizması, giderek sönümlenen patlayıcı etkinliklerini Urla Kireçtaşı tortullaşmasının son dönemlerine kadar sürdürmüştür. Mentş volkanizmasının tip lokalitesindeki ürünleri, Bozavlu ve Güvendik formasyonları ile Urla Kireçtaşı istifinin alt katmanları üzerine yerleşmiştir. Ancak, körfez

adalarında yüzeyleyen Güvendik istifi içindeki trakitikignimbiritlerveepiklastikkütleakıntılarının içerdiği trakit parçaları, volkanizmanın Urla Grubu tortullaşmasının başlangıcından itibaren etkinleştiğini göstermektedir (Şekil 9A).

1) Volkanizmanın patlayıcı erken dönemini yansıtan piroklastik ve epiklastik yoğunluk akması çökelleri, Menteş Yarımadası doğusundaki adalarda ve İskele Mahallesi'nin sahil şeridi boyunca yüzeyleyen Güvendik kıyıyüzü istifinin üst bölümlerinde izlenir. Lahar düzeylerinin kaba bileşenlerini oluşturan trakit parçaları tipik olarak ters derecelenmelidir. Hekim Adası ve Çiçek

Adaları'nda, kıyıyüzü çökelleri içinde yer alan 1-10 metre arası kalınlıklardaki trakitik ignimbirit üniteleri genellikle kaynaklıdır (Göktaş, 2016).

11) Volkanizmanın ana ürünleri, altta patlamalı evrenin piroklastikleri ve lav çıkış evresinde onları keserek yerleşen kompozit lav domları ve dom-akıntılarında oluşur. Felsik piroklastikler, Cankurtaran Tepe ile Çiftlik Tepe arasında tipik yüzlekler verir ("Cankurtaran Formasyonu": Sümer vd. 2020). İgnimbiritlerle başlayan piroklastik çökelim, ağırlıklı olarak temel türbülansı ve bloklu kül akışı fasiyeslerindedir.



Şekil 9. A) Menteş Volkanitleri'nden alınan element oksit verileri ve önceki çalışmalarda alınan ana element oksit verilerinin Le Bas vd. (1986)'nin TAS diyagramında değerlendirilmesi. 23 numaralı örnek, 12,7±0,6 My K/Ar yaşı alınan trakidasiti temsil etmektedir. Diğer örnekler, Güvendik Formasyonu içindeki ignimbiritlerin pomzalarından ve lahar düzeylerinin içerdiği lav parçalarından alınmıştır (Göktaş, 2011), **B)** Ovacık Bazaltı'ndan alınan element oksit verileri ve önceki çalışmalarda alınan ana element oksit verilerinin Le Bas vd. (1986)'nin TAS diyagramında değerlendirilmesi. 10 numaralı örnek, Menteş Volkanitleri'nin ignimbiritleri içinde bulunan Ovacık Bazaltı'ndan türemiş rastlantısal lav parçalarını temsil eder.

Figure 9. A) Major element oxide data taken from the Menteş Volcanics and major element oxide data from previous studies evaluated on the TAS diagram (Le Bas et al., 1986). Sample number 23 represents trachydacite with a K/Ar age of 12.7±0.6 My. Other samples were taken from the pumice of ignimbrites in the Güvendik Formation and lava clasts contained in the lahar levels (Göktaş, 2011), **B)** Major element oxide data taken from the Ovacık Basalt and major element oxide data from previous studies evaluated on the TAS diagram (Le Bas et al., 1986). Sample number 10 represents accidental lithics derived from the Ovacık Basalt within the ignimbrites of the Menteş Volcanics.

Piroklastik istifin alt bölümünde yer alan ignimbirit düzeyleri az oranda gözlenir. Metrik kalınlıklardaki ignimbirit üniteleri zayıf kaynaklıdır. Örenkaya Tepe'nin yaklaşık 1 km GB'sında en az 10 metrelik bölümü gözlenen açık gri renkli ignimbirit düzeyi içinde, çakılcıktan blok boyutlarına kadar rastlantısal (accidental) litikler yer alır. Türdeş lav klastları yanında, altta bulunan kül döküntüsü fasiyesindeki ince taneli kül tüflerden koparılmış parçalar, Urla Kireçtaşı'ndan ve Neojen öncesi temel kayalarından aktarılmış küt köşeli çakıllar bulunur. Bu ignimbirit düzeyinin içerdiği 30-80 cm arasında değişen büyüklüklerdeki bazik lav bloklarının ana element oksit bileşimleri Ovacık bazaltı kökenli olduklarını göstermektedir (Şekil 9B).

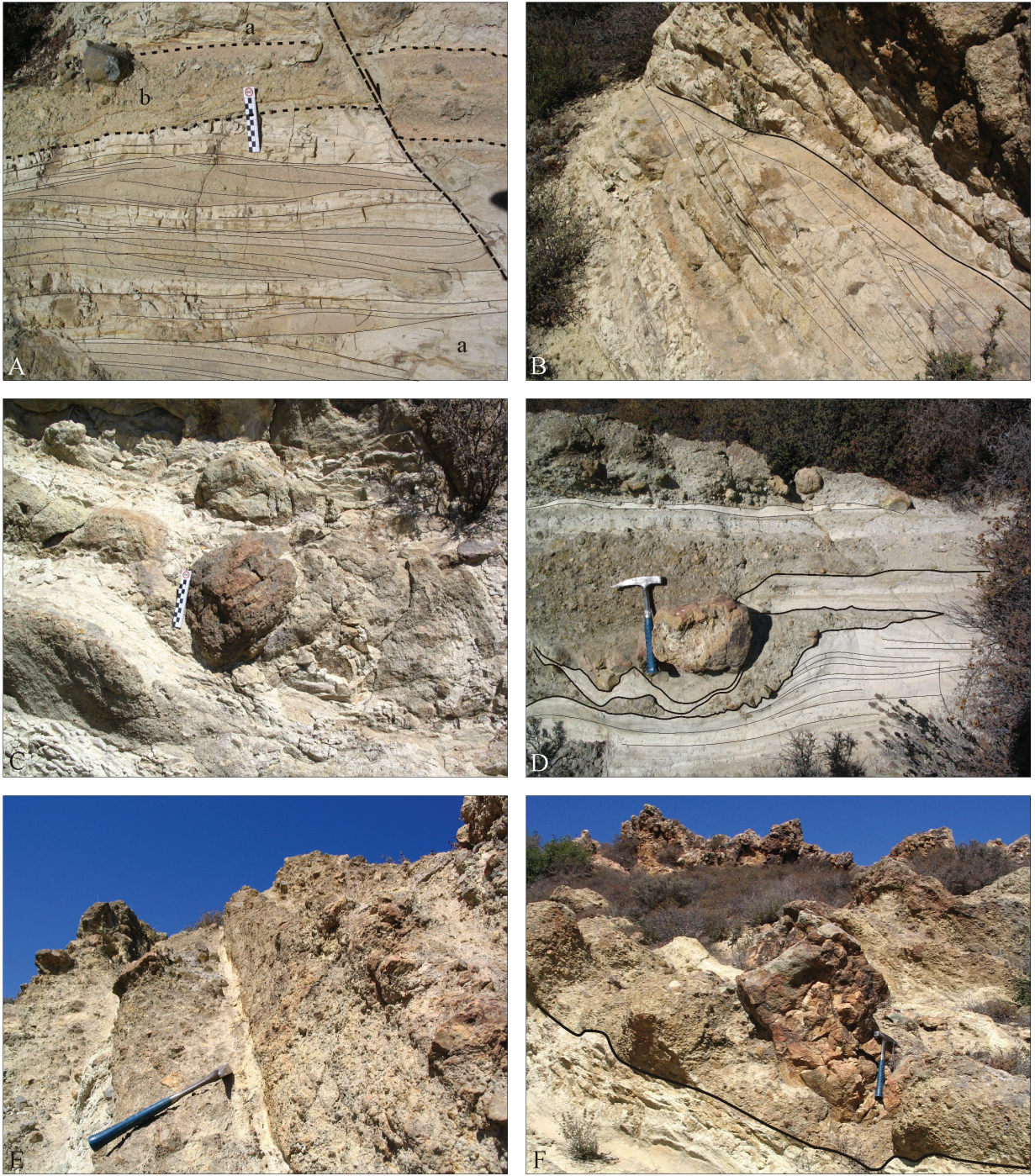
İgnimbirit düzeylerinin üzerinde, bloklu kül akması aradüzeyleri kapsayan temel türbülans egemen istifi çökeltmiştir. Temel türbülans çökellerinde, yakınsak yerleşimi yansıtan kumul-ters kumul benzeri çapraz katmanlanma tipiktir (Şekil 10 A, B). Balistik lav klastlarının ve bloklu kül akmalarının, nemli temel türbülans düzeylerinde yarattığı yumuşak çökel deformasyonlarına seyrek olarak rastlanır (Şekil 10 C, D). Bazı temel türbülans düzeylerinde, milimetrik büyüklüklerde büyüme lapillileri bulunur. Bornova Flişi'nden türemiş küt köşeli rastlantısal kaya parçalarının boyutları 2 cm'yi aşar. Urla Kireçtaşı ile siyahımsı koyu gri renkli bazik lavlardan türemiş küt köşeli kaya parçaları seyrekler. Kül döküntüsü tüf aradüzeyleri masif, ince-kaba kül boyutlarında ve mavimsi koyu gri renklidir. Temel türbülans egemen istifin üst bölümlerine doğru kaba volkaniklast kapsamı artar; desimetrik-metrik kalınlıklardaki bloklu kül akması düzeylerinin temel türbülans çökelleri arasına sıklıkla katıldığı gözlenir (Şekil 10 E). Desimetrik kalınlıklardaki bloklu kül akmalarının, büyüklükleri katman kalınlığına ulaşan iri lav bloklarını taşıdığı gözlenir (Şekil 10 F). Termal oksidasyona bağlı koyu kahverenkli ve kaynaşmış akma üniteleri içinde taşınan monolitik lav parçaları köşelidir ve büyüklükleri 1 metreye kadar ulaşır.

Giderek artan orandaki bloklu kül akması düzeylerinin yerleşimini izleyerek, kompozit domlar oluşturan viskoz lav çıkışları başlamıştır. Menteş Volkanitleri'nin trakitik lavları porfirik dokuludur ve özgül olarak santimetrik büyüklüklere ulaşan özşekilli sanidin kristalleri içerirler. Eksalatif evrede yaygın ve etkin hidrotermal alterasyona uğramış olan lav kütlelerinin ayrışma yüzeyleri genellikle pembemsi/kırmızımsı/sarımsı kahverenkli ve demirli eksolüsyonların dolaşım izlerini taşır. İnce kristalli ve mavimsi gri renkli lavların alterasyondan daha az etkilenmiş bölümlerinde, yersel olarak poligonal soğuma sütunları gözlenir.

Duba Tepe yükseltisini oluşturan soluk pembemsi renkli, iri feldispat fenokristalli, aşırı çatlaklı ve etkin hidrotermal alterasyona uğramış trakitik dom-akıntının altında, ana element oksit bileşimine göre trakidasit olarak değerlendirilen, siyahımsı koyu gri renkli kompakt bir lav düzeyi bulunur. Gökteş (2011), bu lav düzeyinden $12,7 \pm 0,6$ My K/Ar yaşı almıştır. Lav düzeyinin tabanında bulunan birkaç metre kalınlığındaki kaynaşmış lav breşi, Güvendik istifinin en üst bölümündeki kumtaşlarını az gelişmiş peperitik oluşukluklarla üstler. Lav breşinin taban kesitinde yer alan lav blokları aşırı vesikülleşmiştir.

Ovacık Bazaltı

Ovacık Bazaltı (Kaya, 1979), Menteş Yarımadası'nda küçük çıkışlarla simgelenen hafif alkali bazik lavlar ve az oranda yüzeyleyen türdeş piroklastiklerden oluşur. Menteş Yarımadası'ndaki Ovacık Bazaltı yüzlekleri başlıca üç stratigrafik pozisyonda izlenir: ı) Güvendik Mahallesi doğusundaki Adacık'ta yüzeyleyen lav çıkışı Güvendik Formasyonu üzerinde yer alır (Şekil 4). ıı) İskele Mahallesi batısındaki Kestanedağı Tepe çevresinde ve yarımadaının kuzeyinde Urla Kireçtaşı'nı kesen küçük sokulumlar bulunur (Şekil 4). ııı) Yaran Tepe'deki sokulum, Menteş Volkanitleri'nin lavlarını keserek yerleşmiştir (Şekil 4).



Şekil 10. Menteş Volkanitleri'nin piroklastik fasiyesleri. **A)** a: Çapraz katmanlanmalı temel türbülanslı düzeyleri, b: Bloklı kül akması düzeyi. **B)** Ters kumul benzeri çapraz katmanlı temel türbülanslı düzeyi. **C)** Balistik lav bloğunun temel türbülanslı düzeyinde oluşturduğu yumuşak çökel deformasyonu. **D)** Bloklı kül akmasının sokulumuyla deforme olan temel türbülanslı düzeyi. **E)** Desimetrik kalınlıklardaki bloklı kül akması düzeyleri. **F)** Bazı bloklı kül akmalarının, büyüklükleri katman kalınlığında olan lav bloklarını taşıdığı gözlenir. Ölçek 10 cm, Çekiç 33 cm.

Figure 10. *Pyroclastic facies of Menteş Volcanics. A) a: Cross-stratified base surge levels, b: Blocky ash flow layer. B) Anti-dune-like cross-stratified base surge deposits. C) Soft sediment deformation caused by ballistic lava block at the level of base surge. D) Level of base surge deformed by the intrusion of the blocky ash flow. E) Blocky ash flow levels with decimetric thicknesses. F) Some blocky ash flows carry lava blocks that are layer-thick in size. Scale 10 cm, hammer 33 cm.*

Yarımadanın doğusunda, çıkış merkezi olan Hekim Adası'nda ve Çiçek Adaları'nda Güvendik Formasyonu ile Urla Kireçtaşı arasına sinsedimanter olarak yerleşen "Hekimadası Bazaltı"nın, inceleme alanındaki bazik sokulumlarla aynı magmatik kökenden olduğu Göktaş (2016) tarafından gösterilmiştir. Önceki çalışmalarda "olivin bazalt" olarak tanımlanan lav örnekleri, ana element oksit bileşimlerine göre alkali bazalt ve trakibazalt alanlarında toplanır (Şekil 9B).

Yarımadanın kuzeyindeki Asmalık Tepe batısında, çökelmekte olan Urla Kireçtaşı'nı kesen küçük lav kütlesi genellikle akma yapılıdır. Volkanizmanın başlangıcında gölün tabanına yerleşen temel türbülanslı çökelleri içinde Urla Kireçtaşı'ndan koparılmış iri bloklar bulunur. Bazalt lavı içinde de seyrek olarak rastlanan kireçtaşı anklavları, yumuşak çökel deformasyonuna uğramış ve silisleşmiştir. Kestanedağı Tepe'nin yaklaşık 400 m KD'sunda yüzeyleyen bloksu ayrışmalı lav kütlelerinin altere yüzeyleri sarımsı açık kahve, taze kaya siyahımsı koyu gridir. Bu lokalitede, en büyüğü 15 m çapında olan üç apofiz birleştirilmiş ve Şekil 4'te abartılarak gösterilmiştir. Yaran Tepeleri çevresindeki $14,5 \pm 0,5$ My K/Ar yaşlı bazalt çıkışı, Menteş Volkanitleri'nin tip lokalitesindeki lavları keser ve örter (Göktaş, 2011). Aynı bölgede, Menteş volkanizmasının başlangıcını yansıtan ignimbirit üniteleri içinde Ovacık Bazaltı'na ait iri blokların bulunması, asidik volkanizma öncesinde bazik bir evrenin varlığına işaret eder. Göktaş (2016), Hekimadası Bazaltı'nın Çiçek Adaları'ndaki yüzleklerinden $14,8 \pm 0,8$

My K/Ar yaşı almıştır. Ovacık Bazaltı'nın tip lokalitesinde, Borsi vd. (1972)'nin 11,3 My K/Ar yaşı aldıkları lav çıkışı, Urla Kireçtaşı'nın üst bölümüne sinsedimanter olarak sokulmuş ve dokanakta peperitler oluşmuştur (Göktaş, 2011). Jeokronolojik ve litostratigrafik veriler, Ovacık volkanizmasının Orta Miyosen boyunca kesintilerle devam ettiğini göstermektedir.

Pliyo-Kuvaterner Çökelleri

Urla bölümündeki Pliyo-Kuvaterner (5 My ile Günümüz arası) tortullaşması, Pliyo-Pleyistosen ve Holosen dönemlerini kapsayan iki evrede gelişmiştir. Günümüzde Menteş Yarımadası'nın doğu kenarında izlenen kompozit fan/deltaların, Pliyo-Pleyistosen'de çökelmeye başladığı öngörülmüştür. Şekil 4'te Holosen fan deltaları altından yüzeylettiği gösterilen alüvyon yelpazesi çökelleri, Pliyo-Pleyistosen dönemine ait olabilir. Bu dönemde ortaya çıkan Güvercinlik normal fay sistemi, İzmir Körfezi'nin oluşumuyla yarımadaya dönüşen tek yanlı Menteş horstunu doğudan belirlemiş ve çöken doğu blok üzerinde aynı yönde gelişen alüvyon yelpazelerinin çökelişini denetlemiştir. Deniz seviyesinin ~100 metre aşağıda olduğu Pleyistosen'deki buzul çağlarında deniz günümüzdeki Sakız Adası batısındadır ve İzmir Körfezi'nin bulunduğu bölge dağ arası ova konumundadır (Karadaş, 2014). Bu devrede, Menteş horstunun doğu kenarında alüvyon yelpazelerinin çökeldiği öngörülmüştür. Son buzul çağının (Würm) Holosen başında sona ermesiyle gelişen transgresyon sürecinde İzmir Körfezi oluşmuş ve Pleyistosen alüvyon yelpazeleri yelpaze deltalarına dönüşmüştür.

STRATİGRAFİK KORELASYON

Foça Çöküntüsü'nün Urla bölümünde (Urla havzası ile körfez adaları) ve Mordoğan çevresinde Alt Miyosen çökelleri yüzeylemez. Karaburun Yarımadası kuzeyinde geç Erken Miyosen tortullaşmasını yansıtan Haseki Formasyonu (Göktaş, 2014a ve b), Karaburun Kuşağı kaya

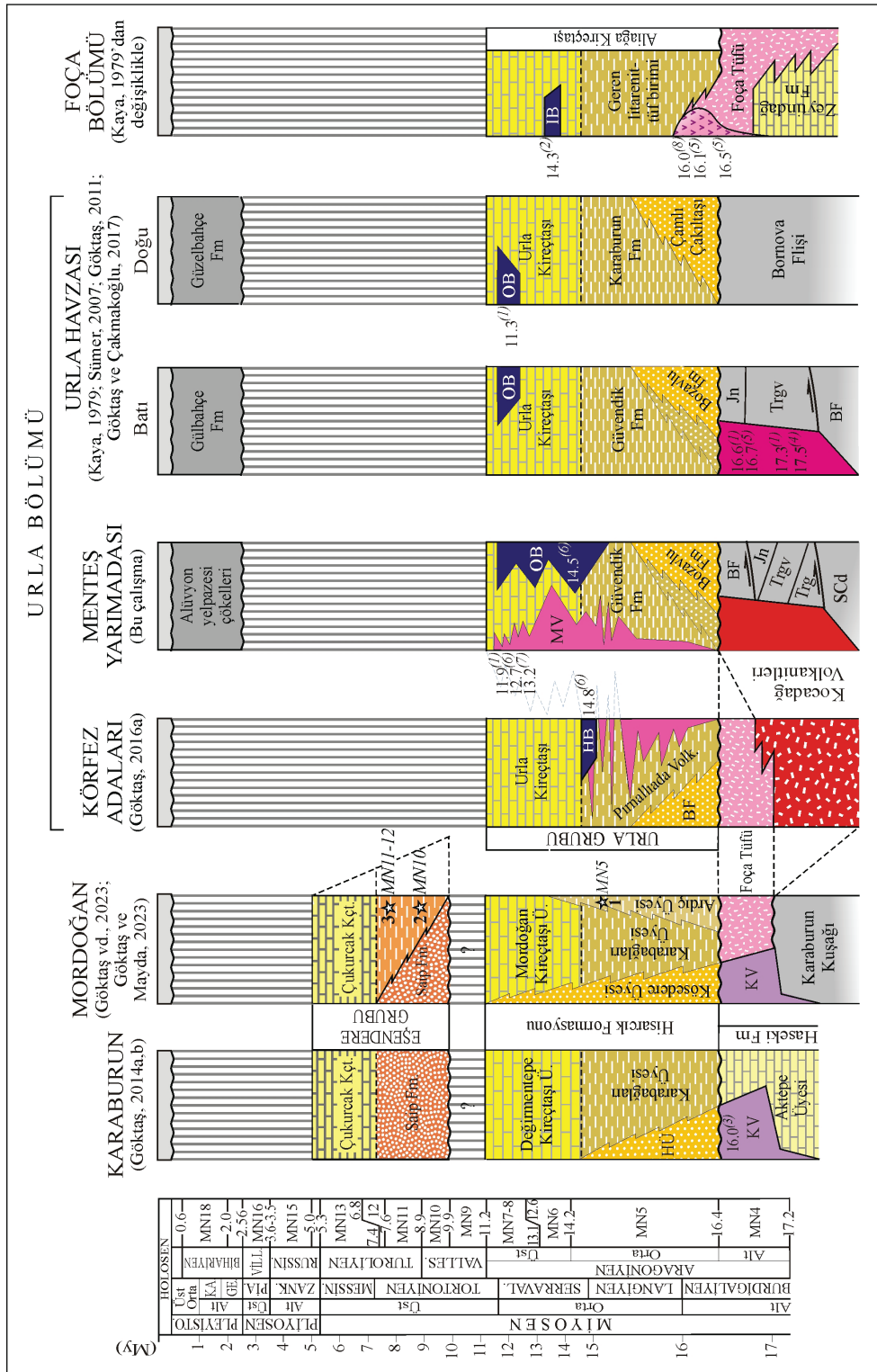
birimleri üzerinde açılı uyumsuzlukla çökelmiştir. Haseki Formasyonu, 18,2-16,0 My yaşlı (Türkecan vd., 1998; Göktaş, 2014a) “Karaburun” ve 17,0-21,3 My yaşlı (Borsi vd., 1972; Helvacı vd., 2009) “Yaylaköy” kalkalkalen volkanizmasıyla yanal ilişkilidir. Foça bölümünde Bornova Flişi üzerinde açılı uyumsuzlukla çökelmiş olan Alt Miyosen istif, alüviyal “Yeniköy Çakıtaşı” ve gölsel “Zeytindağ Formasyonu” ile temsil edilir (Kaya, 1979).

Urla Grubu’nun stratigrafik eşdeğeri olan Orta Miyosen istifleri, Foça Çöküntüsü genelinde çökelmiştir (Şekil 11). Çöküntünün batı kenarını temsil eden Karaburun bölümündeki Orta Miyosen tortullaşması egemen gölsel Hisarcık Formasyonu ile temsil edilir (Göktaş, 2014a ve b; Göktaş ve Mayda, 2023). Hisarcık Formasyonu, altta “Karabağları Üyesi”nin ince kırıntılı kıyıyüzü çökelleri ve üstte yer alan “Değirmen-tepe Kireçtaşı” ya da “Mordoğan Kireçtaşı” üyelerinden oluşur. Havza kenarlarında, en genç 16,0 My yaşlı Karaburun Volkanitleri üzerinde uyumsuzlukla yer alan alüviyal fan/delta çökelleri, Yeniliman ve Karaburun çevrelerinde “Hacıhüseyintepe Üyesi”, Kösedere alt havzasında “Kösedere Üyesi” ile simgelenir. Yeşil renkli kıltaşı-silttaşı egemen istifinden oluşan ve türbiditik kumtaşı arakatmanları kapsayan Karabağları Üyesi, Karaburun çevresinde MN4 biyozonunun (17,2-16,4 My arası) mikromemelilerini kapsayan Aktepe Üyesi’nin kireçtaşları üzerine parakonformitik bir dokanakla uyumlu gelir. Karabağları Üyesi, Alt Miyosen çökellerinin izlenmediği Mordoğan bölgesinde Foça Tüfü üzerinde uyumsuzlukla çökelmiştir. Mordoğan çevresinde, Karabağları Üyesi’nin yanal eşleniği olarak değerlendirilen çamur düzlüğü çökellerinin kapsadığı MN5 biyozonunu (16,4-14,2 My arası) gösteren büyük memeli topluluğu, Hisarcık Formasyonu’nun Orta Miyosen döneminde çökeldiğine işaret eden tek biyokronolojik veridir. Stratigrafik olarak, MN4 memelileri kapsayan Aktepe Üyesi ve en genç 16,0 My yaşlı Karaburun Volkanitleri ile MN10-12 biyozonlarının (9,9-6,8 My arası) büyük memelilerini kapsayan Geç Miyosen yaşlı Eşendere

Grubu (Göktaş vd., 2023) arasında yer alan Hisarcık Formasyonu Orta Miyosen çökelimini temsil eder (Şekil 11).

Hisarcık Formasyonu’nun Urla bölümündeki stratigrafik karşılığı kabul edilen Urla Grubu’nun geniş anlamda Orta Miyosen çökelimini yansıttığı jeokronoloji verileriyle gösterilmiştir. Urla Grubu, Urla havzasında en genç 16,6 My yaşlı Kocadağ Volkanitleri ve Foça bölümünde 16,0-16,5 My arasında yaşlandırılan Foça Tüfü’nün Uzun Ada’da yüzeyleyen ignimbiritleri üzerinde uyumsuzlukla çökelmiştir (Göktaş, 2011; 2016). Urla Grubu’nun üst yaşı, Urla Kireçtaşı’nın en üst bölümüne sinsedimanter olarak sokulan Ovacık Bazaltı’nın jeokronolojisi ile belirlenir (11,3 My: Borsi vd., 1972). Menteş volkanizmasından türemiş volkanoklastik arakatıklar kapsayan Güvendik Formasyonu ve körfez adalarındaki karşılığı olan “Pırnallıada Volkanoklastikleri” (Göktaş, 2016), volkanik bileşen içermeyen Karabağları Üyesi’nin stratigrafik eşdeğeridir. Kaya (1979), Urla havzasındaki “yeşilimsi çamurtaşı-şeyl-litarenit” istifini Karaburun Yarımadası’ndaki benzer çökellerle karşılaştırarak “Karaburun Formasyonu” olarak tanımlamıştır. Urla Grubu’nun son birimi olan Urla Kireçtaşı, Karaburun bölümündeki Değirmen-tepe Kireçtaşı ve Mordoğan Kireçtaşı üyelerinin stratigrafik eşdeğeridir (Şekil 11).

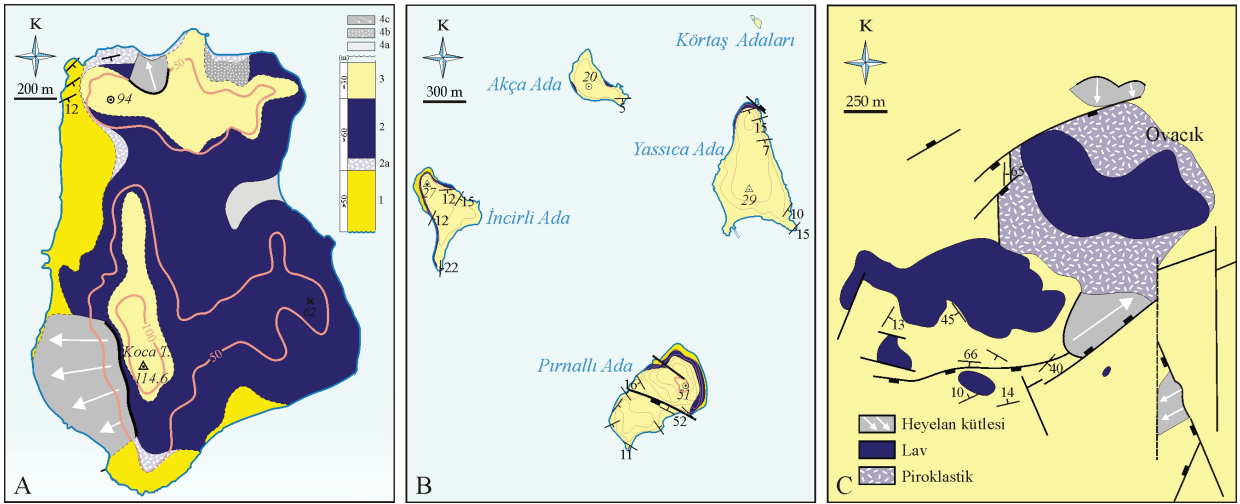
Foça Çöküntüsü içinde yalnızca Menteş Yarımadası’nda yüzeyleyen trakit-riyolit bileşim aralığındaki Menteş alkali volkanizması, Güvendik ve Urla Kireçtaşı formasyonlarının temsil ettiği gölsel tortullaşmayla yanal ilişkili etkinliğini Orta Miyosen boyunca sürdürmüştür. Menteş Yarımadası’ndaki son lav çıkışlarını izleyerek Urla havzası genelinde çökelmeye devam eden Urla Kireçtaşı, küçük patlamaların ürettiği kül döküntüsü felsik tuf arakatmanlarını en üst düzeylerine kadar içerir. Jeokronoloji verilerine göre erken Orta Miyosen döneminde etkinleştiği anlaşılan alkali bazik volkanizma, Foça Çöküntüsü genelinde küçük çıkışlar ve dayklarla temsil edilir (Şekil 1).



Şekil 11. Orta Miyosen kaya birimlerinin Foça Çöküntüsü içindeki stratigrafik korelasyonu. Yıldızla gösterilen memeli verileri: 1) Ardıç faunası (Kaya vd., 2003; Göktaş ve Mayda, 2023), 2) *Hipparion* aff. *giganteum*,

Hippopotamodon major (Göktaş vd., 2023), 3) Eşendere faunası (Kaya vd., 2005). Radyometrik veriler: 1) Borsi vd. (1972), 2) Ercan vd. (1996), 3) Türkecan vd. (1998), 4) Helvacı vd. (2009), 5) Altunkaynak vd. (2010), 6) Göktaş (2011), 7) Karacık vd. (2013), 8) Göktaş (2016). Kısaltmalar: IB: Ilıpınar Bazaltı, OB: Ovacık Bazaltı, HB: Hekimadası Bazaltı, MV: Menteş Volkanitleri, BF: Beşiktepe Fm., HÜ: Hacıhüseyintepe Üyesi, KV: Karaburun Volkanitleri, BF: Bornova Flişi, Jn: Nohutalan Fm., Trgv: Güvercinlik Fm., Trg: Gerence Fm., SCd: Dikendağı Fm. Zaman cetveli Hilgen vd. (2012)'ne göre.

Figure 11. Stratigraphic correlation of Middle Miocene rock units within the Foça Depression. Mammal data indicated with asterisk: 1) Ardıç fauna (Kaya et al., 2003; Göktaş & Mayda, 2023), 2) *Hipparion* aff. *giganteum*, *Hippopotamodon major* (Göktaş et al., 2023), 3) Eşendere fauna (Kaya et al., 2005). Radiometric data: 1) Borsi et al. (1972), 2) Ercan et al. (1996), 3) Türkecan et al. (1998), 4) Helvacı et al. (2009), 5) Altunkaynak et al. (2010), 6) Göktaş (2011), 7) Karacık et al. (2013), 8) Göktaş (2016). Abbreviations: IB: Ilıpınar Basalt, OB: Ovacık Basalt, HB: Hekimadası Basalt, MV: Menteş Volcanics, BF: Beşiktepe Fm., HÜ: Hacıhüseyintepe Member, KV: Karaburun Volcanics, BF: Bornova Flysch, Jn: Nohutalan Fm., Trgv: Güvercinlik Fm., Trg: Gerence Fm., SCd: Dikendağı Fm. Time scale Hilgen et al. (2012).



Şekil 12. A) Hekimadası Bazaltı (Göktaş, 2016): 1) Pırnallıada Volkanoklastikleri, 2) Hekimadası Bazaltı, 2a) Temel türbülansı ve geri düşme çökelleri, 3) Urla Kireçtaşı, 4) Holosen çökelleri (a: Flüviyal alüvyon, b: Yamaç molozu, c: Heyelan molozu), **B)** Hekimadası Bazaltı'nın Çiçek Adaları'ndaki yüzlekleri, **C)** Ovacık Bazaltı (Göktaş, 2011).

Figure 12. A) Hekimadası Basalt (Göktaş, 2016). 1) Pırnallıada Volcanoclastics, 2) Base surge and air fall deposits, 2) Hekimadası Basalt, 3) Urla Limestone, 4) Holocene deposits (a: Fluvial alluvium, b: Slope debris, c: Landslide debris). **B)** Outcrops of the Hekimadası Basalt in the Çiçek Islands, **C)** Ovacık Basalt (Göktaş, 2011).

Urla bölümünde yüzeyleyen çıkışlar, üç farklı stratigrafik pozisyonda izlenir. **i)** İzlendiği kadarıyla yayılımı en geniş olan volkanizma, bu çalışmadaki Güvendik Formasyonu'nun karşılığı olan "Pırnallıada Volkanoklastikleri" ile Urla Kireçtaşı arasına sinsedimanter olarak sokulan 14,8 My yaşlı "Hekimadası Bazaltı" ile temsil edilir. Hekim Adası'ndan çıkan bazalt akıntılarının, ~7 km güneydeki Çiçek Adaları'na kadar ulaştığı

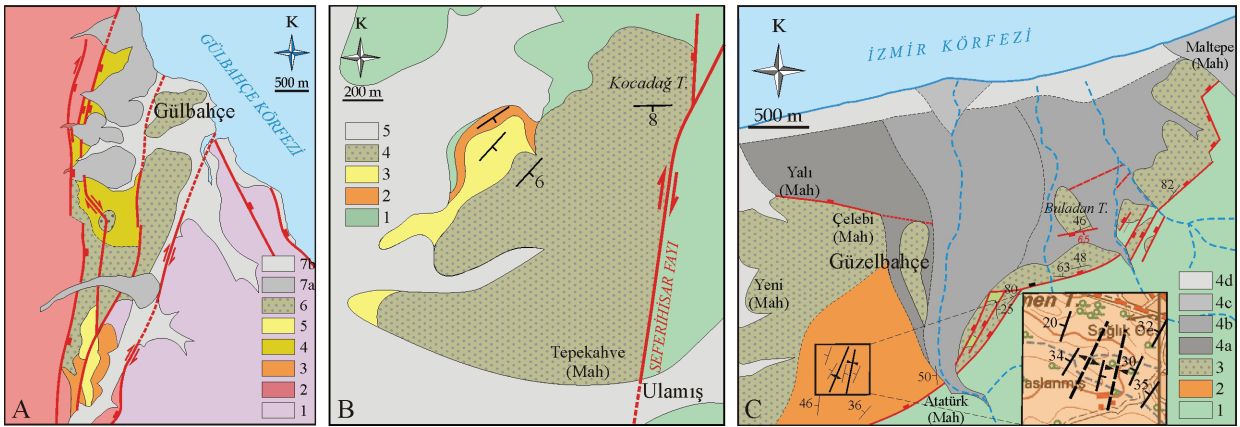
Göktaş (2016) tarafından gösterilmiştir (Şekil 12A ve B). **ii)** Menteş volkanizmasının lavlarını keserek yerleşen "Yarantepe bazaltı" (Sümer vd., 2020) 14,5 My yaşlıdır (Göktaş, 2011). **iii)** Bu gruptaki çıkışlar, Foça Çöküntüsü genelinde Urla Kireçtaşı'nı keserek yerleşmiştir. Urla havzasında, Urla Kireçtaşı'nın en üst bölümüne sinsedimanter olarak sokulan 11,3 My yaşlı Ovacık Bazaltı, ~2 km²'lik bir alanda yüzeyler (Şekil 12C). Foça

bölümünde, Urla Kireçtaşı'nın eşleniği olan “Aliğa Kireçtaşı” içine sinsedimanter olarak sokulan “İlipınar Bazaltı” (Kaya, 1979), Ercan vd. (1996)'ne göre 14,3 My yaşlıdır. Altunkaynak vd. (2010), Foça Yarımadası'nda aynı stratigrafik konumda bulunan alkali bazik sokulumlardan 14,1-14,7 My arasında değişen Ar/Ar yaşları almışlardır.

Foça ve Urla bölümlerindeki Orta Miyosen istifleri üzerinde, Karaburun Yarımadası'nda Eşendere Grubu'nun temsil ettiği Üst Miyosen çökelleri bulunmaz. Her iki bölgede, Orta Miyosen sonundaki sıkışma fazında (Yılmaz, 2000; Yılmaz vd., 2000; Gürer vd., 2009; Yılmaz ve Gürer, 2023) deforme olarak su üstüne çıkan gölsel kireçtaşı platformunun büyük bölümü günümüze kadar aşınmıştır. Kireçtaşı platformu üzerinde Üst Miyosen döneminde çökelim olmamış ya da uzun süren bu aşınma döneminde Üst Miyosen çökelleri jeoloji kaydından silinmiştir.

Urla bölümündeki Pliyo-Kuvaterner tortullaşması alüvyon yelpazesi ve yelpaze deltası çökelleri ile temsil edilir. Urla havzasının batısında, Gülbahçe-Karaburun fayının (Emre ve

Barka, 2000) Karaburun segmenti güneyindeki “sıçrama alanında” (Emre vd., 2005) dolgularan alüviyal “Gülbahçe Formasyonu” (Göktaş, 2011) Urla Grubu çökelleri üzerinde uyumsuzlukla yer alır (Şekil 13A). Kocadağ Volkanitleri'nden türemiş çakıltaşlarından oluşan bu örgülü akarsu egemen alüvyon yelpazesi çökelleri, Urla bölümünde Üst Miyosen tortullaşmasını temsil ettiği gösterilmiş çökeller bulunmadığından Pliyo-Pleyistosen(?) yaşlı kabul edilmiştir. Urla havzasının GD kenarındaki Ulaş köyü çevresinde, Urla Kireçtaşı ile Bornova Flişi üzerinde uyumsuzlukla yer alan ve batıya doğru gelişim gösteren alüvyon yelpazesi çökellerinin Pliyo-Pleyistosen çökelimini yansıttığı öngörülmüştür. Bu çökellerin Bornova Flişi olan doğu sınırı Seferihisar aktif fayı (Emre vd., 2005) tarafından belirlenmiştir (Şekil 13B). Urla havzasının KB kenarındaki Güzelbahçe çevresinde yüzeyleyen Çamlı Çakıltaşı üzerinde uyumsuz konumlu alüvyon yelpazesi çökelleri (“Güzelbahçe Formasyonu”: Sümer, 2007), Pliyo-Pleyistosen'de ortaya çıkan İzmir fayının (Emre ve Barka, 2000; Emre vd., 2005) tavan bloğu üzerinde dolgulanmış ve fayın Holosen etkinlikleriyle kesilmiştir (Şekil 13C).



Şekil 13. Urla bölümünde yüzeyleyen Pliyo-Kuvaterner çökellerinin tipik örnekleri. **A)** Gülbahçe çevresindeki çökeller (Göktaş, 2011; Şengöçmen vd., 2022). 1) Güvercinlik Fm., 2) Kocadağ Volkanitleri, 3) Bozavlu Fm., 4) Güvendik Fm., 5) Urla Kireçtaşı, 6) Gülbahçe Fm., 7) Holosen çökelleri (a: Alüviyal fan/delta çökelleri, b: Flüviyal alüvyon). **B)** Ulaş köyü çevresi (Göktaş, 2011 ve Sümer, 2007'den değişikliklerle). 1) Bornova Flişi, 2) Çamlı Çakıltaşı, 3) Urla Kireçtaşı, 4) Güzelbahçe Fm., 5) Holosen flüviyal çökelleri. **C)** Güzelbahçe bölgesi (Göktaş, 2011

ve Sümer, 2007'den değişiklikle). 1) Bornova Flişi, 2) Çamlı Çakıtaşı, 3) Güzelbahçe Fm., 4) Holosen çökelleri (a, b, c: Yaşlıdan gence alüviyal fan/delta çökelleri, d: kumsal çökelleri).

Figure 13. Typical examples of Plio-Quaternary deposits cropping out in the Urla sector. **A)** Deposits around Gülbahçe (Göktaş, 2011; Şengöçmen et al., 2022). 1) Güvercinlik Fm., 2) Kocadağ Volcanics, 3) Bozavlu Fm., 4) Güvendik Fm., 5) Urla Limestone, 6) Gülbahçe Fm., 7) Holocene deposits (a: Alluvial fan/delta deposits, b: Fluvial alluvium). **B)** The area around Ula village (modified from Göktaş, 2011 and Sümer, 2007). 1) Bornova Flysch, 2) Çamlı Conglomerate, 3) Urla Limestone, 4) Güzelbahçe Fm., 5) Holocene fluvial deposits. **C)** Güzelbahçe area (modified from Göktaş, 2011 and Sümer, 2007). 1) Bornova Flysch, 2) Çamlı Conglomerate, 3) Güzelbahçe Fm., 4) Holocene deposits (a, b, c: Older to younger alluvial fan/delta deposits, d: beach deposits).

SONUÇLAR

Foça Çöküntüsü'nün Urla bölümündeki volkanitlerin jeokronolojisine ve litostratigrafi verilerine dayanılarak, Urla Grubu tortullaşması ve volkanizmasının geniş anlamda (*s.l.*) Orta Miyosen devresinde geliştiği öngörülmüştür.

Urla Grubu tortullaşması esas olarak gölsel ortamda gelişmiştir. Gölsel tortullaşma, altta volkanosedimanter kıyıyüzü çökellerinden yapılı Güvendik Formasyonu ve üstte Urla Kireçtaşı'ndan oluşur. Havza kenarı çökelimini yansıtan alüviyal Bozavlu Formasyonu, Güvendik Formasyonu'nun alt bölümüne yanal giriklikle çökelmiştir. Güvendik Formasyonu'nun alt bölümünde tanımlanan yelpaze deltası çökelleri, Bozavlu Formasyonu'nun su altı uzantıları olarak değerlendirilmiştir.

Foça Çöküntüsü içinde yalnızca Menteş Yarımadası'nda gelişen alkalin karakterli Menteş asidik volkanizması, Urla Grubu gölsel tortullaşmasıyla alttan üste yanal ilişkilidir. Volkanizmanın erken dönemi, Güvendik Formasyonu içinde yer alan epiklastik ve piroklastik düzeylerle temsil edilir. Menteş Volkanitleri, çıkış merkezinin daha çok doğu yamaçlarında

yüzeyleyen volkanoklastikler ile onları kesen lav domları ve dom-akıntılarından oluşur. Freatomagmatik volkanizmanın, Urla Grubu'nun çökelmekte olduğu göl içinde evrimleştiği değerlendirilmiştir. Urla havzası genelinde, Urla Kireçtaşı istifinin en üst bölümlerine kadar izlenen kül döküntüsü fasiyesindeki patlamalı volkanik arakatkılar, giderek sönümlenen volkanizmanın Orta Miyosen sonuna kadar devam ettiğini gösterir.

Foça Çöküntüsü genelinde erken Orta Miyosen yaşlı küçük sokulumlarla simgelenen alkali bazik magmatizmanın Urla bölümündeki temsilcisi Ovacık Bazaltı'dır. Urla bölümünün stratigrafik sentezine göre Menteş volkanizmasıyla yanal ilişkili gelişim gösteren bazik volkanizma, Urla Kireçtaşı çökeliminin başlangıcından (Pırnallı Ada: $14,8 \pm 0,8$ My) son dönemlerine kadar (Ovacık: $11,3 \pm 3,5$ My) aralıklı etkinliğini sürdürmüştür. Menteş Yarımadası'nda, Menteş volkanizmasının kompozit domlarını kesen sokulumlar $14,5 \pm 0,5$ My yaşlıdır.

Foça Çöküntüsü genelinde biyokronolojik olarak kanıtlanmış Üst Miyosen alüviyal çökelleri, yalnızca Mordoğan kuzeyinde yüzeyler. Urla ve Foça bölümlerindeki Orta Miyosen kireçtaşları üzerinde Üst Miyosen çökelleri gösterilmemiştir. Orta Miyosen sonundaki sıkışma fazında deforme olarak tortullaşması sona eren Urla kireçtaşı platformunun büyük bölümü Orta Miyosen'den sonra yüksek alan konumunda kalmış ve aşınmıştır. Su üstüne çıkan kireçtaşı platformu üzerinde Üst Miyosen döneminde çökelim olmamış ya da günümüze kadar süren aşınmayla Üst Miyosen çökelleri jeoloji kaydından silinmiştir.

Tek yanlı Menteş horstu, yükselimi doğudan belirleyen Güvendik normal fay sisteminin kontrolunda Pliyo-Pleyistosen'de ortaya çıkmış, sonbuzul çağından sonra Holosen transgresyonu ile oluşan İzmir Körfezi içinde yarımada konumunu almıştır. Güvendik fay zonunun çöken doğu bloğu üzerinde, Pliyo-Kuvaterner sürecinde alüviyal fan/deltalar çökelmiştir. Pliyo-Pleyistosen döneminin

alüvyon yelpazeleri, Holosen'de İzmir Körfezi'nin oluşumuyla yelpaze deltalarına dönüşmüştür.

EXTENDED SUMMARY

The terrestrial Neogene stratigraphy of the Menteş Peninsula, which is the subject of this study, was investigated within the scope of the Urla sector of the Foça Depression (Urla basin and İzmir Bay archipelago), and the stratigraphic correlation of the rock units within the Foça Depression is discussed. The Menteş Peninsula formed as a unilateral horst under control of the Güvendik fault zone in the Plio-Pleistocene, and became a peninsula within İzmir Bay, which was formed by the Holocene transgression after the last ice age (Würm). The Urla basin is bounded to the west by the Karaburun High consisting of rock units of the Karaburun Belt (Erdoğan et al., 1990) and the Seferihisar High consisting of the Bornova Flysch (Konuk, 1977) in the east (Figures 1 and 2). When examined together with Uzun Island, the late-Early Miocene basement of the basin consists of Kocadağ Volcanics (Innocenti and Mazzuoli, 1972; Türkecan et al., 1998; Helvacı et al., 2009) and Foça Tuff (Kaya, 1979). The Urla Group consists of sedimentary and volcanic rock assemblages. The sedimentary succession, consisting predominantly of lacustrine deposits, begins with the alluvial Bozavlu Formation, continues with the volcano-sedimentary Güvendik Formation deposited on the lacustrine shoreface, and ends with the Urla Limestone. Urla Group sedimentation is laterally related with bimodal alkaline volcanism symbolized by acidic Menteş Volcanics and Ovacık Basalt from bottom to top. Based on geochronology (between 14.8-11.3 Ma) of the alkaline volcanics laterally associated with the basin fills and unconformably deposited on the Kocadağ Volcanics with 16.6-17.5 Ma age (Borsi et al., 1972; Helvacı et al., 2009), it is predicted that the Urla Group was deposited in the Middle Miocene period. The Bozavlu Formation (Sümer, 2007; Sümer et al., 2020) consists of alluvial fan deposits reflecting the beginning of Middle

Miocene sedimentation represented by the Urla Group. The "Çamlı Conglomerate" (Kaya 1979, 1981) defined in the east of Urla basin and "Beşiktepe Formation" described in Uzun Island (Göktaş, 2016) are stratigraphic equivalents of the Bozavlu Formation outcropping in the Urla sector. In the type locality, the lower contact of the Menteş Volcanics, with ~30 m apparent thickness of succession under the domes and dome-flows, does not outcrop. However, the proximal alluvial deposits cropping out as the lateral extension of the unit unconformably overlie the Kocadağ Volcanics. The Güvendik Formation (Göktaş, 2011), which forms the lower part of the Urla Group lacustrine succession, includes early period volcanoclastics of the Menteş volcanism. The sedimentation of the Güvendik Formation begins with fan delta deposits. Fan delta deposits outcropping on the northern coast of the peninsula represent the sublacustrine sections of the Bozavlu alluvial fan system (Figure 5). The Güvendik Formation crops out under the Urla Limestone in the east of the peninsula and in the İzmir Bay archipelago, an epiclastic sandstone dominated succession containing rim-type accretionary lapilli at the top and pyroclastic (ignimbrite and base surge) and epiclastic (lahar and turbiditic sandstone) density current deposits at the bottom (Figure 6). In some of the turbiditic sandstone layers within the sandstone dominant succession in the upper part of the formation, gutter-cast structures formed by storm waves are observed (Figure 6B). Planar parallel thin-layer suspension levels are rarely found in this section. The ignimbrite units cropping out on Hekim Island and Pırnallı Island have thicknesses varying between 1-10 meters (Göktaş, 2016). Base surge levels outcropping on the coast of Iskele district typically include anti-dune-like cross stratification (Figure 7A, B & C). The epiclastic turbidite layers are decimetric in thickness and normally graded. In the lahar levels, coarse clasts of decimetric and metric sizes derived from the Menteş lavas are typically reverse graded (Figure 6C & D; Figure 7A & C). The Urla Limestone succession covers

the tuff interlayers of the ash fall facies derived of the Menteş volcanism from bottom to top. Urla Limestone is present in the north of Menteş Peninsula and conformably overlies the Güvendik Formation with a reference level consisting of ash fall tuffs derived from Menteş volcanism. Algal bioclastics and algal oncoids (spheroidal stromatolites) formed by waves in the foreshore belt were deposited at the base of the limestone succession (Figure 8). The Urla limestone platform was deformed and started to erode due to regional compression (Yılmaz, 2000; Yılmaz et al., 2000; Gürer et al., 2009; Yılmaz and Gürer, 2023) that developed in the later Middle Miocene. Swamp deposits outcropping at the highest levels of the Urla Limestone succession with 250 m elevation in the road cuts between Urla district center and Ovacık village document this shallowing. The Middle Miocene alkaline volcanism of the Menteş Peninsula is represented by the Menteş Volcanics and the Ovacık Basalt. Menteş alkaline volcanism, which yields products in the trachyte-rhyolite composition range, is laterally interfingering with lacustrine sedimentation represented by the Güvendik and Urla Limestone formations and the alkali-basic Ovacık volcanism. Epiclastic and pyroclastic interlayers reflecting the early period of explosive volcanism are located in the Güvendik succession. Type locality products of the Menteş volcanism, which is predicted to have evolved in the lake where the Urla Group was deposited, were emplaced on the Bozavlu and Güvendik formations and in the lower layers of the Urla Limestone. The type locality outcrops for the Menteş Volcanics comprise pyroclastics from the explosive phase and composite lava domes and dome-flows that were emplaced by cutting them. The pyroclastic assemblage begins with unwelded ignimbrites containing accidental lithics derived from the Ovacık Basalt and continues with successive levels of blocky ash flow and base surge. Ovacık Basalt and Hekimadası Basalt are the main representatives of alkaline basic magmatism in the Urla sector. Lava, which is defined as “olivine basalt” in petrographic terms,

is located in alkali basalt and trachybasalt areas according to the main element oxide compositions (Figure 9B). The basic volcanics in the Menteş Peninsula are mainly observed in three stratigraphic positions: i) The lava intrusion outcropping in Adacık, east of Güvendik Quarter, cuts and overlies the Güvendik Formation. ii) There are small intrusions that cut the Urla Limestone around Kestanedağı Hill in the west of İskele district and in the north of the peninsula (Figure 4). iii) The 14.5 Ma basic intrusion at Yaran Hills was emplaced by cutting the lava of the Menteş Volcanics (Göktaş, 2011). The 14.8 Ma Hekimadası Basalt, which emplaced in synsedimentary way between the Güvendik Formation and the Urla Limestone in the eastern part of the peninsula, on Hekim Island and Çiçek Islands, has the same magmatic origin as the basic intrusions in the study area (Göktaş, 2016). The 11.3 Ma (Borsi et al., 1972) lava outflow around Ovacık village, was intruded into the upper part of the Urla Limestone synsedimentary and the contact peperitized (Göktaş, 2011). Geochronological and lithostratigraphic data show that basic volcanism, which developed laterally with the Menteş acidic volcanism, continued its activity intermittently from the beginning of Urla Limestone deposition until the last stages. Biochronologically documented Upper Miocene alluvial deposits within the Foça Depression were reported only in the north of Mordoğan (Göktaş et al., 2023). Upper Miocene alluvial deposits, which are expected to overlie the Middle Miocene limestones in the Urla and Foça sectors, are not found in the literature. A large part of the Urla Limestone platform, where sedimentation ended after being deformed during the compressional phase at the end of the Middle Miocene, probably remained in the high-elevation position and was eroded. There was no deposition on the Urla Limestone platform during the Upper Miocene period, or Upper Miocene sediments were erased from the geological record during this long-lasting erosion period.

KATKI BELİRTME

Bu çalışmanın arazi etütleri, 2007-30-14-01.f kodlu MTA projesi kapsamında yürütülmüştür. Muharrem Göktaş (MTA) ve Murat Yükcünç (MTA) arazi çalışmalarına katılmışlardır. Makale taslağını titizlikle inceleyerek eleştirel katkılarda bulunan İsmail İşintek'e (DEÜ), lav örneklerinin jeokimyasal ve jeokronolojik analizleri konusundaki desteği için Aytekin Çolak'a (MTA) teşekkür ederim.

ORCID:

Fikret Göktaş  <https://orcid.org/0000-0002-0011-4361>

KAYNAKLAR

- Akartuna, M. (1962). İzmir-Torbalı-Seferihisar-Urla bölgesinin jeolojisi hakkında. *Maden Tetkik ve Arama Dergisi*, 59, 1-18
- Altunkaynak, Ş., Rogers, N.W. & Kelley, S.P. (2010). Causes and effects of geochemical variations in late Cenozoic volcanism of the Foça volcanic centre, NW Anatolia, Turkey. *International Geology Review*, 52, 579-607.
- Borsi, S., Ferrara, C., Innocenti, F. & Mazzuoli, R. (1972). Geochronology and petrology of recent volcanics of Eastern Aegean Sea. *Bulletin of Volcanology*, 36, 473-496.
- Brinkmann, R., Flügel, E., Jacopshagen, V., Lechnert, H., Rendel, B. & Trick, P. 1972. Trias, Jura und Unterkreide der Halbinsel Karaburun (West Anatolien). *Geology and Paleontology*, 6, 139-150.
- Çakmakoglu, A. ve Bilgin, Z. R. (2006). Karaburun Yarımadası'nın Neojen öncesi stratigrafisi. *Maden Tetkik ve Arama Dergisi*, 132, 33-62.
- Erdoğan, B., Altınar, D., Güngör, T. & Özer, S. 1990. The stratigraphy of Karaburun Peninsula. *Maden Tetkik ve Arama Dergisi*, 111, 1-23.
- Emre, Ö. ve Barka, A. 2000. Gediz grabeni-Ege Denizi arasının (İzmir yöresi) aktif fayları. *Batı Anadolu'nun Depremselliği Sempozyumu (BADSEM 2000), Bildiri Özleri Kitabı* (s.131-132).
- Emre, Ö., Özalp, S., Doğan, A., Özaksoy, V., Yıldırım, C., Göktaş, F. 2005. İzmir yakın çevresinin diri fayları ve deprem potansiyelleri (Rapor No: 10754). Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (yayınlanmamış).
- Ercan, T., Satır, M., Sevin, D. Ve Türkecan, A. (1996). Batı Anadolu'da Tersiyer ve Kuvaterner yaşlı volkanik kayalarda yeni yapılan radyometrik yaş ölçümlerinin yorumu. *Maden Tetkik ve Arama Dergisi* 119, 103-112.
- Filiz, Ş. ve Tarcan, G. (1990). Gülbahçe Körfezi (İzmir) güneyindeki alanın hidrojeolojik, jeokimyasal ve izotopsal incelenmesi. *Türkiye Petrol Jeologları Derneği Bülteni*, 2(1), 69-82.
- Göktaş, F. (2011). *Urla (İzmir) çöküntüsündeki Neojen tortullaşması ve volkanizmasının jeolojik etüdü* (Rapor no: 11568). Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (yayınlanmamış).
- Göktaş, F. (2014a). Karaburun Yarımadası kuzey kıyı kesiminin Neojen stratigrafisi. *Maden Tetkik ve Arama Dergisi* 148, 43-61.
- Göktaş, F. (2014b). Karaburun (İzmir) çevresinin Neojen stratigrafisi ve paleoğrafik evrimi. *Maden Tetkik ve Arama Dergisi* 149, 71-94.
- Göktaş, F. (2016). İzmir -Dış- Körfezi'ndeki adaların Neojen stratigrafisi. *Maden Tetkik ve Arama Dergisi*, 152, 1- 24.
- Göktaş, F. ve Çakmakoglu, A. (2017). *1:100.000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları Serisi, Urla-L17 Paftası*. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Yayınları, No: 259.
- Göktaş, F., Kaya, T. T., Tarhan, E. ve Mayda, S. (2023). Karaburun Yarımadası'nın Geç Miyosen Stratigrafisi, Yeni Memeli Bulguları ve Bölgesel Korelasyon, Batı Anadolu. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 66(1), 1-22. <https://doi.org/10.25288/tjb.1126743>
- Göktaş, F. ve Mayda, S. (2023). Mordoğan Bölgesinin Neojen Jeolojisi ve Stratigrafik Korelasyonu, Karaburun Yarımadası, Batı Anadolu. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 66(3), 351-380. <https://doi.org/10.25288/tjb.1316807>
- Gürer, Ö.F., Sarıca-Filoreau, N., Özbüran, M., Sangu, E. & Doğan, B. (2009). Progressive development of the Büyük Menderes Graben based on new data, western Turkey. *Geological Magazine*, 146(5), 652-673.
- Helvacı, C., Ersoy, Y., Sözbilir, H., Erkül, F., Sümer, Ö. & Uzel, B. 2009. Geochemistry and ⁴⁰Ar/³⁹Ar geochronology of Miocene volcanic rocks from the Karaburun Peninsula: Implications for

- amphibole- bearing lithospheric mantle source, Western Anatolia. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 185, 181-202.
- Hilgen, F., Lourens, L. J., Van Dam, J. A., with contributions by Beu, A. G., Boyes, A. F., Cooper, R. A., Kriegerman, W., Ogg, J. G., Piller, W. E. & Wilson, D. S. (2012). The Neogene Period. In Gradstein, F.M., Ogg, J.G., Schmitz, M. & Ogg, G. (Eds.), *The Geological Time Scale 2012*, (pp. 923-978). Elsevier Publications.
- Innocenti, F. & Mazzuoli, R. (1972). Petrology of the Izmir-Karaburun volcanic area (West Turkey). *Bulletin of Volcanology*, 36, 1-22.
- İşintek, İ. (2023). New Triassic finding in Andız Peninsula (İzmir, Western Turkey) and comparison of pre-Neogene sequences of Andız and Karaburun Peninsulas: Stratigraphic and tectonic implications. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 32, 510-518.
- Karacık, Z., Genç, Ş.C. & Gülmez, F. (2013). Petrochemical features of Miocene volcanism around the Çubukludağ graben and Karaburun peninsula, western Turkey: Implications for crustal melting related silicic volcanism. *Journal of Asian Earth Sciences* 73, 199-217.
- Karadaş, A. (2014). Bornova Ovası (İzmir) Holosen paleocoğrafyası ve kıyı çizgisi değişimleri. *Ege Coğrafya Dergisi*, 23(2), 37-52.
- Kaya, O. (1979). Orta Doğu Ege çöküntüsünün (Neojen) stratigrafisi ve tektoniği. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, 22(1), 35-58.
- Kaya, O. (1981). Miocene reference section from the coastal parts of West Anatolia. *Newsletter on Stratigraphy*, 10(3), 164-191.
- Kaya, T., Geraads, D. & Tuna, V. (2003). A new Middle Miocene fauna from Mordoğan (Western Turkey). *Paläontologische Zeitschrift* 77(2), 293-302.
- Kaya, T., Geraads, D. & Tuna, V.A. (2005). New late Miocene mammalian fauna in the Karaburun Peninsula (Western Turkey). *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie Abhandlungen* 236(3), 321-349.
- Konuk, Y.T. (1977). Bornova flişinin yaşı hakkında. *Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Dergisi, Seri B, I-1*, 65-74.
- Le Bas, M.J., Le Maitre, R.W., Streckeisen, A. & Zanettin, B. (1986). A chemical classification of volcanic rocks based on total alkali-silica diagram. *Journal of Petrology*, 27, 745-750.
- Öngür, T. (1972). *İzmir-Urla jeotermal sahasına ilişkin jeolojik rapor* (Rapor no: 4835) Maden Tetkik ve Arama Genel Direktörlüğü (Yayımlanmamış).
- Sümer, Ö. (2007). *Güzelbahçe (İzmir) çevresinin alüvyonal sedimantolojisi ve aktif tektoniği*. [Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi]. Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Sümer, Ö., Akbulut, M. & İnaner, H. (2020). New geosite candidates from Urla (İzmir, Western Anatolia, Turkey): a list of geological assets nested with antique and modern cultural heritage. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 29, 1017-1032.
- Şengöçmen, B.G., Sözbilir, H., Özkaymak, Ç., Softa, M., Spencer, J. Q. G., Şahiner, E., Meriç, N. & Deliormanlı, A. H. (2022). Evidence of surface rupture associated with historical earthquakes on the Gülbahçe Fault Zone (İzmir, Türkiye) and its application for determination of the surface fault-rupture hazard zone. *Natural Hazards*, 114, 2189-2218.
- Türkecan, A., Ercan, T. ve Sevin, D. (1998). *Karaburun Yarımadası'nın Neojen volkanizması* (Rapor no: 10185). Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (Yayımlanmamış).
- Uzelli, T., Baba, A., Mungan, G. G., Dirik, R. K. & Sözbilir, H. (2017). Conceptual model of the Gülbahçe geothermal system, Western Anatolia, Turkey: Based on structural and hydrogeochemical data. *Geothermics*, 68, 67-85.
- Whitaker, J.H. (1973). 'Gutter casts', a new name for scour-and-fill structures: with examples from the Llandoveryan of Ringerike and Malmoya, southern Norway. *Norsk Geologisk Tidsskrift*, 53, 403-417.
- Yılmaz, Y. (2000). Ege bölgesinin aktif tektoniği. *Batı Anadolu'nun depremselliği Sempozyumu (BADSEM-2000), Bildiri Özleri Kitabı*, (s.3-14).
- Yılmaz, Y., Genç, Ş. C., Gürer, Ö. F., Bozcu, M., Yılmaz, K., Karacık, Z., Altunkaynak, S. & Elmas, A. (2000). When did the western Anatolian grabens begin to develop? In: Bozkurt, E., Winchester, J. A., & Piper, J. D. A. (Eds.) *Tectonics and Magmatism in Turkey and the Surrounding Area. Geological Society of London, Special Publication* 173, 353-384.
- Yücel, Y. & Gürer, Ö. F. (2023). Tectonic development of western Anatolian extensional province. *International Geology Review*, 66(3), 755-785, <https://doi.org/10.1080/00206814.2023.2209865>



Doğu Karadeniz'in Karstik Oluşumları: Karaca (Torul, Gümüşhane) ve Çal (Düzköy, Trabzon) Mağaralarının Jeoturizm Potansiyeli
Karstic Formations of the Eastern Black Sea: Geotourism Potential of Karaca (Torul, Gümüşhane) and Çal (Düzköy, Trabzon) Caves

Fatih Köroğlu^{1,2,*}

¹ *Ankara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Gölbaşı, 06100, Ankara, Türkiye*
² *Tekfen Mühendislik, Tekfen Kule No: 209/1, 34394, Şişli/İstanbul, Türkiye*

• Geliş/Received: 09.11.2023 • Düzeltilmiş Metin Geliş/Revised Manuscript Received: 28.12.2023 • Kabul/Accepted: 18.01.2024
• Çevrimiçi Yayın/Available online: 04.04.2024 • Baskı/Printed: 30.04.2024

Araştırma Makalesi/Research Article

Türkiye Jeol. Bül. / Geol. Bull. Turkey

Öz: Türkiye’de jeolojik miras kaynak değerlerini de içeren sedimanter kayaç grupları, ilk önce paleontolojisi devamında sedimantolojisi olmak üzere dünya çapında önemli yayınlara ev sahipliği yapmıştır. Sedimantolojik birimlerin Türkiye jeoloji haritasındaki yayılımı, paleotektonik geçmişine paralel olarak çok çeşitlidir. Başta karbonatlı kayaç grupları olmak üzere karstlaşmaya uygun kayaçlar, Türkiye’de önemli bir yayılıma sahiptir. Bu kayaçlar, iklim kuşağı ve tektoniğin etkileriyle birlikte yeryüzü ölçeğinde karstik mağara ve düdenlerin oluşmasına neden olmuştur. Bu karstik yapılar, doğal kaynak değeri olarak turizmde cazibe merkezlerini de oluşturmuştur. Günümüzde jeoturizm hem jeolojik ve jeomorfolojik hem de turistik değerleri birleştiren bir kavramdır. 2020-2023 yılları arasındaki 4 yıllık süre içindeki toplam ziyaretçi sayıları, Karaca Mağarası’na 355.923 kişi ve Çal Mağarası’na da 514.947 kişi olarak gerçekleşmiştir. Ekonomik gelişimi sınırlı olan bölgelerdeki jeolojik ve jeomorfolojik kaynak değerlerine örnek olan Karaca ve Çal mağaralarının turizm faaliyetlerinde kullanılma girişimleri, bu karstik yapıların Karadeniz Bölgesi’nin Doğu Karadeniz Bölümü içindeki turizm potansiyeline olan katkısı ile ölçülebilmektedir. Bu çalışma, sedimanter kökenli kayaçların (çözünbilir kayaçlar) hem ekonomik hem de yer bilimsel özelliklerinin yanında, jeoturizm kaynak değeri olarak bölgeselden-küresele sürdürülebilir bir etkiye sahip olduğunu göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Çal Mağarası, Doğu Karadeniz, jeoturizm, Karaca Mağarası, karstik.

Abstract: The sedimentary rock groups in Türkiye, which comprise valuable geological heritage, have been the focus of important publications worldwide, first in palaeontology and then in sedimentology. The distribution of sedimentological units on the geological map of Türkiye is very diverse and corresponds to the palaeotectonic history of the region. The rocks suitable for karstification, mainly carbonate rock groups, have a significant volume in Türkiye. This volume, together with the effects of the climate zone and tectonics, has led to the formation of karstic caves and sinkholes on a large scale. These karstic structures have created natural resources that attract tourists. Today, geotourism is a concept that combines both geological and touristic assets. The total number of visitors in the 4-year period between 2020 and 2023 was 355,923 in Karaca Cave and 514,947 in Çal Cave. As examples of geological resource assets in regions with limited economic development, attempts to evaluate Karaca and Çal caves in terms of tourism can be measured as the important contribution of karst structures to tourism potential in the Eastern Black Sea region. This study showed that rocks of sedimentary origin have a regional, global, and sustainable impact in the context of geotourism and play a role both in geological terms and as tourist attractions.

Keywords: Çal Cave, Eastern Black Sea, geotourism, Karaca Cave, karstic.

GİRİŞ

Turizmin ortaya çıkış sebepleri; sağlık, dini ve sosyal sebepler, dinlenme-eğlenme, merak-macera, spor, araştırma, kültür, eğitim-öğrenme, iklim, kazanç, iş ve doğa sevgisi vb. için yapılan seyahatler olarak sıralanmaktadır (Bayer, 1992). Toplumu oluşturan bireylerin turizme olan ihtiyaç ve anlayışı; başlıca sosyo-ekonomik, kültürel ve siyasal etkilere bağlı olarak yıllar içerisinde çok yönlü dönüşümlere uğramıştır. Turistler, klasik anlamda; “Güneş-Kum-Deniz” kavramını uzun yıllar boyunca tercih ederken 2000’li yıllardan sonraki tercihler “Heyecan-Eğlence-Eğitim” kavramına doğru yönelmiştir (McCool ve Moisey, 2008; Kandemir ve Köroğlu, 2017; Khakzad, 2018; Mestanza-Ramón vd., 2020). Bu farklı yönelimler sayesinde, “Güneş-Kum-Deniz” yerine “Heyecan-Eğlence-Eğitim” kavramına geçiş ile alternatif kaynaklar üzerinde yeni turizm ihtiyaçlarının doğmasına da sebep olmuştur (Dowling, 2013; Kandemir ve Köroğlu, 2017; Köroğlu ve Kandemir, 2019a).

Yıllar içinde gelen değişim ve dönüşümler ‘alternatif turizm’ kavramını üretmiş ve dünyanın farklı yerlerinde çeşitli formlarda görünmesini sağlamıştır (Pearce, 1994). Turizm hizmeti; kişiler ve onların ihtiyaçlarının karşılanması üzerine kurulmasından dolayı, pazar payının değişimi ya kişilerin sayısal değişimine ya da ihtiyaçların dönüşümü ile sağlanmaktadır. Turizm sektörü, ürün çeşitliliği sunmak adına “alternatif turizm” kavramını doğrudan hizmet alanı olmayan kaynak değerler üzerinde çok yönlü bir açılıma da zorlamıştır. Böylece, “alternatif turizm” kavramı, daralan turizm sektörü için ürün çeşitliliği sunmak adına küresel anlamda; yenilenebilir, rekabetçi, bölgesel, eşsiz ve ticari ürünler geliştirilmesine ve bu özelliklerin sürdürülebilirliği içinde strateji gereksiniminden doğmuştur (Hose, 2005; Newsome ve Dowling, 2010; Şahin, 2012; Dowling, 2013; Kandemir ve Köroğlu, 2017; Köroğlu ve Kandemir, 2019a).

Bu çalışmada; jeolojik miras değeri olan mağaraların bilimsel yönlerinin dışında, ülkenin gelişimine katkı koyacak değerdeki jeoturizm potansiyeli araştırılmıştır. Burada, Karaca Mağarası (Torul, Gümüşhane) ve Çal Mağarası (Düzköy, Trabzon) özelindeki karstik oluşumların bölgesel jeolojik özelliklerinin yanında, her iki mağaranın da jeoturizm kapasitesi bütünleşik olarak ortaya çıkarılmıştır.

Jeoturizm: Kavramsal Yaklaşım

Jeoturizm: Jeolojik cazibe merkezleri ve destinasyonlarını çevreleyen turizm şekli olarak tanımlanır (Dowling ve Newsome, 2005; Dowling, 2013). Jeoturizm, benzer şekilde jeoloji ve tabiat ile iç içe yapılan hizmet tesisi gerektirmeyen turizm faaliyetleri olarak da değerlendirilebilir. Ayrıca jeoturizm; turizmin ve jeolojik çeşitliliğin korunmasını, yerbilimlerinin öğrenme ve değerlendirme yoluyla da anlaşılmasını teşvik eder (Newsome ve Dowling, 2010; Dowling, 2013). 2000’li yıllardan sonra jeoturizm, jeolojik kaynak değerlerinin korunması ve dünyanın tarihsel süreçlerinin sürdürülebilir turizm faaliyetleri için jeolojik parklar (jeopark) içinde uygulanan “alternatif turizm” kavramına karşılık gelir. Dünya üzerinde jeolojik miras alanları içindeki tüm değerler (doğal, kültürel ve tarihi) koruma stratejileri sayesinde, doğal ortama uygun düzenlemeler ve jeolojik koruma çalışmaları ile “alternatif turizm” kavramıyla jeoturizm yapılmasına uygun hale getirilebilir (Yılmaz, 2013; Kandemir ve Köroğlu, 2017; Köroğlu ve Kandemir, 2019a; Özer ve Mülâyim, 2022; Köroğlu ve Mülâyim, 2023).

Türkiye hem tarihsel-kültürel hem de yer bilimsel kaynak değerler açısından dünya ölçeğinde değerlendirildiğinde, çok yönlü zengin miras alanlarına sahiptir (URL 1; URL 2; Kazancı vd., 2015; Kuzucuoğlu vd., 2019; Köroğlu ve Mülâyim, 2023). Bu miras alanlarının zenginliği ve sahip olduğu potansiyeli açısından dünyadaki

diğer bölgelerden daha üstündür (Kazancı vd., 2015; Kazancı ve Kuzucuoğlu, 2019; İnaner vd., 2019; Köroğlu ve Mülâyim, 2023).

Avrupa'da 19. yüzyılın ortalarında temelleri atılan ve yüzyılın sonuna doğru görünürlüğü artan; 'Jeolojik Çeşitlilik', 'Jeolojik Miras', 'Jeolojik Koruma' ve 'Jeopark' kavramları ortaya çıkmıştır (URL 3; Theodossiou-Drandaki vd., 2004; Errami vd., 2009; Kazancı, 2010; Ruban, 2010; Henriques vd., 2011; Wimbledon ve Smith-Meyers, 2012; Brilha, 2016, 2018; Reynard ve Brilha, 2018; Escorihuela, 2018; Herrera-Franco vd., 2022; Köroğlu ve Mülâyim, 2023). Bu kavramların yanında "Jeoturizm" başlığı altında tarif edilen ve gittikçe yaygınlaşan "alternatif turizm" etkinliğinin tetikleyicisi de olmuştur (Hose, 1996; Dowling ve Newsome, 2005; Dowling, 2010; Hose, 2012; Ruban, 2018; Ateş ve Ateş, 2019; Uncu ve Karakoca, 2019; Gürer vd., 2019; Köroğlu ve Kandemir, 2019a; Özpay, 2020; Cengiz vd., 2021; Ertekin vd., 2021; Karadeniz vd., 2022; Gül ve Özkul, 2023; Köroğlu ve Mülâyim, 2023).

Turistlerin talep ve ihtiyaçları sayesinde küresel turizm sektörü; siyasal, sosyo-ekonomik, kültürel ve teknolojik gelişmelere paralel olarak sürekli yenilenmeye muhtaçtır. Ülkemizde Kültür ve Turizm Bakanlığı tarafından turizm ile ilgili sektörlerin mevcut durumu ve gelecek dönemdeki strateji ve politikalarının yol haritasını belirlemek için "Turizm Şûrası" adı altında toplantılar düzenlenmektedir (URL 4). Türkiye'de toplamda üç adet olmak üzere; 1. Turizm Şûrası; 20-22 Ekim 1998, 2. Turizm Şûrası; 12-14 Nisan 2002 ve 3. Turizm Şûrası, 01-03 Kasım 2017 tarihlerinde Ankara'da toplanmıştır. 2017 yılındaki 3. Turizm Şûrası kapsamında 13 farklı; "(1) Turizm Politikaları, (2) Turizmde Örgütlenme ve Destinasyon Yönetimi, (3) Turizmde Ürün Çeşitliliği ve Sürdürülebilirlik, (4) Çevre-Planlama-Altyapı, (5) Yatırım-Tesvik-Finansman, (6) Konaklama Sektörü, (7) Seyahat Acentacılığı ve Ulaşım, (8) Tanıtma ve

Pazarlama, (9) Dijital Turizm ve İnovasyon, (10) Turizm Eğitimi, İstihdamı ve Turist Rehberliği, (11) Yerel Yönetimler ve Turizm, (12) İç Turizm ve (13) Gastronomi Turizmi" ihtisas komisyonları oluşturulmuştur (URL 4).

3. Turizm Şûrasında (2017) kurulan "(3) Turizmde Ürün Çeşitliliği ve Sürdürülebilirlik Komisyonu" turizm çeşitlendirilmesi ve sürdürülebilirlik başlığında; "Deniz, Doğa-Kırsal, Kamp-Karavan, Kültür-Arkeoloji, Spor, Düğün, Etkinlik, Film, Helal, Erişilebilir, Kruvaziyer, Lüks, Sağlık ve Tren" turizm türlerini/ürünlerini önermiştir (URL 5). Bu önerilerin birçoğu jeoturizm temasına uygun olduğu ve jeolojik miras alanlarında gerçekleşmesi ve geliştirilmesi muhtemel olanlar sırasıyla: "Doğa-Kırsal", "Kamp-Karavan", "Kültür-Arkeoloji" ve "Spor" turizmi olarak değerlendirilmiştir (URL 5). Öter ve Hazarhun (2023) tarafından yapılan "Turizm Ürünleri ve Alternatif Turizm" başlıklı çalışmada; "(1) Türkiye'nin turistik ürün politikalarının genellikle yıllardır merkezi organlar tarafından hazırlandığı ve bu geleneğin sona erdirilmesi gerektiği anlaşılmaktadır. (2) Zira, bir üst organın belli uzmanların görüşüne başvurarak planladığı ürünlerin yerel ve işletmesel boyutta hayata geçirilmesi pek çok zaman mümkün olmamıştır. (3) Türkiye'nin farklı bölge ve beldelerinde farklı turistik ürün/ler veya ürün grupları piyasaya sunulmalıdır. (4) Türkiye için doğru turistik ürünler sudaki halkalar gibi birbirini besleyen yapıda olmalıdır." bu dört madde ile "Turizm Ürünleri ve Alternatif Turizm" için önemli eleştiri ve öneriler sıralanmıştır. Turizm çeşitlendirme ve planlamasında; "halkın turisti ve turizm gelişimini" memnuniyetle karşıladığı unutulmadan hem kamu (merkezi ve yerel) hem özel kuruluşlar (sivil toplum örgütleri ve meslek odaları) hem üniversiteler hem de alansal uzmanlar ve özel sektör profesyonellerinin katkısı ile turizm geliştirme hedeflerinin belirlenmesi, sürdürülebilir turizm konusunun daha doğru yönetilmesini sağlayacaktır (Kazancı vd., 2015; Kandemir ve Köroğlu, 2017; Köroğlu ve Kandemir, 2019a; Unur ve Şeker, 2023; Köroğlu ve Mülâyim, 2023).

Karst Jeoturizmi

Zaman içinde karst ve karstlaşma kavramları oldukça yaygın bilinen, bilimsel ve estetik açıdan da ilgi çekici bir konu olmuştur (Ginés vd., 2009; Gili, 2015; Veress, 2016; Veress vd., 2018; Ruban, 2018). Genel olarak karst ve karstlaşma kavramları; tüm kayalarda (bazen magmatik ve metamorfik dahil) görülmesine karşın orijinal olarak sedimanter grup (çözünabilir kayalar) içindeki kireçtaşı (CaCO_3), dolomit (Ca(Mg)CO_3), bikarbonatlı (HCO_3) ve evaporitik kayaların [Anhidrit (CaSO_4), Jips ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), Sölestin (SrSO_4), Barit (BaSO_4), Halit (NaCl), Silvin (KCl)] su tarafından çözünmesi olayını tanımlar (Jones ve White, 2019). Karstlaşma; (1) yüzeysel “*epi-karst*” (obruklar ve dolinler vb.), (2) yeraltında “*endo-karst*” (mağaralar vb.) olmak üzere iki tipte incelenir (Ford ve Williams, 2007). Karstlaşma sonucunda mağara çökeli (*speleothem*) denilen hem karstlaşan hem de dışardan gelen malzemeler ile sarkıt-dikit ve bunların birleşimlerinden oluşan olağandışı jeolojik oluşumlar vardır (White, 2019). Karst alanları (mağaralar, düdenler vb.), 140 tane küresel jeoparkın yaklaşık 52 tanesinin (%37’lik kısmı) içinde karstik yapılar ve/veya tüm karstik peyzaj olarak; jeoturizm, ekoturizm ve mağara turizmi açısından çok sayıda ziyaretçinin ilgisini çekmekte ve çok değerli bir jeopark kaynak değeri olarak görülmektedir (Ruban, 2018).

Karstik alanlar jeolojik ve jeomorfolojik mirasın önemli öğeleridir ve turizm açısından jeomorfolojik yapıları ana tema olarak görülmekte, doğal peyzajı oluşturmakta ve turistlerin yoğun bir ilgisini de çekmektedir (Newsome ve Dowling, 2018). Ayrıca karstik yer şekilleri doğa temelli turizm temasının en önemli çekim yönlerinden birini de oluşturur (Khalaf, 2022). Karstik alanlar bulundukları doğal çevreden dolayı yüksek derecede; bilimsel, etnik, ekolojik (biyoçeşitlilik) ve estetik standartlara göre değerlendirilir (Panizza, 2001; Zglobicki ve Baran-Zglobicka, 2013; Ruban, 2018; Tomić vd., 2019; Sena vd., 2021; Khalaf, 2022). Karstlaşmadan etkilenen

alanlar; koruma-kullanma, turizmin geliştirilmesi ve bilimsel araştırmalar açısından çok yüksek bir değere de sahiptir (Van Beynen, 2011; Delle Rose vd., 2014; Ruban, 2018; Köroğlu ve Kandemir, 2019a; Köroğlu ve Mülayim, 2023). UNESCO Dünya Mirası Alanları listesi içinde karstik bölgelerin de tescil edilmiş olması, bu durumu destekleyen ve kayıt altına alan bir gelişmedir (Williams, 2008; URL 6).

Mağaralar ve karstik alanlar özel ortamlar kategorisine girmekte ve yeryüzünün jeoçeşitliliği olarak adlandırılan olgunun önemli bir bileşenidir (Gray, 2004; Nazik, 2008). Yeraltı biyoçeşitliliği veya mağara ekosistemleri hassas ortamlar olarak bilinmektedir. Bu ortamdaki canlılar: “Troglksenler” (kısmi süreli yaşayanlar), “Troglfiller” (bağımsız sakinler) ve “Troglbitler” (sürekli mağara sakinleri) olmak üzere üç grup altında toplanır; başta yarasa, balık, çekirge, örümcek, sucul canlılar ve bazı mikroorganizmaları temel alan hem bilimsel hem de korumaya yönelik çalışmalar ile değerlendirilirler (Díaz, 2010). Mağara çökelleri, fosil ve arkeolojik kalıntıların benzersiz özellikleri ile yüksek ekonomik değere sahip ilginç bir turizm kaynağı haline de gelmiştir (Bruno vd., 2014; Tomić vd., 2019). Tarihsel süreçte mağaralar, muhtemelen doğa temelli turizm faaliyetlerinin en eski biçimlerinden birisini temsil etmektedir (Anderson, 2010). İlavenen, mağara turizmi bir bölgenin yerel ekonomisini iyileştirmek için önemli bir kaynak değer olarak da görülmektedir (Cigna ve Burri, 2000; Kandemir ve Köroğlu, 2017; Köroğlu ve Kandemir, 2019a).

Doğu Karadeniz’in Jeoturizm Potansiyeli

Karadeniz Bölgesi’nin doğu-kuzeydoğusunda yer alan Doğu Karadeniz Bölümü; jeoloji, tarih, kültür ve doğa başlıklarında Türkiye’deki en fazla katmana sahip olan alanların başında gelir (Okay ve Şahintürk, 1997; Zaman, 2010, 2012; Zaman vd., 2011; Kandemir ve Köroğlu, 2017; Altınay-Özdemir ve Kızıllırmak, 2019; Köroğlu

ve Kandemir, 2019a). Doğu Karadeniz Bölümü, kuzey-güney ve doğu-batı yönlerde uzanan dikdörtgen şekilli 120.000 km²'lik bir alanda hem görsel hem de yer bilimsel açıdan çok zengin kaynak değerlere sahiptir (Özsayar vd., 1981; Okay ve Şahintürk, 1997; Zaman, 2010, 2012; Zaman vd., 2011; Sarı vd., 2014; Nikishin 2015a, b; Hippolyte vd., 2015; İlhan vd., 2017; Dokuz vd., 2019; Kandemir ve Köroğlu, 2017; Köroğlu ve Kandemir, 2019a, b; Consorti ve Köroğlu, 2019; Aydın vd., 2020; Köroğlu ve Mülâyim, 2023).

İki farklı kategorisi olan jeolojik miras kavramı için Doğu Karadeniz Bölümü'nde görsel etkisi düşük-yüksek, bilimsel değeri de düşük-yüksek olan değişik kombinasyonlara sahip kaynak değerlerin jeoturizm potansiyelinden tam olarak yararlanılamamaktadır (Zaman vd., 2011; Koçan, 2012; İlhan vd., 2017; Kandemir ve Köroğlu, 2017; Köroğlu ve Kandemir, 2019a; Köroğlu ve Mülâyim, 2023). Doğu Karadeniz Bölümü, iller bazında görsel değeri yüksek olan jeolojik temelli (coğrafik veya jeomorfolojik) oluşumlar; Uzungöl (Trabzon), Sera Gölü (Trabzon), Çal Mağarası (Trabzon), Karagöl (Artvin), Cehennemdere Kanyonu (Artvin), Fırtına Vadisi (Rize), Kaçkar Dağları (Rize), Buzul Gölleri (Rize), Kuzalan Şelalesi (Giresun), Mavi Göl (Giresun), Giresun Adası (Giresun), Ulugöl (Ordu), Küpkaya Kanyonu (Ordu), Perşembe Yaylası (Ordu), Limni Gölü (Gümüşhane), Karaca Mağarası (Gümüşhane) ve Tomara Şelalesi (Gümüşhane) vb. örnekleri üzerinden jeoturizm faaliyetleri yapılmaktadır. Bu alanlardaki faaliyetlerle bölgedeki turizm pastasından da önemli bir pay alınmasına karşın çalışmaların organize, bilinçli ve sürdürülebilir olmadığı da gözlenmiştir. Jeoturizm için gerekli olan bilimsel altyapı ve koruma stratejilerinin eksikliği, "Heyecan-Eğlence-Eğitim" kavramından sadece "Heyecan" ve "Eğlence" başlıklarında yoğunlaşılmasına sebep olmaktadır (Kandemir ve Köroğlu, 2017; Köroğlu ve Kandemir, 2019a; Köroğlu ve Mülâyim, 2023). Doğu Karadeniz Bölümü'nde ortalama turist sayısı hem ulaşım hem de konaklama sektörlerinin

büyüme verilerine göre sürekli artış göstermesine karşın bu artışın jeoturizmin en önemli amacı olan yerel halka ve sürdürülebilirlik konularına katkıları çok sınırlı kalmıştır (Kandemir ve Köroğlu, 2017; Köroğlu ve Kandemir, 2019a).

MATERYAL ve YÖNTEM

Bu çalışmadaki materyal; Üst Jura-Alt Kretase yaşlı Berdiga Formasyonu (Pelin, 1977; Koch vd., 2008; Kırmacı vd., 2018; Özyurt vd., 2020) ile Tonya Formasyonu'nun Maastrichtiyen-Tanesiyen yaşlı Şahinkaya Üyesi'nin (Korkmaz, 1993; İnan vd., 1999; Köroğlu ve Kandemir, 2019b; Consorti ve Köroğlu, 2019; Consorti vd., 2020) neritik (sığ) ve yarı pelajik (orta derin) kireçtaşı tabakalarında gelişen karstik mağara sistemleri ve onların jeoturizm potansiyeli olarak seçilmiştir.

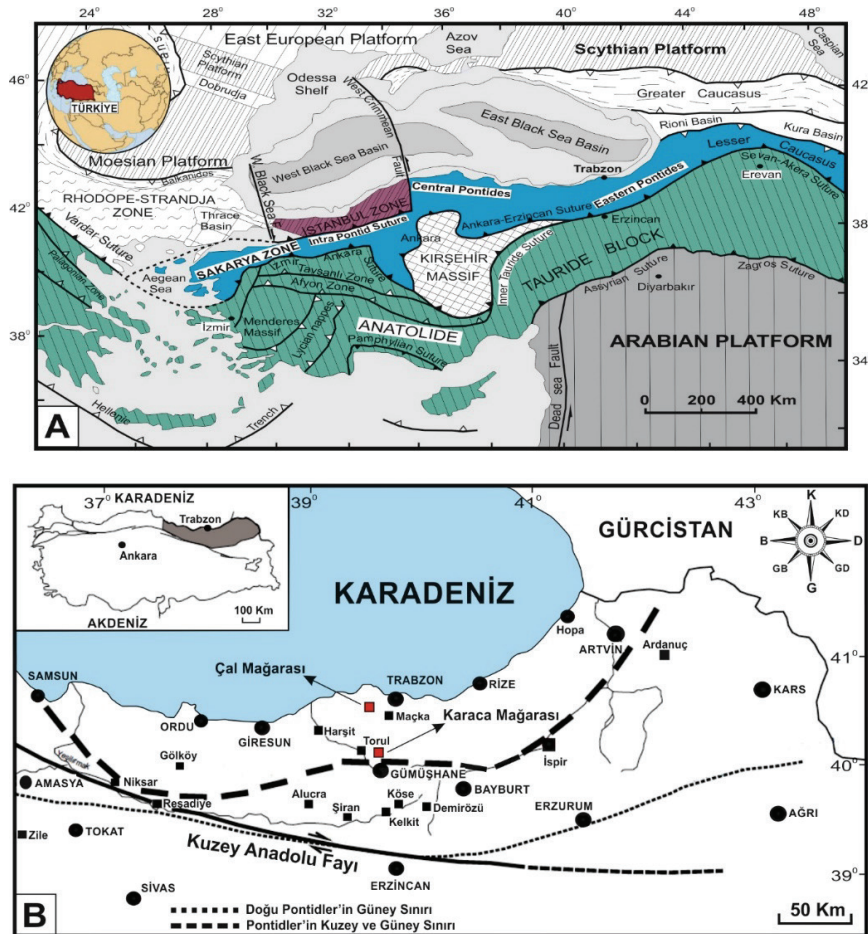
Yöntem olarak jeolojik kaynak değerlerinin jeoturizm konsepti içerisindeki sürdürülebilirlik perspektifi ile Doğu Karadeniz Bölümü'ndeki Karaca ve Çal karstik (doğal) mağaralarının hem bölgesel hem de küresel jeoturizm potansiyeli kullanılmıştır (Uzun, 1991; Zaman vd., 2011; Şeren vd., 2012; Koçan, 2012; Türk vd., 2013; Kandemir ve Köroğlu, 2017; Köroğlu ve Kandemir, 2019a). Her iki mağara için farklı dönemlerde yapılan arazi çalışmalarında veriler toplanmıştır. Karaca ve Çal mağaraları üzerine yapılan tüm bilimsel çalışmalar hem materyal ve yöntem hem de teorik çerçevenin oluşturulmasında kullanılmıştır.

BÖLGESEL JEOLojİ ve KARST

Türkiye: Paleozoyik ile Holosen arasında yaşlar verilen kayaç birlikteliklerinden oluşan, yitim zonlarını işaret eden okyanusal kabukları gösteren ofiyolitik süturlar ile ayrılmış farklı tektonik hatları içeren; sedimanter, magmatik ve metamorfik birimlerden oluşmaktadır (Şengör ve Yılmaz, 1981; Okay ve Şahintürk, 1997; Okay ve Tüysüz, 1999; Okay vd., 2001; Van Hinsbergen vd., 2020; Şengör vd., 2023). Doğu Sakarya Zonu (Doğu Pontidler), KD Türkiye'de Sakarya Zonu'nun bir bölümündeki doğu-batı yönünde

uzanımı olan Alp-Himalaya orojenik kuşağının içindeki dikdörtgen şeklinde (en: 200 km, boy: 600 km) bir alanı kapsamaktadır (Özsayar vd., 1981; Okay vd., 1994; Okay ve Şahintürk, 1997). Alp-Himalaya orojenik sisteminin gelişim safhalarında, Paleozoyik-Mezozoyik-Senozoyik yaşlı; magmatik, metamorfik ve sedimanter kayalar Doğu Sakarya Zonu (Doğu Pontidler) içinde tektono-magmatik ve tektono-sedimanter birimleri oluşturmuştur (Özsayar vd., 1981; Okay vd., 1994; Bektaş vd., 1995; Okay ve Şahintürk, 1997; Arslan ve Aslan, 2006; Karlı vd., 2010;

Dokuz vd., 2019; Aydın vd., 2020) (Şekil 1a ve 1b). Doğu Sakarya Zonu (Doğu Pontidler), kuzey ve güney bölgelerindeki baskın litolojik farklılıklara göre iki zona ayrılmıştır (Özsayar vd., 1981; Okay ve Şahintürk, 1997). “Kuzey Zon” magmatik (Gedikoğlu vd., 1979; Karlı vd., 2010; Aydın vd., 2014; Yücel vd., 2017; Dokuz vd., 2019; Kandemir vd., 2019), “Güney Zon” ise karbonat ve kırıntılı sedimanter birimlerden oluşur (Taşı, 1990; Yılmaz, 2002; Yılmaz vd., 2008; Koch vd., 2008; Eker ve Korkmaz, 2011; Özyurt vd., 2020; Atasoy vd., 2022).



Şekil 1. Çalışma alanlarının jeolojik konumu. **a)** Türkiye ve çevresinin tektonik birimler haritası (Okay ve Tüysüz, 1999’dan değiştirilerek); **b)** Kuzey ve Güney Zon ayrımının bölgesel konumu (Özsayar vd., 1981’den değiştirilerek).

Figure 1. Geological location of the study areas. **a)** Tectonic units map of Türkiye and its surroundings (modified from Okay and Tüysüz, 1999); **b)** Regional location of the North and South Zone division (modified from Özsayar et al., 1981).

Jovan Cvijić (1865-1927) tarafından “karst” terimi, ilk olarak Adriyatik kıyısı boyunca ve Trieste'nin (İtalya) doğusundaki geniş alanlarda gözlenen yüzey ve derindeki şekilleri tanımlamak için kullanılmıştır (Erinç, 2001; Ford, 2007). Karst, geçmişi Hint-Avrupa öncesi dönemlere kadar uzanan İtalyanca “*Carso*” kelimesinden türetilmiştir (Ford ve Williams, 2007). Karstlaşma; yeraltı suyunun kireçtaşı, jips, dolomit ve mermer gibi çözünebilir karbonatlı kayalar üzerindeki çözünme etkisiyle gelişen dolinler, mağaralar ve yeraltı suyu sistemlerini içeren yeraltı ve yeryüzü şekillerini tanımlamak içinde kullanılan coğrafik veya jeomorfolojik bir terimdir (Ford ve Williams, 2007; Chalikakis vd., 2011; De Waele, 2017; Varnavina vd., 2019; Hussain vd., 2020). Karstik alanlar yüksek kaya çözünürlüğü ve ikincil iyi gelişmiş gözenekliliğin bir kombinasyonunu içeren belirli hidrolojik koşullara ve yer şekillerine sahip alanlar olarak tanımlanmaktadır (Goldscheider ve Drew, 2007; Ford ve Williams, 2007; Öztürk, 2018; De Waele ve Gutierrez, 2022). Dünya yüzeyindeki sedimanter birimlerin ~%15'i karstlaşmıştır (Goldscheider vd., 2020) ve tatlı suyun ~%9'unu karstik alanlardaki bu akiferlerin sağladığı tahmin edilmektedir (Stevanovic, 2019).

Türkiye'nin toplam yüz ölçümünün ~%40'ını kaplayan karstik alanlar; Toros Dağları, Trakya ve Karadeniz Dağları, Batı Anadolu, Orta Anadolu, Doğu Anadolu ve Güneydoğu Anadolu olmak üzere 6 bölgede bulunmaktadır (Nazik vd., 2019; Yamaç vd., 2021a, b). Aynı zamanda Türkiye'nin 783.562 km² yüz ölçümünün ~%40'lık bölümü; kireçtaşı, dolomit ve jips gibi karstlaşmaya uygun kayalardan oluşmaktadır (Nazik vd., 2019; Yamaç vd., 2021b). Hacimsel olarak ~300.000 km² alan içindeki karstlaşmaya uygun bölgelerde binlerce mağara olduğu da tahmin edilmektedir (Nazik vd., 2019; Yamaç vd., 2021b).

Doğu Karadeniz Bölümü'ndeki karstik alanlar, genellikle Üst Jura-Alt Kretase ve Üst Kretase-Paleojen yaşlı kireçtaşlarında gözlenmektedir (Uzun, 1991; Dilek vd., 1992; Ofluoğlu, 1993;

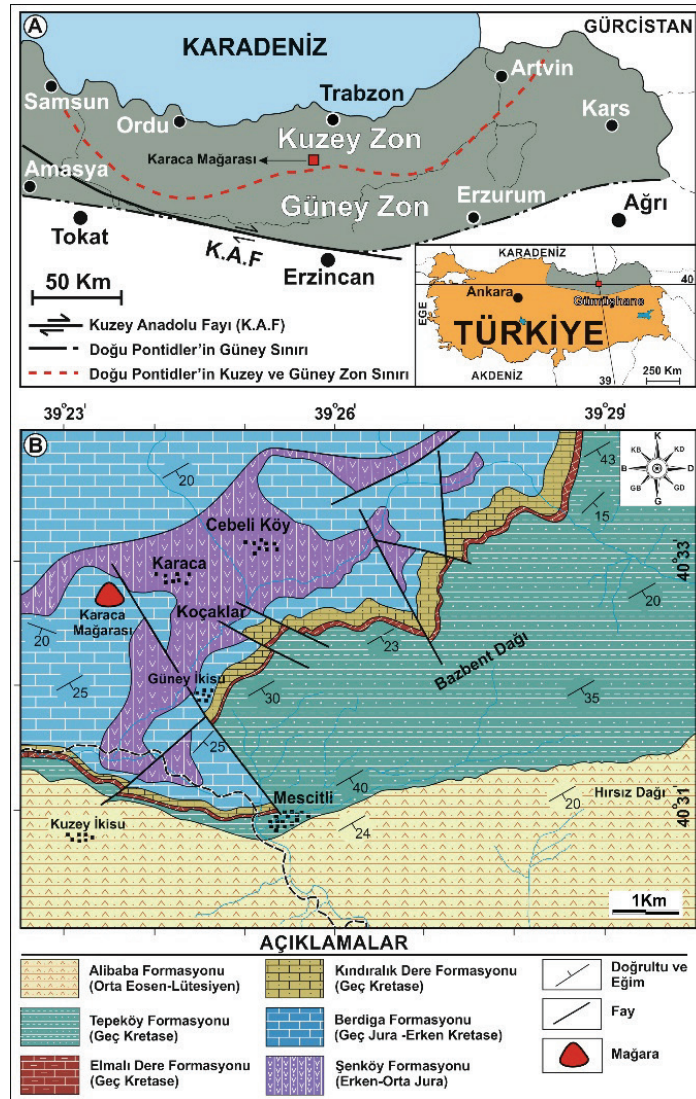
Zaman vd., 2011; Şeren vd., 2012; Törk vd., 2013; Nazik ve Poyraz, 2017; Köroğlu, 2018; Nazik ve Bayarı, 2018; Kandemir ve Köroğlu, 2017; Köroğlu ve Kandemir, 2019a; Özyurt vd., 2020). Akarsular tarafından yarıma, iklimsel etkiler, Mesozoyik-Senozoyik volkanizması, tektonik blok hareketleri ve deniz seviyesindeki değişimler, bu karstik alanların jeomorfolojik gelişiminde önemli bir rol oynamıştır (Van ve Boynukalın, 1991; Dilek vd., 1992; Ofluoğlu, 1993; Nazik ve Poyraz, 2015, 2017; Kandemir ve Köroğlu, 2017; Köroğlu, 2018; Kandemir ve Köroğlu, 2019a). Doğu Karadeniz Bölümündeki karstik alanlar, çözünmeye uygun kayaların sınırlı alanlarda yüzeylenmesi nedeniyle bölge genelinde mağara gelişimi oldukça sınırlı kalmıştır (Özsayar vd., 1981, 1982; Korkmaz, 1993; Hippolyte vd., 2015; Kandemir ve Köroğlu, 2017; Köroğlu, 2018; Nazik ve Bayarı, 2018; Köroğlu ve Kandemir, 2019a; Özyurt vd., 2020). Bu mağaralardan bazıları; Karaca (Torul-Gümüşhane), Çal (Düzköy-Trabzon), Çımağıl (Merkez-Bayburt), Yazkonağı (Ünye-Ordu) ve Kuzalan (Dereli-Giresun) olarak verilebilir (Ofluoğlu, 1993; Ersoy vd., 2006; Çevik vd., 2011; Zaman vd., 2011; Koçan, 2012; Şeren vd., 2012; Törk vd., 2013; Uzun, 2015; Kandemir ve Köroğlu, 2017; Nazik ve Bayarı, 2018; Köroğlu ve Kandemir, 2019a).

Karaca Mağarası ve Jeolojisi

Torul (Gümüşhane) ilçesinin Cebeli Köyüne bağlı, Karaca Mahallesi sınırları içerisinde yer alan Karaca Mağarası'na, Gümüşhane-Trabzon kara yolundan kuzeye doğru ~4 kilometrelik bir yol takip edilerek ulaşılır (Şekil 2a ve b). Berdiga Formasyonu'nun kireçtaşı ve dolomitik kireçtaşı (Pelin, 1977; Özyurt vd., 2019, 2020) seviyelerinin karstlaşmasıyla oluşan Karaca Mağarası, yerel halk tarafından iyi bilinmesine karşın Şükrü Erüz (Jeoloji Mühendisi) tarafından 1983-1990 yılları arasında bölgede yapılan 7 yıllık çalışmalardan sonra ortaya çıkmış ve 1994 yılından itibaren

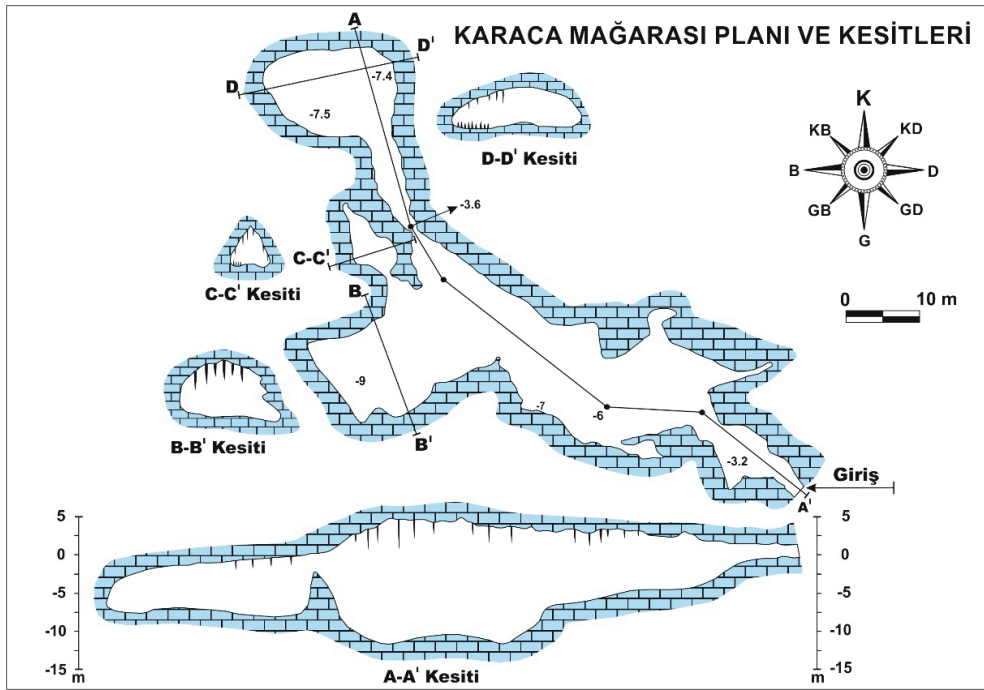
turistik faaliyetlere açılmıştır (Zaman, 2000; URL 7; URL 8). 2020-2023 yılları arasında Karaca Mağarası 355.923 ziyaretçi ağırlamıştır (T.C. Gümüşhane İl Özel İdare). Karaca Mağarası, keşfi ile beraber Gümüşhane ilinin diğer jeolojik miras değerleri içinden sıyrılarak en önemli turizm merkezi olmuştur (Erüz, 2008). Karaca Mağarası;

uzunluğu ~150 m, yüksekliği giriş ağzında ~2 m ve iç kesimlerde ~18 m yatayda gelişmiş her biri benzer elipsoidal şeklinde dört odanın birleşiminden oluşan ~1.500 m² alana sahiptir (Şekil 3, 4 ve 5) (Uzun, 1991; Dilek vd., 1992; Zaman, 2000; Şeren vd., 2012; URL 8).



Şekil 2. Karaca Mağarası'nın konumu ve jeolojisi. **a)** Çalışma alanı Karaca Mağarası ile bölgenin Kuzey ve Güney Zon ayrımı (Özsayar vd., 1981'den değiştirilerek); **b)** Mescitli bölgesinin jeoloji haritası ve Karaca Mağarası'nın konumu (Güven, 1993; Özyurt vd., 2020'den değiştirilerek).

Figure 2. Location and geology of Karaca Cave. **a)** Study area Karaca Cave and the North and South Zone division of the region (modified from Özsayar et al., 1981); **b)** Geological map of Mescitli region and the location of Karaca Cave (modified from Güven, 1993; Özyurt et al., 2020).

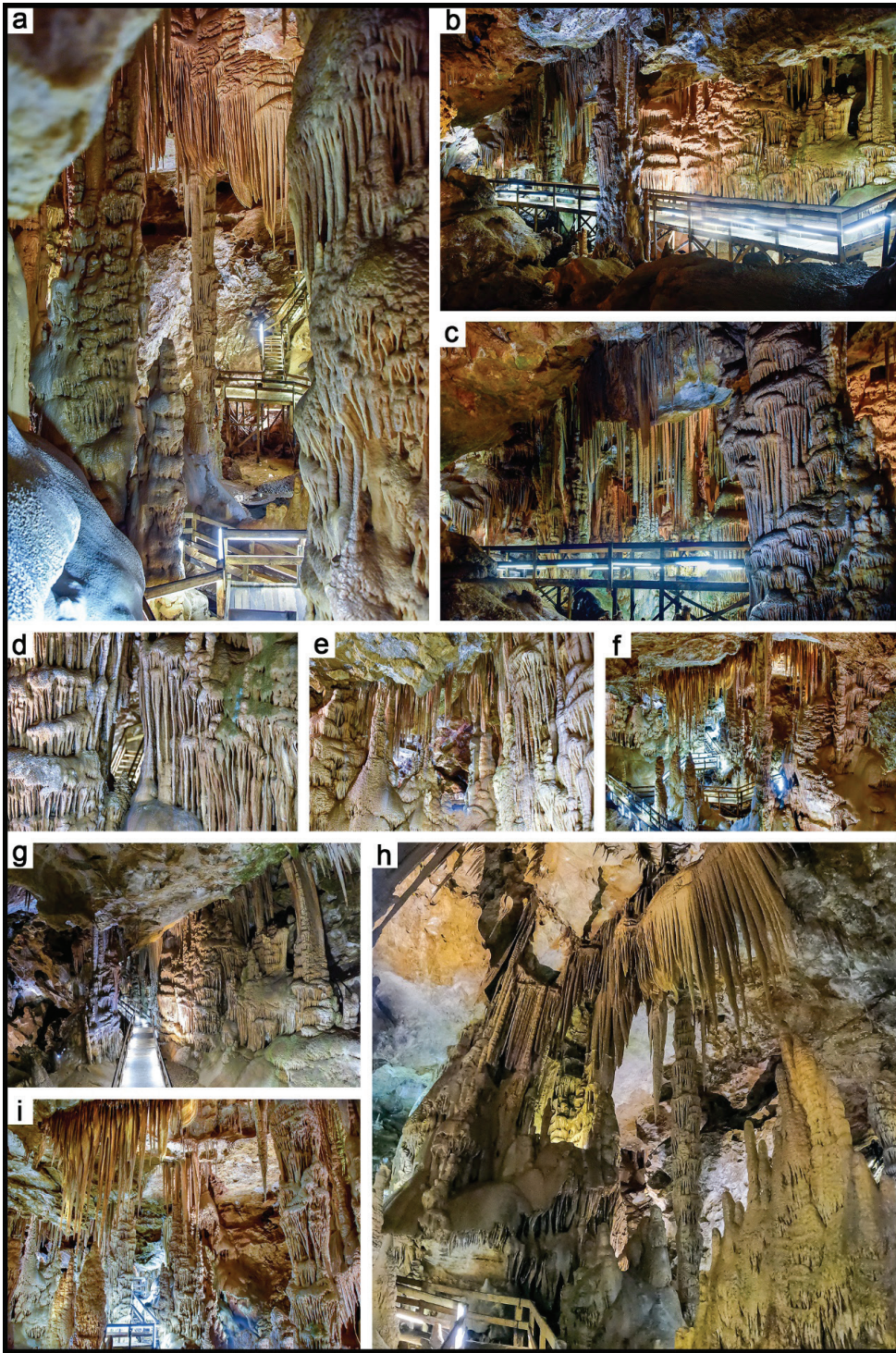


Şekil 3. Karaca Mağarası'nın vaziyet planı ve farklı noktalarındaki kesitleri (Dilek vd., 1992'den basitleştirilerek alınmıştır).

Figure 3. Site plan of Karaca Cave and sections at different points (simplified from Dilek et al., 1992).

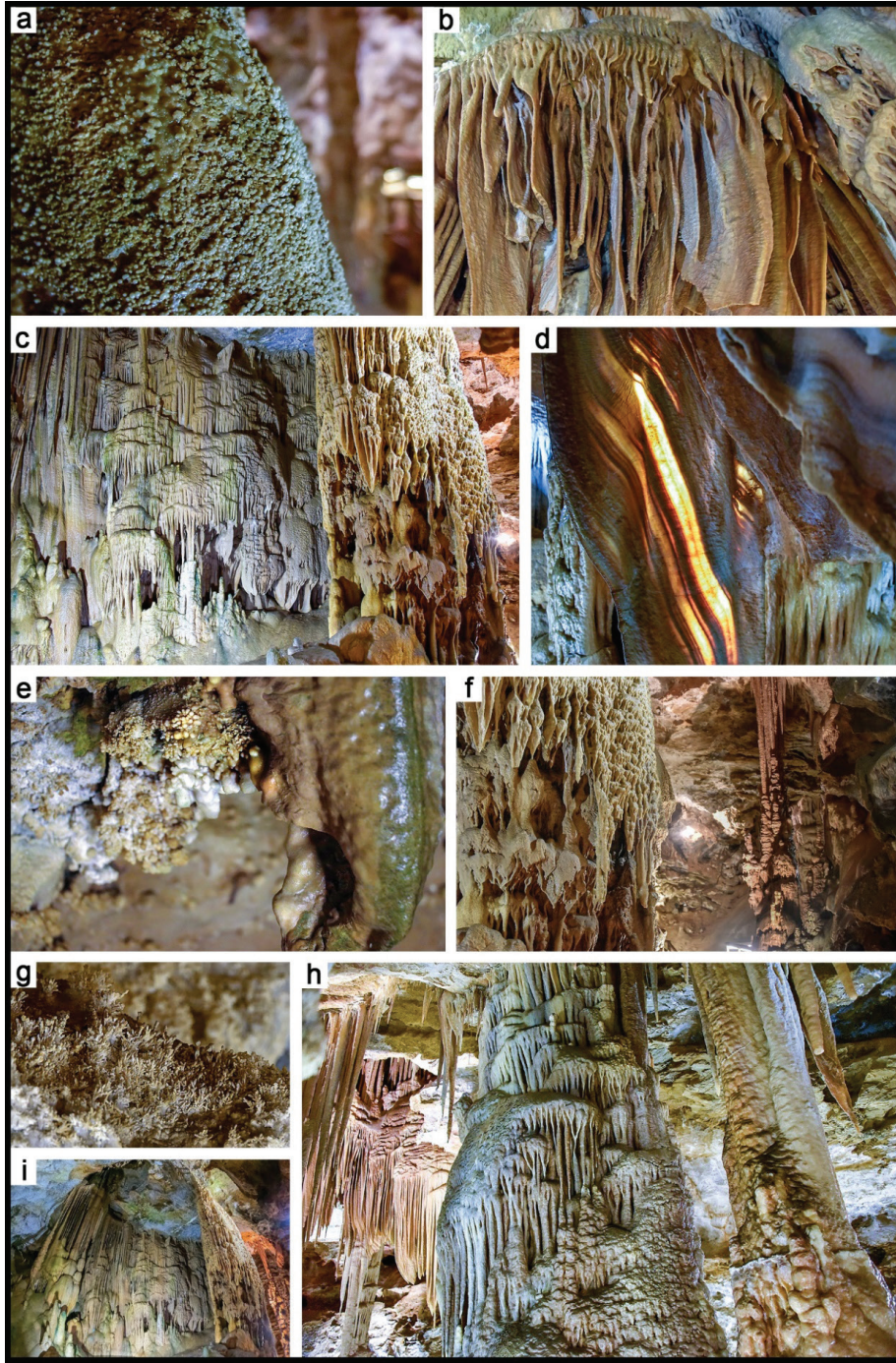
Mescitli (Torul, Gümüşhane), Üst Jura-Alt Kretase yaşlı Berdiga Formasyonu'na ait karbonatlı çökellerin en iyi yüzeylendiği Doğu Sakarya Zonu'nun güneyinde yer almaktadır (Şekil 2b). Doğu Sakarya Zonu'nun güney bölümündeki temel; Hersiniyen Metamorfikleri ve Üst Karbonifer yaşlı granitoidik (~320 My) kütlelerden oluşur (Dokuz, 2011). Bölge genelinde, temel üzerine Alt-Orta Jura yaşlı volkanik ve sedimanter birimler çoğunlukla; silisiklastik, andezit-bazalt-volkanoklastik ve yer yer "Ammonitico-Rosso" (İtalyanca=Ammonit fosili içeren kırmızı kireçtaşı) fasiyeslerini içeren genişlemeli(rift)havza çökelleri olarak gelmektedir (Kandemir, 2004; Kandemir ve Yılmaz, 2009). Üst Jura-Alt Kretase kireçtaşları (Berdiga Formasyonu), genişlemeli (rift) havza çökelleri (volkano-sedimanter ve "Ammonitico-Rosso") üzerine uyumlu bir dokanak ile gelmektedir (Pelin, 1997). Doğu Sakarya Zonu'ndaki platform tip

karbonatlara, bentik foraminifer faunalarına göre biyostratigrafik olarak Oksfordiyen-Albiyen yaşı verilmiştir (Taslı, 1990; Kırmacı, 1992; Kırmacı vd., 1996; Taslı vd., 2000; Vincent vd., 2018). Mescitli (Torul, Gümüşhane) bölgesi, Berdiga Formasyonu'nun alt kısmı tamamen dolomitleşmiş (Özyurt vd., 2019), üst kısmı ise iyi korunmuş bir kireçtaşı ardalanmasından oluşmaktadır (Özyurt vd., 2020). Bu ardalanma, üç farklı tortul topluluktan oluşan Üst Kretase birimleri tarafından örtülmektedir (Okay ve Şahintürk, 1997; Yılmaz, 2002; Yılmaz ve Kandemir, 2006; Eyüboğlu, 2015). Hem Hersiniyen temel hem de Hersiniyen sonrası volkano-sedimanter birlikler Eosen granitik intrüzyonları tarafından kesilir ve erken Senozoyik volkano-sedimanter birimler tarafından uyumsuzlukla örtülür (Arslan ve Aliyazıcıoğlu, 2001; Karşı vd., 2007, 2010, 2011).



Şekil 4. Karaca Mağarası'nın gezilebilen alanları. **a)** Mağara girişi ve ilk oda; **b-h)** Mağara içerisindeki farklı odalar ve yürüyüş yolları ile duvarlardaki süsler.

Figure 4. Walkable areas of Karaca Cave. **a)** The entrance of cave and first room; **b-h)** The different spaces and walking paths inside cave, and the ornaments on the walls.



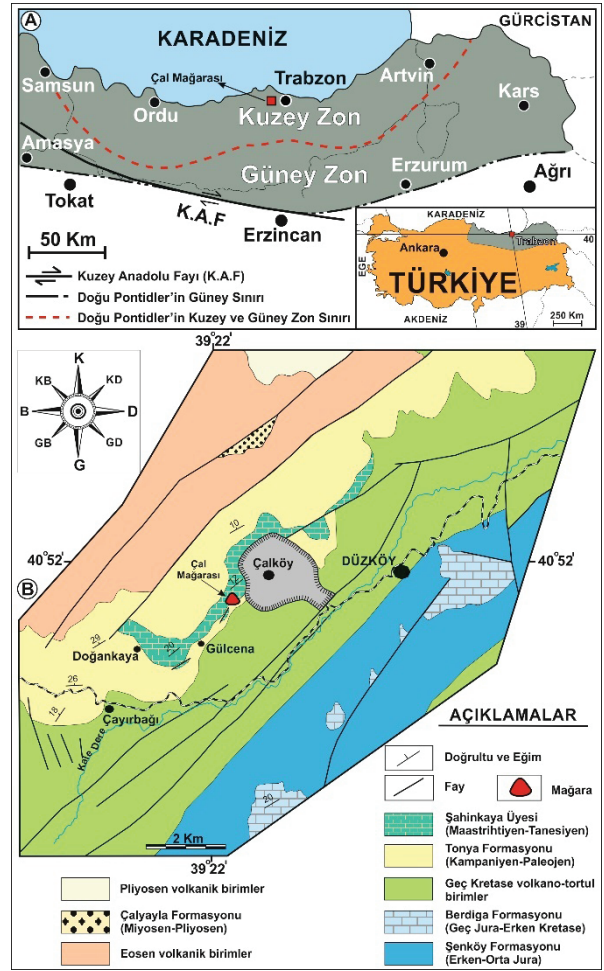
Şekil 5. Karaca Mağarası'nın speleothem yapıları. **a, e)** Yumru tipi duvar süsleri veya mağara incileri; **b, d)** kalkan tip duvar süsleri veya fil kulakları; **c, f, i)** Sarkıtlar; **g)** Heliktitler (*Helictites*): düzensiz sarkıt benzeri yapılar; **h)** Sarkıtlar, dikitler ve kolonlar.

Figure 5. Speleothem structures of Karaca Cave. **a, e)** Nodular type wall ornaments or cave pearls; **b, d)** Shield type wall ornaments or elephant ears; **c, f, i)** Stalactites; **g)** Helictites; irregular stalactite-like structures; **h)** Stalactites, stalagmites and columns.

Çal Mağarası ve Jeolojisi

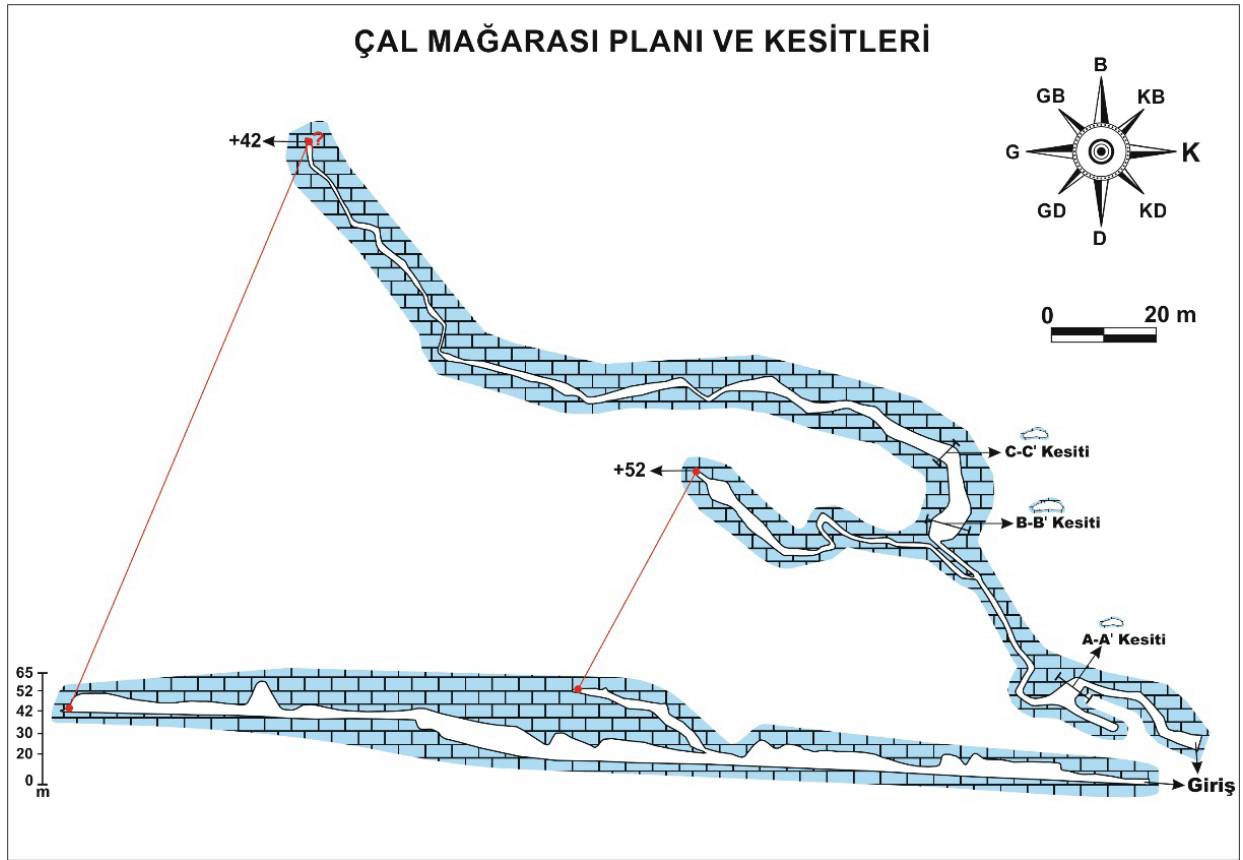
Çal Mağarası; Trabzon şehir merkezine yaklaşık 46 km uzaklıkta olup Akçaabat-Düzköy devlet yolu ile ulaşılan ve Düzköy ilçesi Çalköy-Çayırbağı sınırları içerisinde yer almaktadır (Şekil 6a ve 6b) (URL 9). 2003 yılında turizme kazandırıldıktan sonra mağara yılda 30 ila 50 bin arasında ziyaretçi ağırlamıştır (URL 10). 2020-2023 yılları arasında Çal Mağarası 514.947 ziyaretçi ağırlamıştır (T.C. Trabzon Büyükşehir Belediyesi). Mağara, Çalköy-Çayırbağı (Düzköy, GB Trabzon) yörelerindeki Şahinkaya Üyesi; yaklaşık olarak ~7-10 km uzunluğunda, ~500-1000 m genişlik, ~100 m kalınlığında ve Kretase-Paleojen (K/Pg) yaşlı neritik kireçtaşlarından oluşur (Korkmaz, 1993; İnan vd. 1999; Özer vd., 2009; İnan ve İnan, 2014; Hippolyte vd., 2015; Köroğlu ve Kandemir, 2019a, b; Consorti ve Köroğlu, 2019; Consorti vd., 2020).

Çal Mağarası, Çalköy'ün (Düzköy, Trabzon) ~1 km batısındaki Mağarataşı Tepe mevkinde, girişi ağzı 1132 m rakımlı, KD-GB yönünde yatay uzanımlı ve içinde yeraltı deresi mevcut olan, aktif bir mağaradır. Çal Mağarası, iki kola ayrılır ve toplam uzunluk 1010 m (ana kol: ~750 m ve yan kol: ~250 m) olarak verilmektedir (Törk vd., 2013). ~750 m ana kol sonundaki sifon girişine göre ~(+)42 m ve yan kolun en yüksek noktası da girişten ~(+)52 m daha yüksektir (Şekil 7) (Törk vd., 2013). Mağaranın geliştiği kalın tabakalı neritik kireçtaşlarının eğim yönleri, kırık-çatlak sistemleri, tektonik ve volkanik daykların yapısal kontrolünde genişliği ~1-10 m arasında (ortalama ~4.8 m); yüksekliği ise ~2-30 m arasında (ortalama ~5.7 m) olarak ölçülmüştür (Şekil 7) (Van ve Boynukalın, 1991; Törk vd., 2013; Köroğlu ve Kandemir, 2019a, b; Alemdağ vd., 2023). Sığ bir derinlikte bulunan Çal Mağarası; sıcaklık ve nispi nem oranında hava sirkülasyonunun etkisi ile mevsimlere göre farklılık göstermekte, ortalama sıcaklık değerleri ise 12 ile 15 °C arasında değişmektedir (Zaman vd., 2011).



Şekil 6. Çal Mağarası'nın konumu ve jeolojisi. a) Çalışma alanı Çal Mağarası ile bölgenin Kuzey ve Güney Zon ayrımı (Özsayar vd., 1981'den değiştirilerek); **b)** Çayırbağı-Çalköy bölgesinin jeoloji haritası ve Çal Mağarası'nın konumu (Köroğlu, 2018; Consorti ve Köroğlu, 2019'dan değiştirilerek).

Figure 6. Location and geology of Çal Cave. a) Study area Çal Cave and the North and South Zone division of the region (modified from Özsayar et al., 1981); **b)** Geological map of Çayırbağı-Çalköy region and the location of Çal Cave (modified from Köroğlu, 2018; Consorti and Köroğlu, 2019).

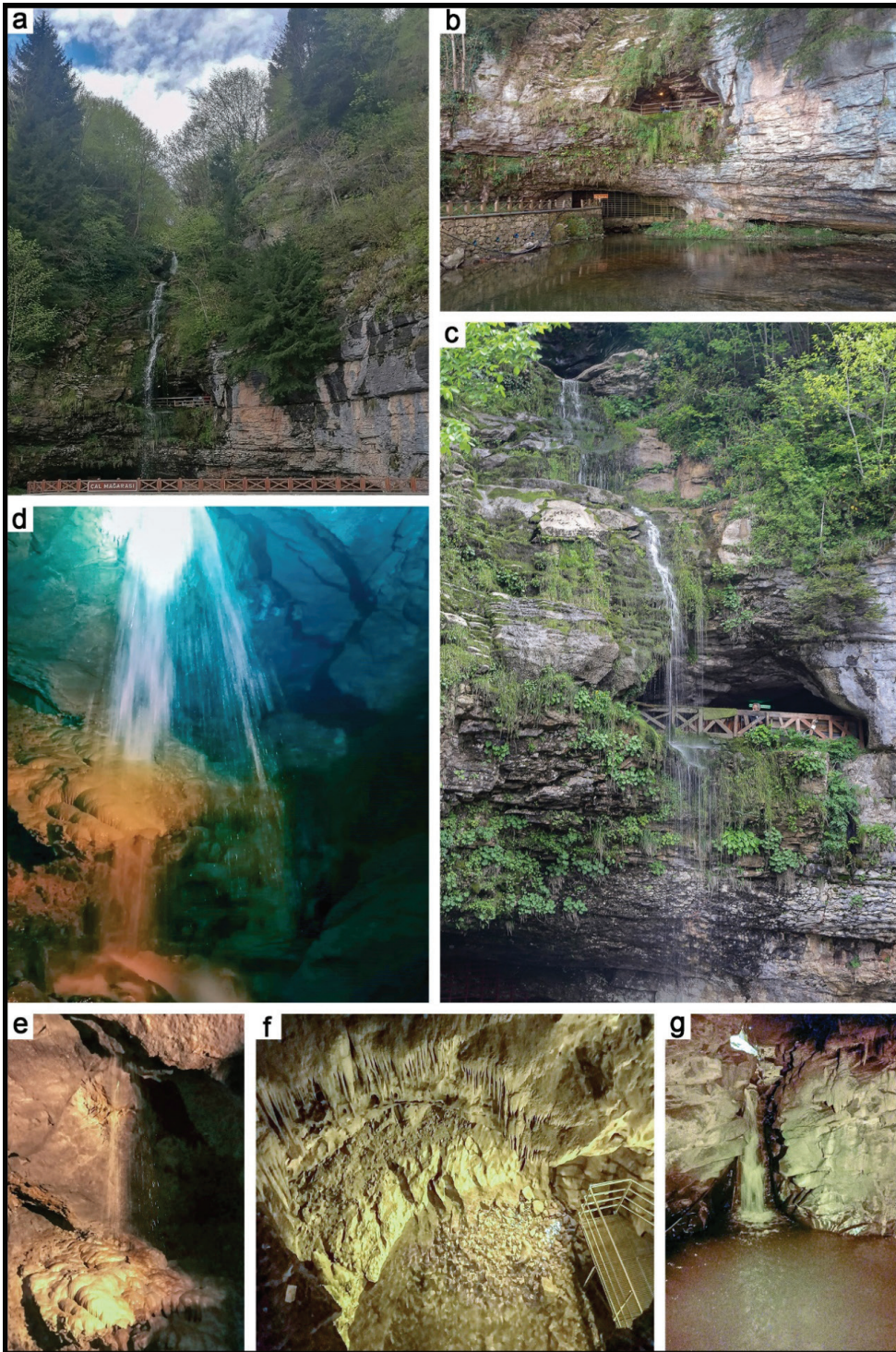


Şekil 7. Çal Mağarası'nın vaziyet planı ve farklı noktalarındaki kesitleri (Türk vd., 2013'ten basitleştirilerek alınmıştır).

Figure 7. Site plan of Çal Cave and sections at different points (simplified from Türk et al., 2013).

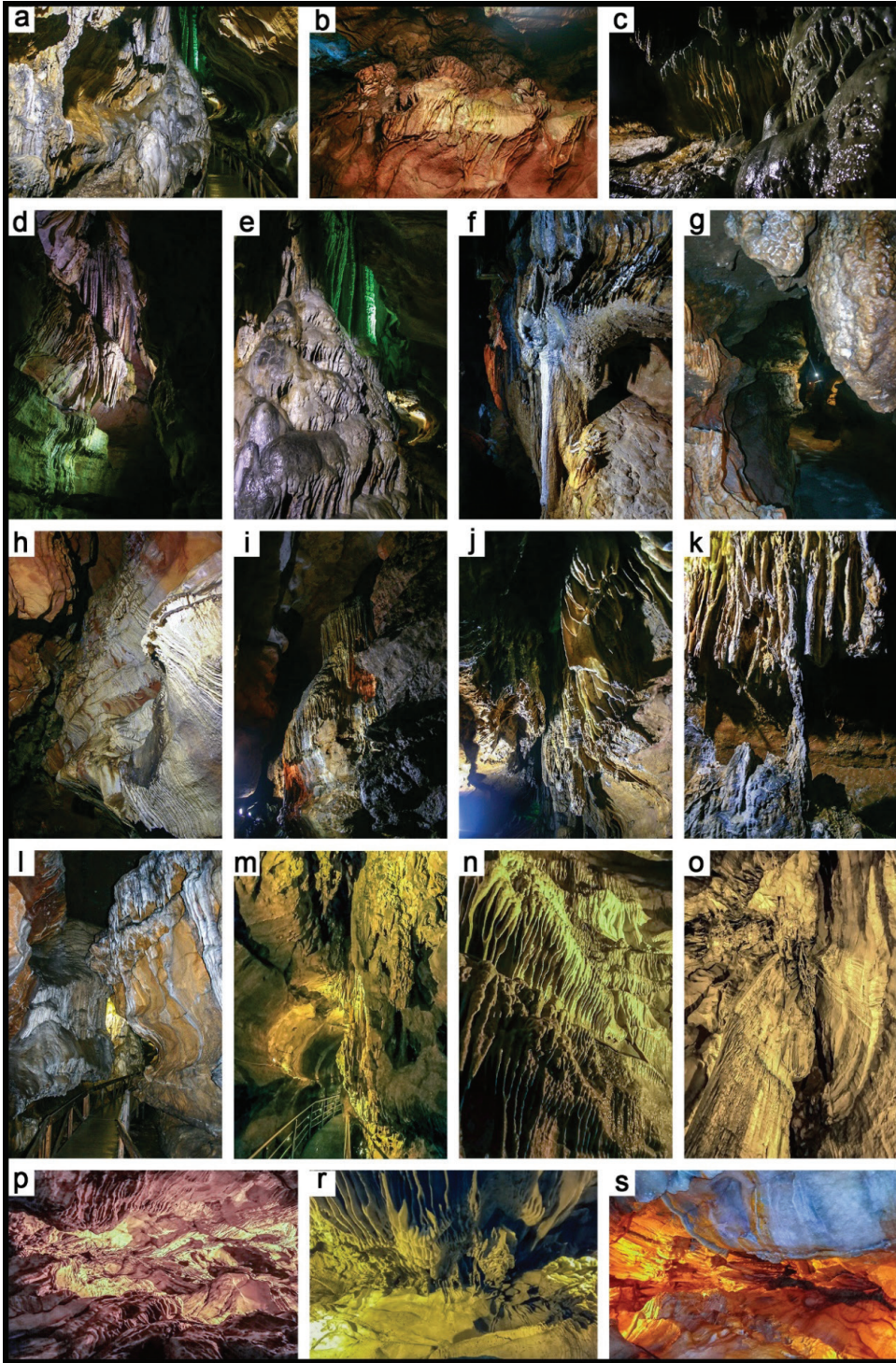
Çal Mağarası'nın içinde bulunduğu Şahinkaya Üyesi'nin çekiciliği; stratigrafisi, fosil içeriği, yapısal özellikleri (mağara, dolin vb.) ve sportif (dağcılık) faaliyetlerinden kaynaklanmaktadır (URL 11; Hippolyte vd., 2015; Köroğlu ve Kandemir, 2019a, b; Consorti ve Köroğlu, 2019; Consorti vd., 2020). Şahinkaya Üyesi'nin kireçtaşı tabakaları KB'ya 20° ile 30° arasında eğimlidir ve üyenin içinde farklı büyüklüklerde karstik yapılar yaygındır (Türk vd., 2013; Köroğlu ve Kandemir, 2019a, b). Mağara duvarları; çoğunlukla sarkıtdikit ve bunların birleşimlerinden oluşan duvar örtüsü ile kaplıdır (Şekil 8 ve 9) (Türk vd., 2013; Köroğlu ve Kandemir, 2019a). Mağara içerisinden

dönemsel olarak debi artışıyla ırmak büyüklüğüne ulaşan akarsuya bağlı bir şelale ve küçük yeraltı gölü de bulunur (Şekil 8 ve 9) (Türk vd., 2013; Köroğlu ve Kandemir, 2019a). Ofluoğlu (1993), “Çalköy-Alazlı (Düzköy-Trabzon) yöresinin karstlaşma yönünden incelenmesi” başlıklı yüksek lisans tez çalışmasında; Çalköy-Alazlı yöresinde, karstlaşma sonucunda oluşan yapıların özelliklerini ve karstlaşma nedenlerini açığa çıkarmayı amaçlamıştır. Karstlaşma ile Şahinkaya Üyesi'nde gelişmiş; çapları 4-55 m arasında değişen dolinler, karstik boşluklar ve Çal Mağarası içinden akan bir akarsu olduğu vurgulamıştır (Ofluoğlu, 1993).



Şekil 8. Çal Mağarası'nın girişi ve içerisindeki akarsular. **a-c)** Mağara girişi; **d, e)** yan kolun üzerindeki sifon yapısı; **f, g)** ana kol üzerindeki şelale ve küçük bir göl.

Figure 8. The entrance of Çal Cave and the streams inside. **a-c)** Cave entrance; **d, e)** Siphon structure on the side branch; **f, g)** Waterfall and a small lake on the main branch.



Şekil 9. Çal Mağarası'nın speleothem yapıları ve gezilebilen alanları. **a-s)** Yürüyüş yolları, dikitler, sarkıtlar ve kolon yapıları.

Figure 9. Speleothem structures and walkable areas of Çal Cave. **a-s)** Walking paths, stalagmites, stalactites and columns structures.

Çayırbağı ve Çalköy yöresinin (Düzköy, GB Trabzon) stratigrafisi aşağıdaki gibi tanımlanmaktadır. Bölgenin temeli Şenköy Formasyonu'nun Alt-Orta Jura yaşlı kırıntılı tortulları, yastık lavları, bazaltik-piroklastik kayaçları tarafından baskın ve tabanda "Ammonitico-Rosso" tipi kireçtaşlarından oluşur (Kandemir, 2004; Kandemir ve Yılmaz, 2009). Şenköy Formasyonu, Berdiga Formasyonu'nun platform karbonatları tarafından uyumlu bir şekilde örtülür (Pelin, 1977; Vincent vd., 2018; Özyurt vd., 2020). Berdiga Formasyonu, Üst Jura-Alt Kretase yaşı verilen kumlu kireçtaşı, dolomitik kireçtaşı, dolomit, çört nodülleri ve büyük ölçüde platform tipi karbonatlarla karakterize edilir (Korkmaz, 1993; Pelin, 1977; Kırmacı vd., 2018; Özyurt vd., 2022). Bölgede Üst Kretase birimleri yaklaşık 2 km kalınlığında volkano-sedimanter formasyonlar; Çatak, Kızılkaya, Çağlayan, Tirebolu (Güven, 1993; Aydın, 2014; Aydın vd., 2020) ve Tonya (Korkmaz, 1993) olmak üzere beş formasyondan oluşur. Tonya Formasyonu, Üst Kretase volkano-sedimanter birimlerin en üst seviyesinde, kalsiklastik yelpaze çökelleri (CSFs=Calciiclastic Submarine Fan systems) olarak ince-orta tabakalı, beyaz kireçtaşı, kumlu kireçtaşı ve marnlardan oluşur (Korkmaz, 1993; Kırmacı ve Akdağ, 2005; Sofracıoğlu ve Kandemir, 2013; Sarı vd., 2014; Hippolyte vd., 2015). Tonya Formasyonu ve Şahinkaya Üyesi'nin tabanında Tirebolu Formasyonu ve tavan kesimde de Eosen yaşlı volkano-tortul çökeller arasındaki kalınlığı ~317 m olarak ölçülmüştür (Korkmaz, 1993). Tip kesitindeki planktonik foraminifer biyostratigrafisine göre Tonya Formasyonu'nun yaşı üst Kampaniyen-Daniyen olarak verilmiştir (Özkar ve Kırıcı, 1997).

Şahinkaya Üyesi Gürbulak, Hacımehmet, Hayrat, Çayırbağı, Şalpazarı ve Tonya'daki pelajik bölümlerden farklı olarak neritik seviyeleri sadece Çayırbağı-Çalköy arasında tanımlanmıştır (Özsayar vd., 1981; Korkmaz, 1993; Bektaş vd., 1995; Özkar ve Kırıcı, 1997; Kırmacı ve

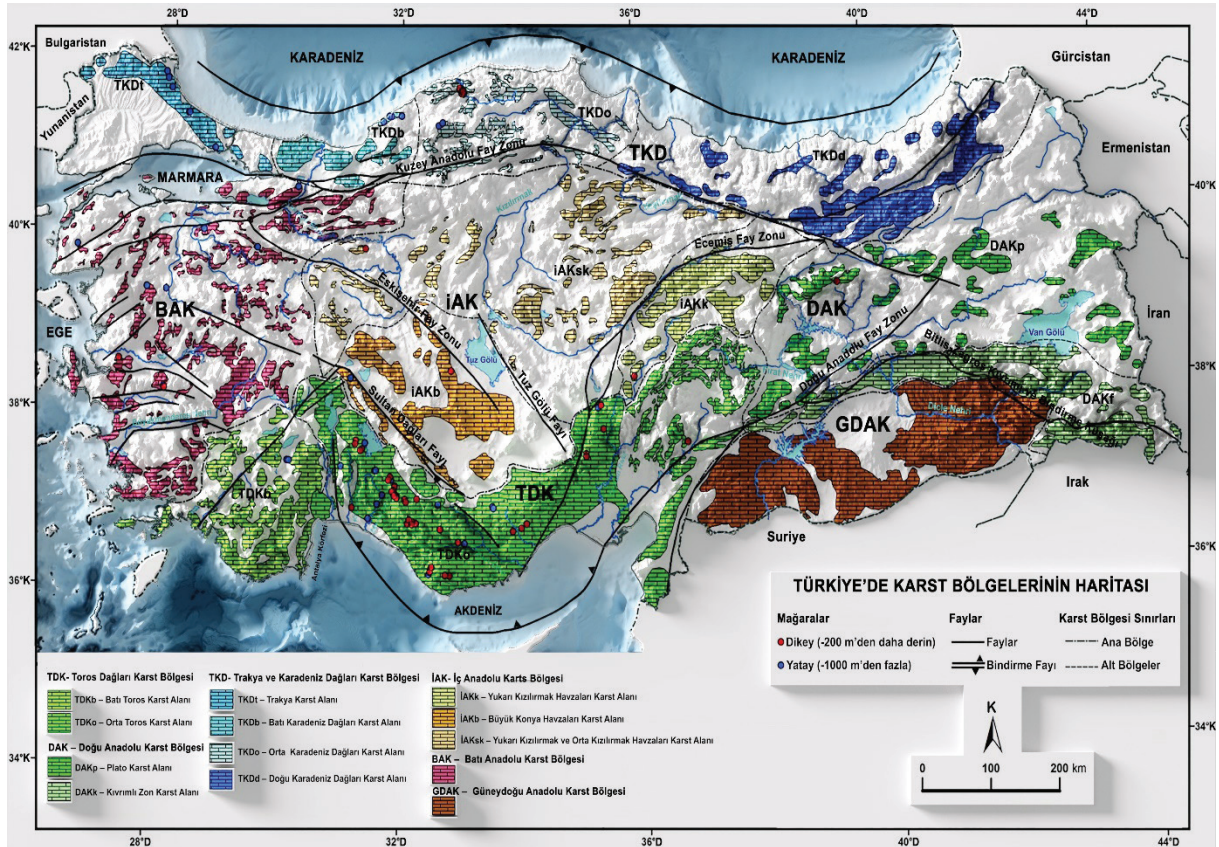
Akdağ, 2005; Sofracıoğlu ve Kandemir, 2013, Hippolyte vd., 2015; Türk-Öz ve Özyurt, 2018; Consorti ve Köroğlu, 2019; Consorti vd., 2020). Bölgede Kampaniyen'deki derin deniz koşulları alt Maastrichtiyen'deki transgresyon ile sığ denizel alanları ortaya çıkarmıştır (Özer vd., 2009; Consorti ve Köroğlu, 2019). Şahinkaya Üyesi'nin rudistli kireçtaşları üst Maastrichtiyen'de sığ denizel kesimleri simgelemektedir (Özer vd., 2009; Consorti ve Köroğlu, 2019). Çayırbağı ve Çalköy (Düzköy, GB Trabzon) yöresinde genellikle sarp tepeleri oluşturan Şahinkaya Üyesi'nin kireçtaşları; bol çatlaklı, makrofosilli ve karstik boşlukludur. Çal Mağarası'nı bu karstik boşluklar oluşturmaktadır. Hem sedimantolojik hem de paleontolojik olarak elde edilen veriler ile üç tip (1. biyoklastik kum sığlığı, 2. mercan-alg yama resif, 3. orta rampa) mikrofasiyes ayrımı yapılmıştır (Consorti ve Köroğlu, 2019). Şahinkaya Üyesi, ölçülü stratigrafik kesitlerde ~100 m kalınlığında (Köroğlu, 2018) bentik ve planktonik foraminiferlere dayalı olarak; Maastrichtiyen-Daniyen (Korkmaz, 1993), Maastrichtiyen-Tanesiyen (İnan vd., 1999; İnan ve İnan, 2014), Maastrichtiyen (Özer vd., 2009), Kampaniyen-Selandiyen (Hippolyte vd., 2015) ve Maastrichtiyen-Tanesiyen olarak verilmektedir (Consorti ve Köroğlu, 2019; Consorti vd., 2020).

Tonya Formasyonu ve Şahinkaya Üyesi, Kabaköy Formasyonu tarafından uyumsuzlukla örtülmektedir (Güven, 1993). Kabaköy Formasyonu; andezit, bazalt ve bunların piroklastikleri, daha az miktarda kumtaşı, kumlu kireçtaşı, tüfit ve *Nummulites* sp., fosillerinden oluşmaktadır (Güven, 1993; Kurt vd., 2005). Kurt vd. (2005) tarafından Miyosen-Pliyosen yaşlı Çalyayla Formasyonu; diyorit çakıllı, matriks destekli konglomeradan oluşur. En genç birim olan Pliyosen yaşlı Karadağ Formasyonu; olivin-ajit bazalt ve piroklastiklerinden oluşur (Aydın vd., 2009).

MAĞARALARIN JEOTÜRİZM POTANSİYELİ

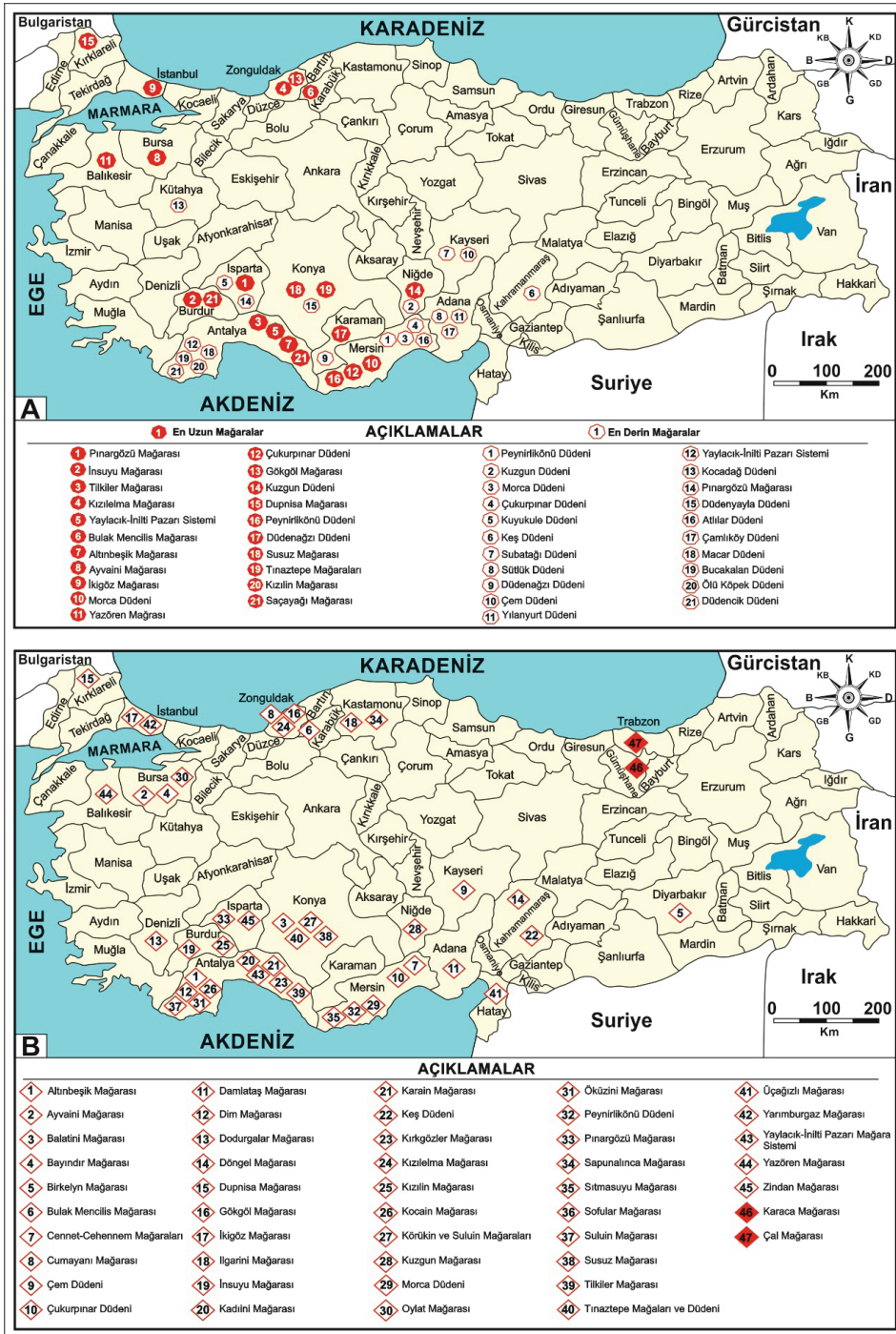
Bölgesel konumundan dolayı, aktif bir tektonik alanda yer alan Türkiye; Paleozoyik'ten Holosen'e kadar geniş bir jeolojik tarihçe boyunca; paleotektonik, paleocoğrafik ve paleoklimsel değişimler ile beraber karstlaşma sonucunda çok farklı uzunluk ve derinlikte karstik oluşumlara sahiptir (Şekil 10, 11 ve 12) (Şengör ve Yılmaz, 1981; Okay ve Tüysüz, 1999; Nazik ve Tuncer, 2010; Nazik vd., 2019; Kuzucuoğlu vd., 2019;

Kazancı ve Kuzucuoğlu, 2019; Van Hinsbergen vd., 2020; Yamaç vd., 2021a, b; Şengör vd., 2023). Büyük mağaralar arasında uzunluğu 1000 metreyi aşan 62, derinliği 200 metreyi aşan 52 ve ilginç özellikleri olan da 47 adet mağara tanımlanır (Çizelge 1, 2 ve 3; Şekil 11a ve 11b); Orta Toros Dağları'nda 43, Orta Karadeniz'de 7 derin mağara; Orta Toros Dağları'nda 34, Trakya ve Batı Karadeniz Dağları'nda 16, Batı Anadolu'da 9, İç Anadolu'da 1 ve Doğu Karadeniz'de 1 uzun mağara gelişmiştir (Uzun, 1991; Törk vd., 2013; Nazik vd., 2019; Yamaç vd., 2021b).



Şekil 10. Türkiye'nin farklı bölgelerindeki karstik oluşumların haritası (Nazik ve Tuncer, 2010; Nazik vd., 2019'dan değiştirilmiştir).

Figure 10. Map of karst formations in different regions of Türkiye (modified from Nazik and Tuncer, 2010; Nazik et al., 2019).



Şekil 11. Türkiye’deki mağaraların karşılaştırılması. **a)** Türkiye’nin en derin ve en uzun mağaraları (Çizelge 1 ve 2, Yamaç vd. 2021b’den alınmıştır); **b)** Türkiye’nin ilginç mağaraları (Çizelge 3, Uzun, 1991; Törk vd., 2013; Köroğlu ve Kandemir, 2019a; Yalçın vd., 2021b’den alınmıştır).

Figure 11. A comparison of caves in Türkiye. **a)** Türkiye’s deepest and longest caves (Tables 1 and 2, taken from Yamaç et al., 2021b); **b)** Türkiye’s interesting caves (Table 3, taken from Uzun, 1991; Törk et al., 2013; Köroğlu and Kandemir, 2019a; Yalçın et al., 2021b).

Çizelge 1. Türkiye'nin en uzun mağaraları (Yamaç vd., 2021b'den düzenlenmiştir).

Table 1. The longest caves of Türkiye (modified from Yamaç et al., 2021b).

Sıra	Mağara	Bölge	Uzunluk (m)
1	Pınargözü Mağarası	Yenişarbademli, Isparta	8500
2	İnsuyu Mağarası	Burdur	8350
3	Tilkiler Mağarası	Manavgat, Antalya	6818
4	Kızılelma Mağarası	Zonguldak	6630
5	Yaylacık-İnilti Pazarı Sistemi	Gündoğmuş, Antalya	5929
6	Bulak Mencilis Mağarası	Safranbolu, Karabük	5250
7	Altınbeşik Mağarası	Akseki, Ürünlü, Antalya	5119
8	Ayvaini Mağarası	Ayvaköy, Bursa	4866
9	İkigöz Mağarası	Çatalca, İstanbul	4816
10	Morca Düdeni	Anamur, İçel	4068
11	Yazören Mağarası	Yazören, Balıkesir	3554
12	Çukurpınar Düdeni	Anamur, İçel	3350
13	Gökgöl Mağarası	Erçek, Zonguldak	3350
14	Kuzgun Düdeni	Niğde	3187
15	Dupnisa Mağarası	Sarpdere, Kırklareli	3150
16	Peynirlikönü Düdeni	Anamur, İçel	3118
17	Düdenağzı Düdeni	Başyayla, Karaman	2528
18	Susuz Mağarası	Seydişehir, Konya	2303
19	Tınaztepe Mağaraları	Seydişehir, Konya	2195
20	Kızılın Mağarası	Burdur	2176
21	Saçayağı Mağarası	Gazipaşa, Antalya	2125

Karaca ve Çal mağaraları hem farklı fiziksel özellikleri hem içerisindeki karst yapıları hem de bölgesel konumları bakımından benzer özelliklere sahip olmamasına karşın bölgesel turizme önemli katkılar sunmaktadır (Çizelge 4 ve 5; Şekil 12). Karaca Mağarası, Uzun (1991) tarafından ilk etütleri yapıldığında dikkat çekilen turizm potansiyeli günümüzde de artarak devam etmektedir. “Gümüşhane İl'inin Turizm Potansiyeli” çalışmasında Karaca Mağarası'nın içerdiği karstik yapılar bakımından zengin olduğu ve diğer potansiyel alanlar ile beraber Gümüşhane iline katkısının 2000'li yıllar itibarıyla sınırlı kaldığına vurgu yapılmıştır (Zaman, 2000). Turizm alternatifi olarak doğa turizmi az tercih ediliyor

olsa bile bölgesel gelişmişlik seviyesindeki artış ile beraber 2000'li yıllardan sonra yükselişe geçmiştir. Bölgenin en önemli sorunu olan ulaşım konusunda hem kara hem de hava yollarındaki pozitif büyümeler ile turizmin önündeki fiziki engeller azalmıştır. 2010'lu yıllardan sonra konaklama sektöründe hem kamu hem de özel sektör yatırımları sayesinde bölgedeki yatak sayısında ve hizmet sınıf çeşitliliğinde büyük artışlar olmuştur.

Çizelge 2. Türkiye'nin en derin mağaraları (Yalçın vd., 2021b'den düzenlenmiştir).

Table 2. The deepest caves of Türkiye (modified from Yamaç et al., 2021b).

Sıra	Mağara	Bölge	Derinlik (m)
1	Peynirlikönü Düdeni	Anamur, İçel	-1429
2	Kuzgun Düdeni	Niğde	-1400
3	Morca Düdeni	Anamur, İçel	-1210
4	Çukurpınar Düdeni	Anamur, İçel	-1196
5	Kuyukule Düdeni	Dedegöl, Isparta	-832
6	Keş Düdeni	Kahramanmaraş	-728
7	Subatağı Düdeni	Yahyalı, Kayseri	-643
8	Sütlük Düdeni	Pozantı, Adana	-640
9	Düdenağzı Düdeni	Başyayla, Karaman	-612
10	Çem Düdeni	Tomarza, Kayseri	-605
11	Yılanlıyurt Düdeni	Aladağ, Adana	-603
12	Yaylacık-İnilti Pazarı Sistemi	Gündoğmuş, Antalya	-595
13	Kocadağ Düdeni	Anasultan, Kütahya	-458
14	Pınargözü Mağarası	Yenişarbademli, Isparta	+440
15	Düdenyayla Düdeni	Beyşehir, Konya	-416
16	Atlılar Düdeni	Gözne, İçel	-410
17	Çamlıköy Düdeni	Pozantı, Adana	-379
18	Macar Düdeni	Gazipaşa, Antalya	-356
19	Bucakalan Düdeni	Akseki, Antalya	-345
20	Ölü Köpek Düdeni	Akseki-Cevizli, Antalya	-340
21	Düdençik Düdeni	Akseki-Cevizli, Antalya	-330

Karaca Mağarası'nı da içine alan 28 km uzunluğundaki Kurum Vadisi; farklı dönemlere tanıklık etmiş tarihi, farklı toplumlara ait inanç ve dini yapıları, madencilik mirası, tarımsal alanları,

ekolojisi, turizm-beşerî coğrafyası ve topografyası gibi özellikleri ile ön plana çıkmaktadır (Erüz, 2009). Bu bakımından Türkiye için çok önemli ve dünya tarihi açısından korunması gereken kültürel ve jeolojik miras alanı konumundadır (Zaman, 2000; Erüz, 2009). Koruma bilinci ile turizm dengesi; toplum ve yerel halkın bilinçlendirilmesi, merkezi-yerel yönetimler ve sivil toplum örgütlerinin beraber çalışmasıyla aşabilecek bir konu olarak görülmektedir. Burada Karaca Mağarası'nın turizme açılması ile beraber düşük enerjili ve stabil koşulları olan ortama insan ile beraber fizikokimyasal etki faktörleri girmesi sonucunda mağaranın karstik yapılarının zarar görmesi de muhtemeldir (Bekaroğlu ve Yiğitbaşoğlu, 2010).

Karaca Mağarası, etki alanındaki turizm olanakları ve sağlık turizmi ile Gümüşhane'de turizmi yönlendiren en önemli alternatif kaynak değeridir (Koçan, 2012). Gümüşhane'de sınırlı olarak değerlendirilebilen mağaraların turizme katkısı, potansiyel büyüklüğü bakımından çok zengin olmasına karşın, turizme yönelik tanıtım sadece mağaralarla sınırlı kalmıştır (Merdan ve Okuroğlu, 2016). Karaca Mağarası'nın Gümüşhane turizmindeki tanınırlığı ve yıllık ziyaretçi sayılarına bakıldığında (Çizelge 4; Şekil 12); mağaranın doğal yapısını koruyan ve kontrollü bir turizm anlayışı ile beraber sürdürülebilir turizm cazibe merkezi olma özelliği taşımaktadır (Ekşioğlu ve Zeybek, 2018).

Zaman vd. (2011), Çal Mağarası ve civarı ile ilgili olarak yaptığı değerlendirmelerde; 1. bölgenin sahip olduğu doğal ve kültürel kaynakları, 2. mağaranın bölgesel önemi ve içerdiği yapısal özellikleri, 3. mağara ve civarı ile dağ-yayla, botanik, kırsal ve kültür turizmi olmak üzere doğa kaynaklı değerler üzerine etkinlikler ve geliştirilebilecek yüksek potansiyele sahip olduğunu belirtmiştir. Maden Tektik Arama Genel Müdürlüğü (MTA) adına Törk vd. (2013) tarafından “*Çal Mağarası (Trabzon-Düzköy) Araştırma Raporu*” başlıklı bir çalışma yapılmıştır.

Çal Mağarası, Şahinkaya Üyesi'nin Maastrihtiyen-Tanesiyen yaşlı kireçtaşlarında gelişmiştir (Törk vd., 2013; Consorti ve Köroğlu, 2019). Çal Mağarası; girişten itibaren düşük eğimli, yatay yönde ise fay, tabaka ve daykların kontrolünde açılmış ve hidrolojik olarak aktif bir mağaradır (Zaman vd., 2011; Törk vd., 2013; Köroğlu ve Kandemir, 2019a, b; Alemdağ vd., 2023). Mağaranın hem taban hem de tavanı boyunca farklı noktalarda su girişleri ve zeminde de bir ırmak akışı olması mağara çökellerinden; sarkıt, dikit ve diğer oluşumların güzel örnekler içermesi ve kolay ulaşım olanakları ile turizm yönünden mağarayı cazip hâle getirmektedir (Zaman vd., 2011; Törk vd., 2013; Köroğlu ve Kandemir, 2019a). Çal Mağarası'na çevresel drenaj ile gelen sular, yeraltısuyu ile taşınması sırasında mağara içerisindeki düşük debili alanlar, göller ve kum barları üzerinde evsel atıklar depolanır (Törk vd., 2013; Köroğlu ve Kandemir, 2019a). Çal Mağarası, uzunluğu içerisindeki yapıları ile ziyaretçilere ilk kez şelaleli bir akarsuyun geçtiği geniş bir yeraltı ortamına girme fırsatı ile benzersiz bir deneyim de sunmaktadır. Çal Mağarası'nda aktif su seviyesi değişimleri, küçük bir yarasa ve semender popülasyonu da gözlenir (Törk vd., 2013; Köroğlu ve Kandemir, 2019a). Trabzon İl Özel İdaresi Çal Mağarası'nı 2000 yılında projelendirmiş, 2003 yılında halkın erişimine açmıştır. 2016 yılında ~35.000 yerli ve yabancı turist tarafından ziyaret edilen mağara, son yıllarda bölge turizmi için lokomotif olmuştur (Köroğlu ve Kandemir, 2019a). 2020-2023 yılları arasındaki 4 yıllık süre içinde Çal Mağarası 514.947 ziyaretçi ağırlamıştır (T.C. Trabzon Büyükşehir Belediyesi).

Geçmişten günümüze kadar artan ziyaretçi sayıları (Çizelge 4 ve 5; Şekil 12), Torul (Gümüşhane) ve Düzköy (Trabzon) çevresindeki potansiyel diğer alanlar ile beraber teşvik edilirse, Karaca ve Çal mağaraları turizme değer katabilir ve yerel ekonomik gelişmeye de büyük katkılar sağlayabilir (Zaman vd., 2011; Merdan ve Okuroğlu, 2016; Ekşioğlu ve Zeybek, 2018; Köroğlu ve Kandemir, 2019a).

Çizelge 3. Türkiye'nin ilginç mağaraları (Uzun, 1991; Törk vd., 2013; Köroğlu ve Kandemir, 2019a; Yamaç vd., 2021b'den düzenlenmiştir).

Table 3. Interesting caves of Türkiye (modified from Uzun, 1991; Törk et al., 2013; Köroğlu and Kandemir, 2019a; Yamaç et al., 2021b).

Sıra	Oluşum	Bölge	Uzunluk (m)	Derinlik (m)
1	Altınbeşik Mağarası	Ürnlü, Antalya	4538	+134
2	Ayvaini Mağarası	Doğanalan, Bursa	4866	-80
3	Balatini Mağarası	Çamlık-Derebucak, Konya	1768	-32
4	Bayındır Mağarası	Bayındır-Büyükorhan, Bursa	266	-31
5	Birkleyn Mağarası	Lice, Diyarbakır	-	-
6	Bulak Mencilis Mağarası	Bulak, Karabük	5250	-4, +162
7	Cennet-Cehennem Mağaraları	Silifke, İçel	-	-135/-110
8	Cumayanı Mağarası	Cumayanı, Zonguldak	1100	-16
9	Çem Düdeni	Tomarza, Kayseri	1069	-605
10	Çukurpınar Düdeni	Anamur, İçel	3550	-1196
11	Damlataş Mağarası	Himmetli-Saimbeyli, Adana	317	-22
12	Dim Mağarası	Alanya, Antalya	360	-26
13	Dodurgalar Mağarası	Dodurgalar-Acıpayam, Denizli	140	-5/+5.5
14	Döngel Mağarası	Döngel-Göksun, Kahramanmaraş	319	+38
15	Dupnisa Mağarası	Demirköy, Kırklareli	3150	+154
16	Gökgöl Mağarası	Erçek, Zonguldak	3350	-11/+43
17	İkigöz Mağarası	Çatalca, İstanbul	4816	+50
18	İlgarini Mağarası	Sümenler, Kastamonu	858	-250
19	İnsuyu Mağarası	Burdur	8350	+156
20	Kadiini Mağarası	Alanya, Antalya	-	-
21	Karain Mağarası	Döşemealtı, Antalya	100	-15
22	Keş Düdeni	Döngel, Kahramanmaraş	1801	-728
23	Kırkgözler Mağarası	Döşemealtı, Antalya	821	-83
24	Kızılelma Mağarası	Ayiçi, Zonguldak	6630	-114
25	Kızılın Mağarası	Burdur	2100	-
26	Kocain Mağarası	Ahırtaş, Antalya	669	-79
27	Körükini ve Suluin Mağaraları	Çamlık-Derebucak, Konya	1936	-107
28	Kuzgun Mağarası	Aladağ Dağları, Niğde	3187	-1400
29	Morca Düdeni	Anamur, İçel	4068	-1210
30	Oylat Mağarası	İnegöl, Bursa	665	+126
31	Öküzini Mağarası	Döşemealtı, Antalya	60	-
32	Peynirlikönü Düdeni	Anamur, İçel	3118	-1429
33	Pınargözü Mağarası	Yenişarbademli, Isparta	8500	+440
34	Sarpunalınca Mağarası	Devrekani, Kastamonu	1683	-59/+9
35	Sıtmasıyü Mağarası	Beykonağı-Bozyazı, Mersin	135	-5
36	Sofular Mağarası	Sofular, Zonguldak	490	-80
37	Suluin Mağarası	Döşemealtı, Antalya	300	-40
38	Susuz Mağarası	Seydişehir, Konya	2303	-79
39	Tilkiler Mağarası	Manavgat, Antalya	6818	-66/+99
40	Tınaztepe Mağaraları ve *Düdeni	Seydişehir, Konya	*1015- 1650	-5/-200*
41	Üçağızlı Mağarası	Samandağ, Hatay	30	-
42	Yarımburgaz Mağarası	Küçük Çekmece, İstanbul	1021	-
43	Yaylacık-İnilti Pazarı Mağara Sistemi	Gündoğmuş, Antalya	5929	-595
44	Yazören Mağarası	Savaştepe, Balıkesir	3564	-113
45	Zindan Mağarası	Aksu, Isparta	760	+15
46	Karaca Mağarası	Torul, Gümüşhane	150	+5/-15
47	Çal Mağarası	Düzköy, Trabzon	1010	+52

Çizelge 4. Karaca Mağarası'nın 2020-2023 yılları arasındaki ziyaretçi sayıları (T.C. Gümüşhane İl Özel İdaresi'nden alınmıştır).

Table 4. Number of visitors to Karaca Cave between 2020 and 2023 (were obtained from T.C. Gümüşhane Special Provincial Administration).

YIL	2020					2021					2022					2023				
AY	ÖGR.	SİV.	YAB.	ÜCR.	TOP.	ÖGR.	SİV.	YAB.	ÜCR.	TOP.	ÖGR.	SİV.	YAB.	ÜCR.	TOP.	ÖGR.	SİV.	YAB.	ÜCR.	TOP.
OCAK	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	487	959	263	7	1692
ŞUBAT	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	91	188	83		362
MART	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NİSAN	-	-	-	-	-	53	255	94	17	419	228	433	105	25	791	652	2034	444	38	3168
MAYIS	-	-	-	-	-	154	538	188	65	945	1798	3844	1808	124	7574	1942	4003	1233	47	7225
HAZİRAN	791	1956	5	118	2870	1173	3551	1686	229	6639	1792	4214	3869	153	10028	3645	9859	3640	53	17197
TEMMUZ	3610	8053	77	267	12007	7897	18614	5950	757	33218	4648	12194	10300	205	27347	6610	16935	10698	94	34337
AĞUSTOS	6292	14466	56	385	21199	5701	15825	5412	571	27509	4485	13002	10807	231	28525	6475	17923	9078	49	33525
EYLÜL	1565	4935	126	134	6760	1348	5837	3897	347	11429	1562	5980	4369	68	11979	1932	7789	3007	22	12750
EKİM	1173	3509	601	118	5401	1814	3581	2133	348	7876	906	2551	1997	50	5504	797	3091	1228	11	5127
KASIM	314	1126	457	89	1986	680	1832	1213	174	3899	646	1616	959	11	3232	-	-	-	-	-
ARALIK	-	-	-	-	-	403	510	447	31	1391	482	941	568	21	2012	-	-	-	-	-
GENEL TOPLAM	13745	34045	1322	1111	50.223	19223	50543	21020	2539	93325	16547	44775	34782	888	96992	22631	62781	29674	321	115.383

YER: Yerli, YAB: Yabancı, SİV: Sivil, ÖGR: Öğrenci, TOP: Toplam, ÜCR: Ücretsiz; ziyaretçi sayıları.

YER: Local, YAB: Foreign, SİV: Non-student, ÖGR: Student, TOP: Total, ÜCR: Free; visitor numbers.

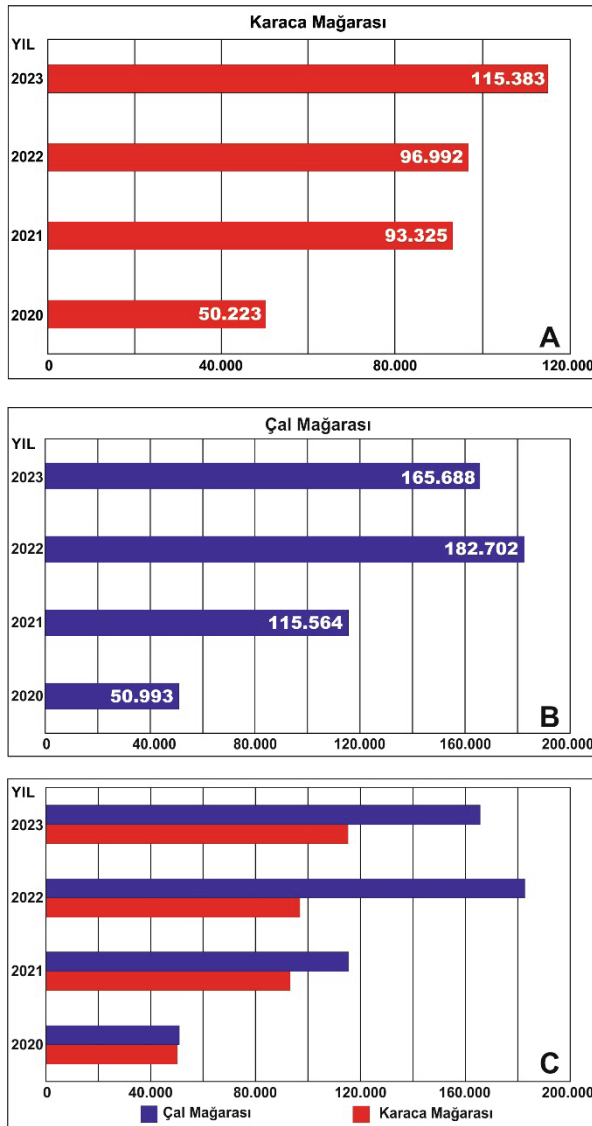
Çizelge 5. Çal Mağarası'nın 2020-2023 yılları arasındaki ziyaretçi sayıları (T.C. Trabzon Büyükşehir Belediyesi'nden alınmıştır).

Table 5. Number of visitors to Çal Cave between 2020 and 2023 (were obtained from T.C. Trabzon Metropolitan Municipality).

YIL	2020					2021					2022					2023				
AY	YER.	YAB.	SİV.	ÖGR.	TOP.	YER.	YAB.	SİV.	ÖGR.	TOP.	YER.	YAB.	SİV.	ÖGR.	TOP.	YER.	YAB.	SİV.	ÖGR.	TOP.
OCAK	1069	838	1606	301	1907	223	135	358	81	439	465	359	824	173	997	1070	1302	2372	449	2821
ŞUBAT	443	179	380	242	622	313	114	477	197	624	582	388	970	220	1190	424	356	780	130	910
MART	568	265	531	302	833	369	149	518	168	686	469	688	1157	80	1237	638	816	1454	190	1644
NİSAN	-	-	-	-	-	359	157	516	125	641	532	255	787	153	940	2765	1287	4052	679	4731
MAYIS	-	-	-	-	-	431	469	900	154	1054	4556	6731	11287	1053	12340	1998	4342	6340	509	6849
HAZİRAN	2752	25	1969	808	2777	2894	3429	6523	1098	7421	4848	13251	18099	813	18912	7664	15208	22872	2323	25195
TEMMUZ	10624	434	7966	3092	11058	13169	19400	32569	6193	38762	11505	36984	48489	3289	51778	14193	45370	59563	3895	63458
AĞUSTOS	15780	1984	13495	4269	17764	10853	19373	30226	4399	34625	10452	42883	53335	2998	56333	12489	43490	55979	4101	60080
EYLÜL	5625	961	5112	1474	6586	5332	8415	13747	1389	15136	6047	13866	19913	1083	20996	-	-	-	-	-
EKİM	5464	1029	5172	1321	6493	2571	4397	6968	935	7903	1943	6405	8348	549	8897	-	-	-	-	-
KASIM	1651	778	2115	314	2429	2408	2405	4813	901	5714	1840	2797	4637	560	5197	-	-	-	-	-
ARALIK	349	175	450	74	524	896	1324	2220	339	2559	1339	2067	3406	479	3885	-	-	-	-	-
GENEL TOPLAM	44325	6668	38796	12197	50.993	39818	59767	99535	15979	115564	44578	126674	171252	11450	182702	41241	112171	153412	12276	165688

YER: Yerli, YAB: Yabancı, SİV: Sivil, ÖGR: Öğrenci, TOP: Toplam; ziyaretçi sayıları.

YER: Local, YAB: Foreign, SİV: Non-student, ÖGR: Student, TOP: Total; visitor numbers



Şekil 12. Karaca ve Çal mağaralarının 2020-2023 arasındaki ziyaretçi sayılarına göre karşılaştırılması. **a)** Karaca Mağara'sının 4 yıllık değişimi; **b)** Çal Mağara'sının 4 yıllık değişimi; **c)** Her iki mağaranın aynı dönemlerdeki ziyaretçi değişimi (grafik ve veri detayları Çizelge 4 ve 5 içinde görülebilir).

Figure 12. A comparison of Karaca and Çal caves according to the number of visitors between 2020-2023. **a)** 4-year change of Karaca Cave; **b)** 4-year change of Çal Cave; **c)** Visitor change of both caves in the same periods (graphic and data details can be seen in Table 4 and 5).

TARTIŞMA ve SONUÇLAR

Türkiye, Paleozoyik-Holosen arasındaki farklı katlar içinde değişik kalınlık ve yayılım gösteren sedimanter birimlerde; platform-resifal, allohton-otokton ve kalsiklastik-evaporitiklerden oluşan çeşitli karst alanlarına sahip çok zengin bir ülkedir (Okay ve Tüysüz, 1999; Nazik vd., 2019; Kuzucuğlu vd., 2019; Yamaç vd., 2021a). Karst alanlarının dağılımı Akdeniz ve Ege bölgelerinde, Toros Karbonat Platformu sayesinde yoğunlaştığı ve en önemli mağaralarında bu bölgelerde yer aldığı bilinmektedir (Nazik vd., 2019; Yamaç vd., 2021a, b). Bu bölgeler, “Güneş-Kum-Deniz” turizm faaliyetlerinde de ülkenin en önemli destinasyonlarının olduğu alanları da içinde barındırmaktadır. Jeoturizm faaliyetleri mevcut jeolojik kaynak değerler üzerinden yapıldığı için Karaca ve Çal mağaralarının potansiyeli kalıcı olmakla birlikte, üzerinde çeşitlendirmeler ve yeni potansiyel alanlar oluşturmak da mümkündür (Zaman vd., 2011; Zaman, 2012; Koçan, 2012; Merdan ve Okuroğlu, 2016; Köroğlu ve Kandemir, 2019a). Bütünleşik turizm faaliyetlerinde Türkiye'nin her yeri için uygun olmayan mağara turizmi, Akdeniz ve Ege için çok uygun alanlara sahiptir. Bu iki bölge dışında ülke genelinde tekil olarak jeoturizm faaliyeti kapsamında; Karadeniz (Karaca ve Çal mağaraları), İç Anadolu (Balatini, Körükini ve Suluin mağaraları) ve Trakya (Dupnisa Mağarası) bölgelerindeki illerin en önemli turizm cazibe merkezi mağaralar haline dönüşmüştür (Koçan, 2012; Köroğlu ve Kandemir, 2019a; Yamaç vd. 2021a, b). Türkiye'nin mağara envanterinin ortaya çıkarılması; başta turizm için planlama, sonrasında da bilimsel ve koruma-kullanma düzenlenmesi ile dünya standartlarında jeopark oluşturulması için girişimlerin ön plana çıkması gerekmektedir (Köroğlu ve Kandemir, 2019a; Nazik vd., 2019; Yamaç vd., 2021a, b; Köroğlu ve Mülâyim, 2023).

Jeolojik oluşumlar hem jeolojik miras hem de yenilenemeyen doğal kaynak değerler olarak hayatımızdaki abiyotik yaşamsal unsurlardır.

Biyolojik olarak yeniden üretilen veya belirli bir planlama sonucu sürekliliği kontrol altına alınabilen kaynaklar, hayatın olağan akışı içindeki yokluğu/yoksunluğu hemen fark edilmektedir. Buna karşın abiyotik değerlere olan bağımlılık sürekli olmadığından zaman içinde yok oluşları da anlaşılamamaktadır (Köroğlu ve Kandemir, 2019a). Jeolojik oluşumların geçirdiği süreçler, önemi ve içindeki sırlar bile sınırlı uzmanlar tarafından detaylı olarak bilinmektedir. Jeolojik oluşumları detaylı olarak toplum nezdinde anlaşılabilir konumda tutmak için jeolojik eğitim ve jeoturizm faaliyetlerine yönelmek doğal kaynak değerlerin korunması açısından çok önemlidir (Newsome, 2013; Köroğlu ve Kandemir, 2019a; Köroğlu ve Mülâyim, 2023).

Mağaralar, jeolojik tarihçe boyunca yakın bir zaman içindeki hem iklim-drenaj hem coğrafi konum hem de eski medeniyetler hakkındaki bilgileri de içinde barındıran sınırlı ve koşullu ortamlardır (Uzun, 1991; Zaman vd. 2011; Yamaç vd., 2021a, b; Köroğlu ve Kandemir, 2019a;). Farklı türlerde mağara oluşumu veya isimlendirmeleri mevcutken uzunluk ve derinlik bakımından çok çeşitli özellikleri ile dünyanın her yerinde bulundukları gibi Türkiye’de çok sayıda iyi örneğe sahiptir (Nazik vd., 2019; Kuzucuoğlu vd., 2019; Yamaç vd., 2021a, b). Türkiye’de genel olarak sedimanter/tortul/çökel kayaçlar içinde oluşan mağaralar, klastik birimler içinde oluşanlar da mevcuttur (Zeybek vd., 2023), başlıca kalsiyum karbonat (CaCO_3) içeren kireçtaşlarında en önemli ve ünlü mağaralar oluşmuştur (Nazik vd., 2019; Kuzucuoğlu vd., 2019; Yamaç vd., 2021a, b). Ancak bu değerli ve çok önemli jeolojik ve jeomorfolojik örneklerin tam kapasitesinin hem bilimsel hem de jeoturizm amacı uygun ve etkin bir şekilde değerlendiril(e)mediği gözlenmiştir (Köroğlu ve Mülâyim, 2023).

Karaca ve Çal karstik kireçtaşı mağaraları; sağlık, sportif ve ziyaret amaçlı turizm faaliyetlerinde yoğun olarak kullanılmıştır (Çizelge 4 ve 5; Şekil 12). Ancak kireçtaşı mağaralarında uzun zaman içinde oluşan dikit, sarkıt, damlataş ve mağara incileri ile bunlarla ilişkili diğer yapılar yoğun insan kullanımına ve doğal olmayan ışık kaynağından dolayı binlerce yıllık süreç içinde oluşan bu yapılar çok yüksek oranda etkilenmektedir (Zaman, 2000; Törk vd., 2013; Ekşioğlu ve Zeybek, 2018; Köroğlu ve Kandemir, 2019a).

Jeoturizm kavramı sayesinde jeolojik miras değeri olan karstik yapılar hem bilimsel hem de uygulamalı olarak sınırlı bir şekilde değerlendirilmektedir (Köroğlu ve Mülâyim, 2023). Karaca ve Çal mağarasının, sadece turizm faaliyeti ya da koruma faaliyetleri ile yenilenebilir olmayan veya kendini yenileme süresi çok uzun karstik oluşumların, tekil bir anlayışla ele alınmaması gerekmektedir. Turizmin çeşitlendirilmesi ne kadar önemli olsa da bilimsel altyapı ve uygulama eksiklikleri ile yapılan karst jeoturizm ile mağaralar büyük zarar görmüştür (Bekaroğlu ve Yiğitbaşıoğlu, 2010; Törk vd., 2013; Köroğlu ve Kandemir, 2019a). Çevresel drenaj ile toplanıp mağara içine giren sulardaki kirlilik mağaranın ekolojik dengesini, canlılarını (yarasa, semender vb.) ve tüm karstik yapıları sürekli etkilemektedir (Dilek vd., 1992; Törk vd., 2013; Köroğlu ve Kandemir, 2019a; Alemdağ vd., 2023). Karaca ve Çal mağaraları içine insan girişi ile karbondioksit (CO_2) seviyesinde artışı getirmekte, her iki mağara da ölçülen Radon (Rn) seviyelerini göre uzun dönem maruz kalınması akciğer kanserine sebebiyet verebilmekte (Çevik vd., 2011), mağaraların ekosistemi ısınmakta ve bu ısı ile beraber mağaranın doğal renkleri de kaybolmaktadır (Zaman vd., 2011; Törk vd., 2013; Köroğlu ve Kandemir, 2019a).

Türkiye’nin jeolojik koruma stratejileri incelendiğinde hem Türkçe hem yabancı dillerdeki çalışmalara göre ilk sırada jeolojik miras (%62),

jeoturizm (%29) ve jeolojik koruma (%9) olarak sıralandığı tespit edilmiştir (Köroğlu ve Mülâyim, 2023). Bu çalışma ile jeolojik miras alanlarının hem yoğun araştırıldığı hem de detayları ile bilindiği gösterilmiştir. Jeolojik miras (%62) ve jeolojik koruma (%9) çalışmalarının içindeki alanlar, başta mağaralar olmak üzere (Çizelge 1, 2 ve 3; Şekil 10 ve 11), diğer kaynakların da jeoturizm kavramı içinde değerlendirilmesi sürdürülebilirlik ve koruma-kullanım için yeni bir açılım olacaktır.

Bu çalışmada elde edilen bulgular, saha gözlemleri ve incelenen literatür ışığında aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

1. Türkiye'nin her bölgesinde mevcut olan karstlaşmaya uygun kayaçlar ve bunlar içinde gelişen dünya çapındaki önemli uzunluk-derinlik değerlerine sahip mağara ve düdenler, jeoturizm potansiyelimizin en büyük kaynak değeri olarak değerlendirilmiştir.
2. Doğu Karadeniz Bölümü'ndeki; Karaca ve Çal mağaraları hem yapısal-dokusal hem bilimsel hem de turistik özellikleri bakımından Türkiye'nin kuzeydoğusundaki Doğu Karadeniz Bölümü içinde bulunan en iyi karstik oluşum örnekleri olarak değerlendirilmiştir.
3. Mesozoyik-Senozoyik zamanlarına yayılan, farklı sistem ve katlar içinde çökelmiş Berdiga Formasyonu ve Şahinkaya Üyesi'nin neritik (sığ) ve yarı pelajik (orta derin) kireçtaşları karstik oluşumlar açısından bölgedeki en önemli jeolojik kaynak değerler olarak öne çıkmıştır.
4. Kireçtaşı veya karbonatlı kayaçlar bölgedeki en sarp ve yükseltiye sahip birimlerdir. Böylece karstik oluşumların yanında dağcılık faaliyetleri içinde önemli parkurlara imkân vermektedir.
5. Her iki mağaranın jeoturizm faaliyetleri için sahip olduğu yapısal özelliklerinin yanında bölgesel katkılar ve bilinçli yerel halkın varlığıyla önemli bir turizm cazibesi yaratacak destinasyonlara sahip olduğu gözlenmiştir.
6. Mağara gibi oluşumlar, binlerce yıllık süreçler ile ortaya çıkan jeolojik miras değerleri olmasından dolayı koruma-kullanım dengesi (Köroğlu ve Kandemir, 2019a) ile jeolojik koruma (Köroğlu ve Mülâyim, 2023) için çok yönlü ele alınması gereken yenilenebilir olmayan kaynak değerler olarak tanımlanmıştır.
7. Yıllar içinde hacimsel turist sayılarında artıştan daha önemli bir kavram olan turizm çeşitlenmesi ve turist niteliğinde bir değişim yaratılması da gerekmektedir. Bilinçli turist ve eğitimsel jeoturizm faaliyetleri için bu alanların kullanılması doğal potansiyel gelişiminde bir değişim yaratacaktır (Köroğlu ve Kandemir, 2019a).
8. İnsan ile en üst seviyede etkileşim içinde olan bu karstik oluşumların insan kaynaklı etkilerden korunması için yeterli önlem ve bilimsel yaklaşımların geliştirilmesinin gerekli olduğu gözlenmiştir.
9. Madencilik ve endüstriyel ham madde üretiminde yoğun talep edilen kireçtaşları, Karaca ve Çal mağaralarının oluşum ortamıdır. Hem mevcut karstik yapılar hem de yeni tespit edilmesi muhtemel yapılar için potansiyel kireçtaşı mostraları koruma altına alınmalıdır.
10. Dünyada jeolojik koruma ve sürdürülebilirlik, en iyi ve etkili bir şekilde jeoparklar içinde yapılmaktadır. Bu kaynak değerlerimizi korumak, kullanmak ve sürdürülebilir bir şekilde yaşatılması isteniyorsa ya bölgesel ya da tematik bir jeopark içine alınması gerekmektedir.
11. Turizm çeşitlendirilmesi kapsamında son dört yılda Karaca Mağarası 355.923 ve Çal Mağarası 514.947 ziyaretçi ile Doğu

Karadeniz Bölümü'nün kalkınmasında jeolojik miras etki faktörünün yüksek olduğu görülmüştür. Bu mağaraların sürdürülebilir turizmde “Heyecan-Eğlence-Eğitim” faaliyetleri için bölgesel olarak rol model olması adına daha bilimsel bir yaklaşım ile ele alınması gerekmektedir. Jeolojik miras değerleri, jeopark içinde daha efektif yönetilir mantığına göre bulundukları bölgelerin jeopark dönüşümüne hazır hale getirilmesi de önemlidir.

12. Her iki mağaranın bulunduğu bölgeler, jeopark olabilecek önemli havzaları içerir. Karaca Mağarası Kurum Vadisi'nde, Çal Mağarası ise Kalanima Havzası içerisinde bulunmaktadır. Turizm lokomotifi olan bu iki mağara bölgelerindeki diğer kültürel miras ve doğal kaynak değerleriyle jeopark olması yolunda önemli kazanımlara sahiptir (Kandemir ve Köroğlu, 2017; Köroğlu ve Kandemir, 2019a).

EXTENDED SUMMARY

Geotourism is defined as a form of tourism centred around geological attractions and destinations (Dowling and Newsome, 2005; Dowling, 2013). In recent years, both the scientific and economic exploitation of geological heritage have developed in parallel with the above term. This situation has also led to an approach at the threshold between conservation and utilisation of geological heritage (Köroğlu and Kandemir, 2019a). Geotourism has emerged as a new trend that uses alternative resources for tourism activities that evolve according to people's demands and needs. Although tourism activities continue to follow the '3S (sea-sun-sand)' concept, people's preferences have changed towards the '3E (exciting-educational-entertainment)' concept in the face of technological developments in the world, environmental pressures on people and a return to nature (McCool and Moisey, 2008;

Kandemir and Köroğlu, 2017; Khakzad, 2018; Köroğlu and Kandemir, 2019a; Mestanza-Ramón et al., 2020). Almost all materials used to diversify tourism have geological origin, and there are also ecologically supported resources. Caves, whose geological formations date back many years, have a delicate ecological balance and are of interest because they are the first settlements for living creatures, contain traces of civilisations, serve as centres of belief, and occupy an important place in the geological history of the Earth. Since the formation conditions and structural features of caves are resources that cannot be produced artificially, they contribute significantly to caves being centres of attraction.

The geological outcrops of Türkiye include karstified sedimentary rocks (Figure 10) and there are significant caves and sinkholes spread over different regions of the country (Uzun, 1991; Törk et al., 2013; Nazik and Tuncer, 2010; Nazik et al., 2019; Köroğlu and Kandemir, 2019a; Yamaç et al., 2021a, b). The Karaca and Çal caves (Figure 2 & 6), formed in neritic and hemipelagic limestones within the Mesozoic-Cenozoic erathems in the Eastern Black Sea Region, are regionally important geotourism assets (Köroğlu and Kandemir, 2019b; Consorti and Köroğlu, 2019; Özyurt et al., 2019, 2020). In the 4-year period between 2020 and 2023, Karaca Cave hosted 355,923 visitors and Çal Cave hosted 514,947 visitors (Tables 4 & 5; Figure 12). The argument that they are very important assets for geotourism is illustrated by the annual number of visitors including more domestic and foreign tourists than the population within the borders of the provinces and regions where the caves are located. Geological formations, together with the concept of geotourism, represent an important alternative tourism area for local and global tourists. The investments made in these caves were also very well received by the local population, as they do not involve any disturbance, destruction, or regional incompatibility. The geological assets

contribute more to attracting large numbers of tourists than any other activity in regions with no other attractions, apart from caves.

The development of tourist volumes in Türkiye with the '3S (sea-sun-sand)' triad was blocked at some point. While the same services are offered in similar Mediterranean countries, the destinations based on the geological resources unique to each country play a crucial role in the '3E (exciting-educational-entertainment)' concept. Karstic studies in Türkiye have spanned many years and attracted many researchers (Nazik and Tuncer, 2010; Nazik et al., 2019; Yamaç et al., 2021a, b). According to data obtained in recent studies, the country has important karst asset both in terms of length and depth (Nazik et al., 2019; Yamaç et al., 2021a, b). In the 21st century, despite increased awareness and visibility, more detailed studies about the balance between conservation and utilisation of karst structures have not been conducted.

In conclusion, the Karaca and Çal caves should be treated more carefully and their geotourism potential should be increased in order to contribute to sustainability and local development of the geotourism concept, with these non-renewable resources being open to both economic and scientific activities.

KATKI BELİRTME ve TEŞEKKÜR

Bu çalışmada; Karaca Mağarası (Gümüşhane) ve civarının jeoloji haritası ile Berdiga Formasyonu'nun sedimantolojik özellikleri için Dr. Merve ÖZYURT'a (Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon), mağaralardaki profesyonel fotoğraf çekimi ve fotoğraf düzenlemesinde Metin ÇULFAZ (İstanbul) ile Uğur BULUT'a (Ankara) özverili katkıları için teşekkürlerimi sunuyorum. Makalenin ilk versiyonunu okuyarak hem dil hem de içerik yönünden eleştirel katkı sunan; Dr. Oğuz Mülâyim (TPAO, Adıyaman) ve

Dr. Onur ALKAÇ'a (Fırat Üniversitesi, Elâzığ) teşekkürlerimi sunuyorum. Çalışma için herhangi bir destek alınmamış olup tüm finansman Dr. Fatih KÖROĞLU tarafından sağlanmıştır. İsimleri belirtilmeyen dört anonim hakeme, makale inceleme sürecindeki değerli katkıları ve yapıcı önerilerinden dolayı teşekkürlerimi sunuyorum. Prof. Dr. Erdinç YİĞİTBAŞ (TJB Editörü) Dr. İ. Onur TUNÇ (TJB Yardımcı Editörü) ve Dr. Mustafa AVCIOĞLU'NA (TJB Yardımcı Editörü) editöryal süreçteki titiz yaklaşımları için teşekkürlerimi sunuyorum.

ORCID

Fatih Köroğlu  <https://orcid.org/0000-0002-2430-1161>

KAYNAKLAR / REFERENCES

- Alemdağ, H., Köroğlu, F., Öğretmen-Aydın, Ö., Şeren, A., Babacan, A. E. ve Fırat-Ersoy, A. (2023). Şahinkaya Üyesi'nin Karbonatlı Çökellerindeki Karst Yapıları ve Yeraltı Su Akış Sistemlerinin Hidrojeofiziksel Yöntemlerle İncelenmesi: Çal Camili Tabiat Parkı, Çalköy (Trabzon/Türkiye). Çelik, Y., Bircan, C. ve Mertdinç, E. (Ed.ler), *Sedimantoloji Çalışma Grubu 2023 Çalıştayı Bildiri Özleri Kitabı* (s.74-75), İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa.
- Altınay-Özdemir, M. ve Kızılırmak, İ. (2019). Jeolojik Miras Alanlarının Jeoturizm Açısından İncelenmesi Üzerine Bir Araştırma. *Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 12(63), 947-956.
- Anderson, J. (2010). Caves and karst geotourism in Australia. In Dowling R, Newsome D (Eds.), *Global geotourism perspectives*. Goodfellow Publishers Ltd.
- Arslan, M. & Aliyazıcıoğlu, I. (2001). Geochemical and petrological characteristics of the Kale (Gümüşhane) volcanic rocks: Implications for the Eocene evolution of eastern Pontide arc volcanism, northeast Turkey. *International Geology Review*, 43, 595-610.
- Arslan, M. & Aslan, Z. (2006). Mineralogy, petrography and whole-rock geochemistry of the Tertiary granitic intrusions in the Eastern Pontides, Turkey.

- Journal of Asian Earth Sciences*, 27(2), 177-193.
- Ateş, H. Ç. & Ateş, Y. (2019). Geotourism and rural tourism synergy for sustainable development-Marçik Valley case-Tunceli, Turkey. *Geoheritage*, 11, 207–215. <https://doi.org/10.1007/s12371-018-0312-1>
- Atasoy, S. G., Altiner, D. & Özkan-Altiner, S. (2022). Calibrating the Late Jurassic–Early Cretaceous shallow and deep marine bioevents by quantitative biostratigraphy: A synthesis from the Pontides Carbonate Platform (Turkey). *Earth-Science Reviews*, 231, Article 104071. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2022.104071>
- Aydin, F., Thompson, R., Karsli, O., Uchida, H., Burt, J. B. & Downs, R. (2009). C2/c pyroxene phenocrysts from three potassic series in the Neogene alkaline volcanics, NE Turkey: their crystal chemistry with petrogenetic significance as an indicator of P–T conditions. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 158, 131-147.
- Aydin, F. (2014). Geochronology, geochemistry, and petrogenesis of the Maçka subvolcanic intrusions: implications for the Late Cretaceous magmatic and geodynamic evolution of the eastern part of the Sakarya Zone, northeastern Turkey. *International Geology Review*, 56, 1246-1275.
- Aydin, F., Oğuz-Saka, S., Şen Ç., Dokuz, A., Aiglsperger, T., Uysal, İ., Kandemir, R., Karşı, O., Sarı, B. & Başer, R. (2020). Temporal, geochemical and geodynamic evolution of the Late Cretaceous subduction zone volcanism in the eastern Sakarya Zone, NE Turkey: Implications for mantle-crust interaction in an arc setting. *Journal of Asian Earth Sciences*, 192, Article 104217. <https://doi.org/10.1016/j.jseae.2019.104217>
- Bayer, M. Z. (1992). *Turizme Giriş*. İşletme Fakültesi Yayın No: 253. İstanbul Üniversitesi.
- Bekaroğlu, E. ve Yiğitbaşıoğlu, H. (2010). Karaca Mağarası'ndaki (Gümüşhane) bir yıllık sıcaklık ölçüm sonuçlarının değerlendirilmesi. *Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi*, 2 (1), 1-12.
- Bektaş, O., Yılmaz, C., Taşlı, K., Akdağ, K. & Özgür, S. (1995). Cretaceous rifting of the eastern Pontide carbonate platform (NE Turkey): the formation of carbonates breccias and turbidites as evidences of a drowned platform. *Geologia*, 57 (1-2), 233-244.
- Brilha, J. B. (2016). Inventory and quantitative assessment of geosites and geodiversity sites: a review. *Geoheritage*, 8, 119-134. <https://doi.org/10.1007/s12371-014-0139-3>
- Brilha, J. B. (2018). Geoheritage: inventories and evaluation. In E. Reynard, J. Brilha (Eds.), *Geoheritage* (pp. 69-85). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809531-7.00004-6>
- Bruno, D. E., Crowley, B. E., Gutake, J. M., Moroni, A., Nazarenko, O. V., Oheim, K. B., Ruban, D. A., Tiess, G. & Zorina, O. S. (2014). Paleogeography as geological heritage: developing geosite classification. *Earth Science Review*, 138, 300-312.
- Chalikakis, K., Plagnes, V., Guerin, R., Valois, R. & Bosch, F. P. (2011). Contribution of geophysical methods to karst-system exploration: an overview. *Hydrogeology Journal*, 19 (6), 1169.
- Cigna, A. A. & Burri, E. (2000). Development, management and economy of show caves. *International Journal of Speleology*, 29(1), 1-27.
- Consorti, L. & Köroğlu, F. (2019). Maastrichtian-Paleocene larger Foraminifera biostratigraphy and facies of the Şahinkaya Member (NE Sakarya Zone, Turkey): insights for the Eastern Pontides arc sedimentary cover. *Journal of Asian Earth Sciences*, 183, Article 103965. <https://doi.org/10.1016/j.jseae.2019.103965>
- Consorti, L., Schlagintweit, F., Köroğlu, F. & Rashidi, K. (2020). Stratigraphic record of Eponides Montfort 1808 (benthic Foraminifera) through the Paleocene carbonates of the northern Neotethys margin. *Micropaleontology*, 66(5), 369-376.
- Cengiz, C., Şahin, S., Cengiz, B., Bahar-Başkır, M. & Keçecioglu-Dağlı, P. (2021). Evaluation of the visitor understanding of coastal geotourism and geoheritage potential based on sustainable regional development in western Black Sea region, Turkey. *Sustainability*, 13(21), Article 11812. <https://doi.org/10.3390/su132111812>
- Çevik, U., Kara, A., Celik, N., Karabidak, M. & Celik, A. (2011). Radon Survey and Exposure Assessment in Karaca and Çal Caves, Turkey. *Water, Air, & Soil Pollution*, 214, 461-469.
- De Waele, J. & Gutierrez, F. (2022). *Karst hydrogeology, geomorphology and caves*. John Wiley & Sonsele.

- De Waele, J. (2017). *Karst processes and landforms. The International Encyclopedia of Geography*. John Wiley and Sons.
- Delle Rose, M., Desideri, D., Patianna, M., Posi, M. E., Renzulli, A. & Zanchetta, G. (2014). Carbonate accretion processes, conservation and enjoyment of the 'Mannute Caves' Geoheritage Site (Salento, Southern Italy). *Geoheritage*, 6, 257-269.
- Díaz, A. R. (2010). *Cave biology: life in darkness*. Cambridge University Press.
- Dilek, R., Van, A., Boynukalın, S., Yalçınalp, B. & Özer, E. (1992). Doğu Karadeniz Bölgesinde Karstlaşma sonucu oluşan mağaralara bir örnek. *Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiri Özleri Kitabı*, (s. 45-71), JMO.
- Dokuz, A. (2011). A slab detachment and delamination model for the generation of Carboniferous high-potassium I-type magmatism in the Eastern Pontides, NE Turkey: The Köse composite pluton. *Gondwana Research*, 19, 926-944.
- Dokuz, A., Aydın, F. & Karşı, O. (2019). Postcollisional transition from subduction- to intraplate-type magmatism in the eastern Sakarya zone, Turkey: Indicators of northern Neotethyan slab breakoff. *GSA Bulletin*, 131(9-10), 1623-1642. <https://doi.org/10.1130/B31993.1>
- Dowling, R. K. & Newsome D. (2005). *Geotourism*. Elsevier.
- Dowling, R. K. (2010). Geotourism's global growth. *Geoheritage*, 3(1), 3-13.
- Dowling, R. K. (2013). Global geotourism—an emerging form of sustainable tourism. *Czech Journal of Tourism*, 2, 59-79.
- Eker, C. S. & Korkmaz, S. (2011). Mineralogy and whole rock geochemistry of late Cretaceous sandstones from the eastern Pontides (NE Turkey). *Neues Jahrbuch für Mineralogie-Abhandlungen*, 188(3), 235.
- Ekşioğlu, A. G. ve Zeybek, H.İ. (2018). Karaca Mağarası'nın Gümüşhane İli Turizmi İçindeki Yeri ve Önemi. II. Uluslararası Sürdürülebilir Turizm Kongresi Bildiriler Kitabı, (s.13-121), Gümüşhane Üniversitesi.
- Erinç, S. (2001). *Jeomorfoloji II* (Güncelleştirilmiş 3. Basım). Der Yayınları.
- Errami, E., Brocx, M. & Semeniuk, V. (2009). *From geoheritage to Geoparks. Case studies from Africa and beyond*. Springer.
- Ersoy, H., Kırmacı, M. Z. ve Ersoy, A. F. (2006). Geology and formation of Yazkonağı Cave (Ünye-Ordu). *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, 30(1), 39-48.
- Ertekin, C., Ekinci, Y. L., Büyüksaraç, A. & Ekinci, R. (2021). Geoheritage in a mythical and volcanic terrain: an inventory and assessment study for geopark and geotourism, Nemrut Volcano (Bitlis, Eastern Turkey). *Geoheritage*, 13, Article 73. <https://doi.org/10.1007/s12371-021-00593-5>
- Erüz, G. (2009). *Gümüşhane Kurum Vadisi Maden Köyü Yerleşmeleri* [Yayımlanmamış Doktora Tezi]. Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Erüz, Ş. (2008). *Gümüşhane Karaca Mağarası*. Şükrü Erüz.
- Escorihuela, J. (2018). The role of the geotouristic guide in Earth science education: towards a more critical society of land management. *Geoheritage*, 10, 301-310. <https://doi.org/10.1007/s12371-017-0236-1>
- Eyüboğlu, Y. (2015). Petrogenesis and U–Pb zircon chronology of felsic tuffs interbedded with turbidites (Eastern Pontides Orogenic Belt, NE Turkey): Implications for Mesozoic geodynamic evolution of the eastern Mediterranean region and accumulation rates of turbidite sequences. *Lithos*, 212, 74-92. <https://doi.org/10.1016/j.lithos.2014.11.006>
- Ford, D. & Williams, P. (2007). *Karst hydrogeology and geomorphology*. John Wiley and Sons Ltd.
- Ford, D., (2007). Jovan Cvijić and the founding of karst geomorphology. *Environmental Geology*, 51, 675–684.
- Gedikoğlu, A., Pelin, S. & Özsayar, T. (1979). The main lines of the geotectonic evolution of the eastern Pontides in Mesozoic era. *Geotectonics*, 1, 555-580.
- Gilli, É. (2015). *Karstology: Karsts, Caves and Springs*. Elements of Fundamental and Applied Karstology. CRC Press
- Ginés, A., Knez, M., Slabe, T. & Dreybrodt, W. (Eds.) (2009). *Karst Rock Features: Karren Sculpturing*. Karst Research Institute ZRC SAZU

- Goldscheider, N., Chen, Z., Auler, A. S., Bakalowicz, M., Broda, S., Drew, D., Hartmann, J., Jiang, G., Moosdorf, N., Stevanovic, Z. & Veni, G. (2020). Global distribution of carbonate rocks and karst water resources. *Hydrogeology Journal*, 28, 1661-1677. <https://doi.org/10.1007/s10040-020-02139-5>
- Goldscheider, N. & Drew, D. (2007). *Methods in karst hydrogeology*. International Contributions Tohydrogeology, Taylor & Francis/Balkema.
- Gray, M. (2004). *Geodiversity: valuing and conserving abiotic nature*. John Wiley and Sons Ltd.
- Gül, A. ve Özkul, M. (2023). Çal Kanyonu ve Çevresinin (Denizli, GB Anadolu) Jeolojik-Jeomorfolojik Özellikleri ve Jeoturizm Potansiyeli. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 66(1), 107-126. <https://doi.org/10.25288/tjb.935447>
- Gürer, A., Gürer, Ö. F. & Sangu, E. (2019). Compound geotourism and mine tourism potentiality of Soma region, Turkey. *Arabian Journal of Geosciences*, 12, 734. <https://doi.org/10.1007/s12517-019-4927-6>
- Güven, İ. H. (1993). *1:25000-scale geological and metallogenical map of the Eastern Black Sea region*. MTA (yayımlanmamış).
- Henriques, M. H., Pena dos Reis, R., Brilha, J. & Mota, T.S. (2011). Geoconservation as an emerging geoscience. *Geoheritage*, 3(2), 117-128.
- Herrera-Franco, G., Carrión-Mero, P., Montalván-Burbano, N., Caicedo-Potosí, J. & Berrezueta, E. (2022). Geoheritage and geosites: A bibliometric analysis and literature review. *Geosciences*, 12(4), 169. <https://doi.org/10.3390/geosciences12040169>
- Hippolyte, J.C., Müller, C., Sangu, E. & Kaymakci, N. (2015). Stratigraphic comparisons along the Pontides (Turkey) based on new nannoplankton age determinations in the Eastern Pontides: geodynamic implications. *Geological Society of London, Special Publications*, 428, 323-358.
- Hose, T. A. (1996). Geotourism, or can tourists become casual rock hounds? In M.R. Bennett (Ed.) *Geology on your doorstep*. The Geological Society of London
- Hose, T. A. (2005). Geotourism and interpretation. In R. K. Dowling, & D. Newsome (Eds.) *Geotourism*. Elsevier
- Hose, T. A. (2012). Geotourism and geoconservation. *Geoheritage*, 4(1-2), 1-5.
- Hussain, Y., Uagoda, R., Borges, W., Nunes, J., Hamza, O., Condori, C., Aslam, K., Dou, J. & Cardenas-Soto, M. (2020). The potential use of geophysical methods to identify cavities, sinkholes and pathways for water infiltration. *Water*, 12, 2289. <https://doi.org/10.3390/w12082289>
- İlhan, A., Çelik, M. A., Gülersoy, A. İ. ve Gümüş, N. (2017). Cehennem Deresi Kanyonu'nun (Ardanuç, Artvin) Ekoturizm Potansiyeli Açısından Değerlendirilmesi ve Planlama Önerileri. *Turkish Studies*, 12(3), 309-340. <http://dx.doi.org/10.7827/TurkishStudies.11451>
- İnan, N., İnan, S. ve Kurt, İ. (1999). Conformable benthic K/T transition in the eastern Pontides: Şahinkaya member of the Tonya formation (SW Turkey). *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 42(2), 63-67. https://www.jmo.org.tr/resimler/ekler/145a30ff80745b5_ek.pdf
- İnan, N. & İnan, S. (2014). Stratigraphic Ranges of the Benthic Foraminifera and Microfacies of the Upper Maastrichtian-Paleocene Shallow marine carbonate successions in the Eastern Pontides (NE Turkey). *Yerbilimleri*, 35(1), 79-86.
- İnaner, H., Sümer, Ö. & Akbulut, M. (2019). New geosite candidates at the western termination of the Büyük Menderes Graben and their importance on science education. *Geoheritage*, 11, 1291-1305. <https://doi.org/10.1007/s12371-019-00406-w>
- Jones, W. K. & White, W. B. (2019). Karst. In *Encyclopedia of Caves* (pp. 609-618). Academic Press.
- Kandemir, R. (2004). *Sedimentary Characteristics and Depositional Conditions of Lower-Middle Jurassic Şenköy Formation in and Around Gümüşhane* [Unpublished Ph.D. Thesis]. Karadeniz Technical University Institute of Natural and Applied Sciences. (in Turkish)
- Kandemir, R. & Yılmaz, C. (2009). Lithostratigraphy, facies, and deposition environment of the lower Jurassic Ammonitico Rosso type sediments (ARTS) in the Gümüşhane area, NE Turkey: Implications for the opening of the northern branch of the Neo-Tethys Ocean. *Journal of Asian Earth Sciences*, 34, 586-598.

- Kandemir, R. ve Köroğlu, F. (2017). Jeoturizm: sürdürülebilir turizme Doğu Karadeniz Bölgesi'nden örnekler. *DOKAP Bölgesi Uluslararası Turizm Sempozyumu. Bildiri Özleri Kitabı*, (s. 191-206). KTÜ.
- Kandemir, Ö., Akbayram, K., Çobankaya, M., Kanar, F., Pehlivan, S., Tok, T., Hakyemez, A., Ekmekçi, E., Danacı, F. & Temiz, U. 2019. From arc evolution to arc-continent collision: Late Cretaceous-middle Eocene geology of the Eastern Pontides, northeastern Turkey. *GSA Bulletin*, 131(11-12), 1889-1906.
- Karadeniz, E., Er, S., Boyraz, Z. & Coşkun, S. (2022). Evaluation of potential geotourism of Levent Valley and its surroundings using GIS route analysis. *Geoheritage*, 14, Article 77. <https://doi.org/10.1007/s12371-022-00710-y>
- Karlı, O., Chen, B., Aydın, F. & Şen, C. (2007). Geochemical and Sr–Nd–Pb isotopic compositions of the Eocene Dölek and Sarıççek Plutons, Eastern Turkey: Implications for magma interaction in the genesis of high-K calc-alkaline granitoids in a post-collision extensional setting. *Lithos*, 98, 67-96.
- Karlı, O., Dokuz, A., Uysal, İ., Aydın, F., Kandemir, R. & Wijbrans, J. (2010). Generation of the Early Cenozoic adakitic volcanism by partial melting of mafic lower crust, Eastern Turkey: implications for crustal thickening to delamination. *Lithos*, 114(1-2), 109-120.
- Karlı, O., Ketenci, M., Uysal, I., Dokuz, A., Aydın, F., Chen, B. & Wijbrans, J. (2011). Adakite-like granitoid porphyries in the Eastern Pontides, NE Turkey: Potential parental melts and geodynamic implications. *Lithos*, 127, 354-372.
- Kazancı, N. (2010). Jeolojik Koruma; Kavram ve Terimler. Jeolojik Mirası Koruma Derneği.
- Kazancı, N., Şaroğlu, F. & Suludere, Y. (2015). Geological heritage and framework list of the geosites in Turkey. *Bulletin of the Mineral Research and Exploration*, 151, 259-268. (in Turkish)
- Kazancı, N. & Kuzucuoğlu, C. (2019). Threats and conservation of landscapes in Turkey. In C. Kuzucuoğlu, A. Çiner, N. Kazancı (Eds.), *Landscapes and landforms of Turkey* (p.: 603-632), *World Geomorphological Landscapes*. Springer.
- Khakzad, S. (2018). Promoting coastal communities through cultural tourism: the case of fishing communities in Brunswick County, North Carolina. *Journal of Heritage Tourism*, 13(5), 455-471.
- Khalaf, E. E. D. A. H. (2022). Karst Heritage as a Tourist Attraction: a Case Study in the White Desert National Park, Western Desert, Egypt. *Geoheritage*, 14, Article 94. <https://doi.org/10.1007/s12371-022-00727-3>
- Kırmacı, M. Z. (1992). *Sedimentological Investigation of the Upper Jurassic-Lower Cretaceous Berdiga Limestone in the Alucra-Gümüşhane-Bayburt areas (Eastern Pontide Southern Zone)* [Unpublished Ph.D. Thesis]. Karadeniz Technical University Institute of Natural and Applied Sciences.
- Kırmacı, M. Z., Koch, R. & Bucur, J. I. (1996). An Early Cretaceous section in the Kircaova Area (Berdiga Limestone, NE-Turkey) and its correlation with platform carbonates in W-Slovenia. *Facies*, 34, 1–21.
- Kırmacı, M. Z. & Akdağ, K. (2005). Origin of dolomite in the Late Cretaceous-Paleocene limestone turbidites, eastern Pontides, Turkey. *Sedimentary Geology*, 181, 39-57.
- Kırmacı, M. Z., Yıldız, M., Kandemir, R. & Eroğlu-Gümruk, T. (2018). Multistage dolomitization in Late Jurassic–Early Cretaceous platform carbonates (Berdiga Formation), Başoba Yayla (Trabzon), NE Turkey: Implications of the generation of magmatic arc on dolomitization. *Marine and Petroleum Geology*, 89, 515-529.
- Koch, R., Bucur, I. I., Kırmacı, M. Z., Eren, M. & Taslı, K. (2008). Upper Jurassic and Lower Cretaceous carbonate rocks of the Berdiga Limestone–Sedimentation on an onbound platform with volcanic and episodic siliciclastic influx. Biostratigraphy, facies and diagenesis (Kircaova, Kale-Gümüşhane area; NE-Turkey). *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie-Abhandlungen*, 247, 23-61.
- Koçan, N. (2012). Karaca Mağarası'nın (Gümüşhane) Alternatif Turizm Kapsamında Değerlendirilmesi. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 3 (1), 37-44.

- Korkmaz, S. (1993). Tonya-Düzköy (GB-Trabzon) Stratigrafisi. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 36(1), 151-158. https://www.jmo.org.tr/resimler/ekler/837a451cd0abc5c_ek.pdf
- Köroğlu, F. (2018). *Stratigraphical, micropaleontological and sedimentological investigation of Şahinkaya Member in Çayırbağı-Çalköy (Düzköy/Trabzon) region* [Unpublished MSc. Thesis]. Recep Tayyip Erdoğan University, Graduate School of Natural and Applied Sciences.
- Köroğlu, F. & Kandemir, R. (2019a). Vulnerable Geosites of Çayırbağı-Çalköy (Düzköy-Trabzon) in the Eastern Black Sea Region of NE Turkey and Their Geotourism Potential. *Geoheritage*, 11, 1101-1111. <https://doi.org/10.1007/s12371-019-00358-1>
- Köroğlu, F. & Kandemir, R. (2019b). The biolithoclastic carbonate facies analysis: Şahinkaya Member Maastrichtian (Late Cretaceous) skeletal carbonate deposit, Sakarya Zone, NE Turkey. *Carbonates and Evaporites*, 34(4), 1737-1755. <https://doi.org/10.1007/s13146-019-00523-1>
- Köroğlu, F. & Mülayim, O. (2023). Geoconservation Strategies of Türkiye. *Geoheritage*, 15, Article 97. <https://doi.org/10.1007/s12371-023-00862-5>
- Kurt, İ., Özkan, M., Karşlı, Ş., Çolak, T. ve Topçu, T. (2005). *Doğu Karadeniz Bölgesi'nin Jeodinamik ve Metalojenik evrimi (Keşap, Giresun-Çarşıbaşı, Trabzon-Torul, Gümüşhane arasının jeolojisi)* (Rapor no: 10875). MTA (Yayımlanmamış).
- Kuzucuoğlu, C., Çiner, A. & Kazancı, N. (2019). Geomorphological regions of Turkey. In C. Kuzucuoğlu, A. Çiner & N. Kazancı (Eds.), *Landscapes and Landforms of Turkey* (p.: 41-178), *World Series of Geomorphology*. Springer.
- McCool, S. F. & Moisey, R. N. (Eds.). (2008). *Tourism, recreation and sustainability: Linking culture and the environment*. Cabi Digital Library.
- Merdan, K. ve Okuroğlu, S., 2016. Alternatif Turizm Çeşitlerinin Gümüşhane Turizmine Etkisi Üzerine Bir Araştırma/A Search on the Effect of the Alternative Kinds of Tourism on the Tourism of Gümüşhane. *Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 20(3), 961-984.
- Mestanza-Ramón, C., Pranzini, E., Anfuso, G., Botero, C. M., Chica-Ruiz, J. A. and Mooser, A. (2020). An Attempt to Characterize the “3S” (Sea, Sun, and Sand) Parameters: Application to the Galapagos Islands and Continental Ecuadorian Beaches. *Sustainability*, 12(8), 3468.
- Nazik, L. (2008). *Mağaraların Araştırılma, Koruma ve Kullanım İlkeleri*. MTA Yayını, Yerbilimleri ve Kültür Serisi, No.2, Ankara.
- Nazik, L. & Tuncer, K. (2010). Türkiye karst morfolojisinin bölgesel özellikleri. *Türk Speleoloji Dergisi*, *Karst ve Mağara Araştırmaları*, 1(1), 7-19.
- Nazik, L. & Poyraz, M. (2015). Role of neotectonics in karst morphology of Turkey, *IV. Ulusal Jeomorfoloji Sempozyumu Bildiriler Kitabı* (s. 203-213).
- Nazik, L. & Poyraz, M. (2017). A region that characterise the general karst geomorphology of Turkey: Central Anatolia Plateau karst zone, *Türk Coğrafya Dergisi*, 68, 43-56.
- Nazik, L. & Bayarı, S. (2018). Mağara zengini ülke: Türkiye. *Mavi Gezegen*, 24, 7-19.
- Nazik, L., Poyraz, M. & Karabıyıkoglu, M. (2019). Karstic landscapes and landforms in Turkey. In C. Kuzucuoğlu, A. Çiner, & N. Kazancı (Eds.), *Landscapes and Landforms of Turkey* (p.: 181-196), *World Series of Geomorphology*. Springer
- Newsome, D. & Dowling, R. K. (2018). Conclusions: thinking about the future. In R. Dowling & D. Newsome (Eds.), *Handbook of geotourism*. Edward Elgar Publishing.
- Newsome, D. & Dowling, R. K. (2010). *Geotourism: the tourism of geology and landscape*. Goodfellow Publisher.
- Nikishin, A. M., Okay, A.I., Tüysüz, O., Demirer, A., Amelin, N. & Petrov, E. (2015a). The Black Sea basins structure and history: New model based on new deep penetration regional seismic data. Part 1: Basins structure and fill. *Marine and petroleum Geology*, 59, 638-655.
- Nikishin, A. M., Okay, A., Tüysüz, O., Demirer, A., Wannier, M., Amelin, N. & Petrov, E., (2015b). The Black Sea basins structure and history: new model based on new deep penetration regional seismic data. Part 2: tectonic history and paleogeography. *Marine Petroluem Geology*, 59, 656-670.

- Ofluoğlu, S. (1993). *Çalköy-Alazlı (Düzköy-Trabzon) yöresinin karstlaşma yönünden incelenmesi* [Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi]. Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Okay, A. I., Şengör, A. M. C. & Görür, N. (1994). Kinematic history of the opening of the Black Sea and its effect on the surrounding region. *Geology*, 22, 267-270.
- Okay, A. I. & Şahintürk, Ö. (1997). Geology of the Eastern Pontides, In: A. Robinson, ed., Regional and petroleum geology of the Black Sea and surrounding regions. *American Association of Petroleum Geologists Memoir*, 68, 291-311.
- Okay, A. I. & Tüysüz, O. (1999). Tethyan Sutures Northern Turkey. In *The Mediterranean Basins: Tertiary Extension Within The Alpine Orogen*. Geological Society, London, Special Publication, 156, 475-515.
- Okay, A. I., Tansel, İ. & Tüysüz, O. (2001). Obduction, subduction and collision as reflected in the Upper Cretaceous-Lower Eocene sedimentary record of western Turkey. *Geological Magazine*, 138, 117-142.
- Öter, Z. ve Hazarhun, E. (2023). Turizm Ürünleri ve Alternatif Turizm. *Türkiye Turizm Zirvesi, Çalıştay Raporları*, (s.101-119). Anadolu Üniversitesi Basımevi.
- Özer, S., Meriç, E., Görmüş, M. & Kanbur, S. (2009). Biogeographic distribution of rudists and benthic foraminifera: an approach to Campanian-Maastrichtian palaeobiogeography of Turkey. *Geobios*, 42, 623-638.
- Özer, S. & Mülâyim, O. (2022). Geoconservation and geotourism potential of vulnerable rudist fossil geosites from SE Anatolia (Turkey). *Geoheritage*, 14, Article 12. <https://doi.org/10.1007/s12371-022-00650-7>
- Özkar, İ. ve Kırıcı, E. (1997). Planktonic foraminifera biostratigraphy of the SW Trabzon area. *İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yerbilimleri Dergisi*, 10, 79-93.
- Özpay, G. A. (2020). Geotourism and proposed geopark projects in Turkey. In S.B. Nekouie (Ed.), *The Geotourism Industry in the 21st Century: The Origin, Principles, and Futuristic Approach*, 1st edn. Apple Academic Press.
- Özsayar, T., Pelin, S. ve Gedikoğlu, A. (1981). Doğu Pontidler'de Kretase. *Karadeniz Teknik Üniversitesi Yer Bilimleri Dergisi Jeoloji*, 1/2, 65-114.
- Özsayar, T., Pelin, S., Gedikoğlu, A., Eren, A. ve Çapkinoğlu, Ş. (1982). Ardanuç (Artvin) yöresinin jeolojisi (The geology of the Ardanuç (Artvin) region). *Karadeniz Üniversitesi Yerbilimleri Dergisi Jeoloji*, 2, 21-38.
- Öztürk, M. Z. (2018). Karstik kapalı depresyonların (dolinlerin) morfometrik analizleri. *Coğrafya Dergisi*, 36, 1-13.
- Özyurt, M., Kırmacı, M. Z. & Al-Aasm, I. S. (2019). Geochemical characteristics of Upper Jurassic-Lower Cretaceous platform carbonates in Hazine Mağara, Gümüşhane (northeast Turkey): Implications for dolomitization and recrystallization. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 56, 306-320.
- Özyurt, M., Kırmacı, M. Z., Al-Aasm, I., Hollis, C., Taslı, K. & Kandemir, R. (2020). REE characteristics of Lower Cretaceous Limestone Succession in Gümüşhane, NE Turkey: Implications for Ocean Paleoredox Conditions and Diagenetic Alteration. *Minerals*, 10, 683.
- Panizza, M. (2001). Geomorphosites: concepts, methods, and examples of geomorphological survey. *Chinese Science Bulletin*, 46 (S1), 4-5.
- Pearce, D.G. (1994). *Alternative tourism: concepts, classifications and questions*. *Tourism: New directions and alternative tourism*. John Wiley
- Pelin, S. (1977). *Alucra (Giresun) Güneydoğu Yöresinin Petrol Olanakları Bakımından İncelenmesi* [Yayımlanmış Doçentlik Tezi]. Karadeniz Teknik Üniversitesi Yer Bilimleri Fakültesi
- Reynard, E. & Brilha, J. (2018). Geoheritage: a multidisciplinary and applied research topic. In E. Reynard, J.Brilha (Eds.), *Geoheritage* (pp. 3-9). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809531-7.00030-7>
- Ruban, D. A. (2010). Quantification of geodiversity and its loss. *Proceedings of the Geologists' Association*, 121, 326-333
- Ruban, D. A. (2018). Karst as important resource for geopark-based tourism: Current state and biases. *Resources*, 7(4), 82. <https://doi.org/10.3390/resources7040082>

- Sarı, B., Kandemir, R., Özer, S., Walaszczyk, I., Görmüş, M., Demircan, H. & Yılmaz, C. (2014). Upper Campanian calciclastic turbidite sequences from the Hacımehmet area (eastern Pontides, NE Turkey): integrated biostratigraphy and microfacies analysis. *Acta Geologica Polonica*, 64(4), 393-418.
- Sena, Í. S., Azevedo Ruchkys, Ú. & Travassos, L. E. P. (2022). Geotourism Potential in Karst Geosystems: An example from the Lund Warming Ramsar Site, Minas Gerais, Brazil. *Catena*, 208, Article 105717. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2021.105717>
- Sofracioğlu, D. & Kandemir, R. (2013). The Upper Cretaceous calciclastic submarine fan deposits in the Eastern Pontides, NE Turkey: facies architecture and controlling factors. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 22, 588-610.
- Stevanovic, Z. (2019). Karst waters in potable water supply: a global scale overview. *Environmental Earth Sciences*, 78 (23), Article 662. <https://doi.org/10.1007/s12665-019-8670-9>
- Şahin, F. (2012). *Eskişehir İlinin Kültür Turizmi Potansiyeli: Mevcut Durum ve Öneriler* [Yayımlanmış Uzmanlık Tezi]. T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı Eskişehir Kültür Varlıklarını Koruma Bölge Kurulu Müdürlüğü, Eskişehir.
- Şengör, A. M. C. & Yılmaz, Y. (1981). Tethyan evolution of Turkey: a plate tectonic approach. *Tectonophysics*, 75, 181-241.
- Şengör, A. M. C., Altın, D., Zabcı, C., Sunal, G., Lom, N., Aylan, E. & Öner, T. (2023). On the nature of the Cimmerian Continent. *Earth-Science Reviews*, Article 104520. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2023.104520>
- Şeren, A., Babacan, A.E., Gelişli, K., Öğretmen, Z. & Kandemir, R. (2012). An investigation for potential extensions of the Karaca Cavern using geophysical methods. *Carbonates and Evaporites*, 27, 321-329.
- Taşlı, K. (1990). Micropaléontologie, stratigraphie et environnement de dépôt des séries jurassiques à faciès de plate-forme de la région de Kale-Gümüşhane (Pontides orientales, Turquie). *Revue de Micropaléontologie*, 36(1), 45-65.
- Taşlı, K., Özer, E. & Yılmaz, C. (2000). Biostratigraphic and Environmental Analysis of the Upper Jurassic-Lower Cretaceous Carbonate Sequence in the Başoba Yayla Area (Trabzon, NE Turkey). *Turkish Journal Earth Sciences*, 8, 125-135.
- Theodossiou-Drandaki, I., Nakov, R., Wimbledon, W. A. P., Serjani, A., et al. (2004). IUGS Geosites project progress-a first attempt at a common framework list for South Eastern European Countries. In M.A. Parkes (Ed.), *Natural and Cultural Landscapes*. The Geological Foundation, Royal Irish Academy.
- Tomić, N., Antić, A., Marković, S.B., Đorđević, T., Zorn, M. & Valjavec, M. B. (2019). Exploring the potential for speleotourism development in eastern Serbia. *Geoheritage*, 11, 359-369. <https://doi.org/10.1007/s12371-018-0288-x>
- Türk, K., Çakır, K. ve Kahraman, İ. (2013). *Çal Mağarası (Trabzon-Düzköy) Araştırma Raporu* (Rapor No: 11675). MTA (Yayımlanmamış).
- Türk-Öz, E. & Özyurt, M. (2018). Palaeoenvironment reconstruction and planktonic foraminiferal assemblages of Campanian (Cretaceous) carbonate succession, Çayırbağ area (Trabzon, NE Turkey). *Carbonates and Evaporites*, 33, 1-33. <https://doi.org/10.1007/s13146-017-0413-y>
- Uncu, L. & Karakoca, E. (2019). Evaluating the geomorphological features and geotourism potentials of Harmankaya Canyon (Bilecik, Turkey). *Journal of Tourism and Hospitality Management*, 7(1), 1-15.
- Unur, K. ve Şeker, F. (2023). Yerel Toplumun Turizme Karşı Tutumu. *Türkiye Turizm Zirvesi, Çalıştay Raporları*, (s. 121-125). Anadolu Üniversitesi Basımevi.
- URL 1: <https://whc.unesco.org/en/statesparties/tr>
- URL 2: <https://kulasalihligeopark.com>
- URL 3: <http://www.progeo.ngo>
- URL 4: <https://turizmsurasi.ktb.gov.tr/TR-169845/sura-hakkinda.html>
- URL 5: <https://turizmsurasi.ktb.gov.tr/TR-204576/turizmde-urun-cesitliligi-ve-surdurulebilirlik-komisyoni.html>
- URL 6: <https://whc.unesco.org/en/list/?search=karst&order=country>
- URL 7: <https://gumushane.ktb.gov.tr/TR-57888/karaca-magarasi.html>

- URL 8: <http://www.gumushane.gov.tr/karacamagara>
- URL 9: <https://trabzon.ktb.gov.tr/TR-57785/cal-magarasi.html>
- URL 10: <https://trabzon.ktb.gov.tr/Eklenti/59518,home-of-trabzon-turkcepdf.pdf?0>
- URL 11: <https://tdf.gov.tr/18159/sahin-kaya-tirmanis-bahcesi-rehberi-yayinlandi/>
- Uzun, A. (1991). Karaca Mağarası (Torul-Gümüşhane). *Atatürk Kültür, Dil ve Tarih Yüksek Kurumu, Coğrafya Bilim ve Uygulama Kolu, Coğrafya Araştırmaları Dergisi*, 3, 15-24.
- Uzun, A., Zeybek, H. I., Yılmaz, C. ve Bahadır, M., 2015. Aksu Çayı havzası Traverten Mağaraları, Giresun. *Marmara Coğrafya Dergisi*, 31, 243-257.
- Van Beynen, P. E. (2011). *Karst Management*. Springer
- Van Hinsbergen, D. J., Torsvik, T. H., Schmid, S. M., Mañenco, L. C., Maffione, M., Vissers, R. L., Güler, D. & Spakman, W. (2020). Orogenic architecture of the Mediterranean region and kinematic reconstruction of its tectonic evolution since the Triassic. *Gondwana Research*, 81, 79-229. <https://doi.org/10.1016/j.gr.2019.07.009>
- Van, A. ve Boynukalın, S. (1999). *Trabzon ili Düzköy İlçesi, Çal Mağarası Raporu*. KTÜ Jeoloji Mühendisliği Bölümü.
- Varnavina, A. V., Khamzin, A. K., Kidanu, S. T. & Anderson, N. L. 2019. Geophysical site assessment in karst terrain: A case study from southwestern Missouri. *Journal of Applied Geophysics*, 170, Article 103838. <https://doi.org/10.1016/j.jappgeo.2019.103838>
- Veress, M. (2016). *Covered Karsts*. Springer.
- Veress, M., Telbisz, T., Tóth, G., Lóczy, D., Ruban, D. A., Gutak, J. M. (2018). *Glaciokarsts*. Springer.
- Vincent, S. J., Guo, L., Flecker, R., BouDagher-Fadel, M. K., Ellam, R. M. & Kandemir, R., (2018). Age constraints on intra-formational unconformities in Upper Jurassic-Lower Cretaceous carbonates in northeast Turkey; geodynamic and hydrocarbon implications. *Marine and Petroleum Geology*, 91, 639-657. <https://doi.org/10.1016/j.marpetgeo.2018.01.011>
- White, W. B. (2019). Speleothems. In *Encyclopedia of Caves*. Academic Press.
- Williams, P. W. (2008). The role of the epikarst in karst and cave hydrogeology: a review. *International Journal of Speleology*, 37, 1-10.
- Wimbledon, W. A. P. & Smith-Meyers, S. (2012). *Geoheritage in Europe and its conservation*. PeoGEO Special Publication.
- Yamaç, A., Gilli, E., Tok, E. & Törk, K. (2021a). Natural Sciences in the Caves of Turkey. In *Caves and Karst of Turkey - Vol. 1. Cave and Karst Systems of the World*. Springer.
- Yamaç, A., Gilli, E., Tok, E. & Törk, K. (2021b). 45 Interesting Caves of Turkey. In *Caves and Karst of Turkey - Vol. 1. Cave and Karst Systems of the World*. Springer.
- Yılmaz, C. (2002). Gümüşhane-Bayburt yöresindeki Mesozoyik havzalarının tektono-sedimentolojik kayıtları ve kontrol etkenleri. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 45(1), 141-164. https://www.jmo.org.tr/resimler/ekler/cb811134b9d39fc_ek.pdf
- Yılmaz, C. & Kandemir, R. (2006). Sedimentary records of the extensional tectonic regime with temporal cessation: Gümüşhane Mesozoic Basin (NE Turkey). *Geologica Carpathica*, 57, 3.
- Yılmaz, C., Carannante, G., & Kandemir, R. (2008). The rift-related Late Cretaceous drowning of the Gümüşhane carbonate platform (NE Turkey). *Bollettino della Società Geologica Italiana*, 127, 37-50.
- Yılmaz, E. (2013). *Jeolojik Oluşumların Kültür Varlıkları Açısından Değerlendirilmesi ve Turizme Kazandırılması: Pamukkale Örneği*. [Yayınlanmamış Uzmanlık Tezi], T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı Kültür Varlıkları ve Müzeler Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Yücel, C., Arslan, M., Temizel, I., Yazar, E.A. & Ru-er, G. (2017). Evolution of K-rich magmas derived from a net veined lithospheric mantle in an ongoing extensional setting: Geochronology and geochemistry of Eocene and Miocene volcanic rocks from Eastern Pontides (Turkey). *Gondwana Research*, 45, 65-86. <https://doi.org/10.1016/j.gr.2016.12.016>
- Zeybek, M., Murat, G., Kaçaroğlu, F., Karacan, E. & Özbek, A. (2023). Caves in clastic rocks (Muğla, SW Türkiye). *Bulletin of the Mineral Research and Exploration*, 172, 61-79. <https://doi.org/10.19111/bulletinofmre.1154017>

- Zaman, M. (2000). Gümüşhane İli'nin Turizm Potansiyeli. *Doğu Coğrafya Dergisi*, 6(4), 211-236.
- Zaman, M. (2010). *Doğu Karadeniz Kıyı Dağları'nda Dağ ve Yayla Turizmi*. Erzurum: Atatürk Üniversitesi Yayınları No: 977, Edebiyat Fakültesi Yayın No: 134, Araştırma Serisi No: 110.
- Zaman, M., Şahin, İ.F. ve Birinci, S. (2011). Çal Mağarası Düzköy Trabzon ve çevresinin ekoturizm potansiyeli açısından önemi. *Doğu Coğrafya Dergisi*, 26, 1-23.
- Zaman, M. (2012). *Trabzon İlinin Turizm Coğrafyası* (Potansiyel, Alternatifler, Planlama). Erzurum Atatürk Üniversitesi Yayınları No:999, Fen-Edebiyat Fakültesi Yayını No:137, Araştırma Serisi No:113.
- Zgłobicki, W. & Baran-Zgłobicka, B. (2013). Geomorphological heritage as a tourist attraction. A case study in Lubelskie Province SE Poland. *Geoheritage*, 5,137-149.



**Diyadin (Ağrı) Doğal Traverten Köprülerinin Jeomorfolojisi ve Oluşumları,
Doğu Anadolu, Türkiye**

Geomorphology and Formation of Natural Travertine Bridges in Diyadin (Agri), Eastern Anatolia, Turkey

Selahattin Polat^{1*} , İsmail Ege¹ 

¹Uşak Üniversitesi İnsan ve Toplum Bilimleri Fakültesi Coğrafya Bölümü, Uşak, Türkiye

• Geliş/Received: 14.11.2023 • Düzeltmiş Metin Geliş/Revised Manuscript Received: 28.12.2023 • Kabul/Accepted: 23.01.2023
• Çevrimiçi Yayın/Available online: 08.04.2024 • Baskı/Printed: 30.04.2024

Araştırma Makalesi/Research Article

Türkiye Jeol. Bül. / Geol. Bull. Turkey

Öz: Bu çalışma Murat ırmağı üzerindeki ender yer şekillerinden iki doğal köprünün jeomorfolojik özellikleri ve oluşumları üzerinde etkili olan faktörleri, ayrıca bu köprüler ile ilgili başlıca problemleri, köprülerin korunmasına yönelik yapılması gereken çalışmaları ve jeomiras olarak önemini ortaya koymayı amaçlamıştır. Çok özel jeomorfolojik süreçler sonucunda oluşan doğal köprüler, Diyadin (Ağrı) İlçesi'nin güneyinde Dibekli-Mollakara-Tazekent-Davut-Gögebakan-Taşbasamak köyleri arasında Diyadin Jeotermal Alanı (DJA) olarak adlandırabileceğimiz sahada Murat Irmağı üzerinde yer almaktadır.

Sahada arazi gözlemleri yapılmış; jeolojik, jeomorfolojik ve tektonik özellikler incelenmiş, lazermetre ile alandaki traverten sırtları, konileri ve bacaları gibi traverten birikim şekillerinin özelliklerini ortaya koymaya yönelik olarak yükseltleri, uzunlukları ve genişlikleri ölçülmüş GPS ile koordinatları alınmıştır. Literatür çalışması gerçekleştirilerek, arazi çalışmalarında elde edilen sayısal verilerin doğrultusunda ArcGIS 10.8 paket yazılımı ile jeomorfoloji haritası üretilmiştir.

Murat Irmağı üzerinde Köprüçermik Köprüsü KKB-GGD yönünde 64 m uzunluğundadır. Köprünün üst kesiminde genişliği 9,5-21 m arasında değişir. Murat Irmağı, köprü altında 7 m genişliğe sahip bir yataкта akış göstermektedir. Köprüyü oluşturan travertenlerin kalınlığı giriş kısmında 15 m, çıkış kısmında ise 22 m'dir. Traverten çökelişi köprünün giriş kısmının doğu yamaçında devam etmektedir.

Köprüçermik Köprüsü'nün kuzeyinde yöre halkının “Kudret Köprüsü” adını verdiği doğal bir köprü bulunmaktadır. Murat ırmağı doğusundaki ve batısındaki yerleşmeleri birbirine bağlayan karayolu köprüsü olarak kullanılan köprünün genişliği 30 m, uzunluğu ise 63 metredir. Köprü, KKB-GGD istikametinde uzanan traverten sırtının KKB ucuna yakın kısmında açılmıştır. Bu doğal traverten köprülerden Köprüçermik Köprüsü, dünyada oluşum bakımından ender özelliklere sahiptir. Murat Irmağı iki kenarında, tektonik hatlar boyunca yüzeye çıkan termal suların oluşturduğu farklı doğrultulardaki traverten sırtlarının önce dikey yönde yükselti kazanmaları, daha sonra ise bu sırtların karşılıklı olarak akarsu yatağı üzerinde yatay yönde gelişmeleri ile oluşmuştur. Kudret Köprüsü ise Murat Irmağı'nın traverten sırtını alttan oyması ve daha sonra genişletmesi ile açılmıştır.

Kudret Köprüsü fosil traverten köprüsü olup kısmen ilksel morfolojisini kaybetmiştir. Sahadaki diğer traverten birikim şekillerinde (koni, teras, baca, sırt gibi) olduğu gibi traverten köprüleri de doğal ve antropojenik kökenli çeşitli tehditler ile karşı karşıyadır. Diyadin Jeotermal Alanı (DJA) 'ndaki bu birikim şekilleri karstik jeomiras olarak koruma altına alınmalı ve saha jeopark alanı olarak ilan edilmelidir.

Anahtar Kelimeler: Diyadin, doğal köprü, jeomiras, Murat Nehri, traverten.

Abstract: *This study aims to reveal the geomorphological characteristics of two natural bridges, which are among the rare landforms on the Murat River, and the factors affecting their formation, as well as the main problems related to these bridges, the work to be done for protection of the bridges, and their importance as geoheritage. The natural bridges, formed as a result of very special geomorphological processes, are located on the Murat River between the villages of Dibekli-Mollakara-Tazekent-Davut-Göğebakan-Taşbasmak in the south of Diyarın (Ağrı) District, in the area we can call the Diyarın Geothermal Area (DGA).*

Observations were made in the field; Geological, geomorphological and tectonic features were examined, the elevations, lengths and widths of travertine ridges, cones and chimneys in the area were measured by a laser meter in order to reveal the characteristics of travertine accumulation patterns and their coordinates were taken with GPS. A literature study was carried out and a geomorphology map was produced with ArcGIS 10.8 package software based on the digital data obtained in the field studies.

Köprüçermik Bridge on the Murat River is 64 m long in a NNW-SSE direction. The width of the bridge varies between 9.5-21 m in the upper section. The Murat River flows in a bed with a width of 7 m under the bridge. The thickness of the travertines forming the bridge is 15 m at the entrance and 22 m at the exit. Travertine deposition continues on the eastern slope of the entrance of the bridge.

To the north of Köprüçermik Bridge there is a natural bridge called “Kudret Bridge” by the local people. The bridge, which is used as a highway bridge connecting the settlements east and west of the Murat River, is 30 meters wide and 63 meters long. The bridge opens near the NNW end of the travertine ridge extending in a NNW-SSE direction. Among these natural travertine bridges, Köprüçermik Bridge has features rarely seen in the world. It was formed by the travertine ridges running in different directions because of the thermal waters coming to the surface along the tectonic lines on both sides of the Murat River; first gaining elevation in a vertical direction, and then by the mutual horizontal development of these ridges on the river bed. Kudret Bridge was opened by the Murat River undercutting the travertine ridge and then widening it.

Kudret Bridge is a fossilised travertine bridge and has partially lost its primitive morphology. As with other forms of travertine accumulation in the area (cones, terraces, chimneys, ridges, etc.), travertine bridges also face various natural and anthropogenic threats. These accumulated forms in the Diyarın Geothermal Area (DGA) should be protected as a karst geoheritage and the area should be declared as a geopark area.

Keywords: *Diyarın, Geoheritage, Murat river, natural bridge, travertine.*

GİRİŞ

Türkiye, karstik kayaçlar bakımından zengin bir ülkedir. Ülkemizin %40’ı deniz düzeyinin 100-150 m altından başlayarak 4.500 metrelere çıkan yükselti basamakları arasında yüzeylenen, çözünmeye uygun karbonatlı, sülfatlı ve klorürlü kayaçlardan meydana gelmiştir (Nazik vd., 2005). Bu kayaçların su ile reaksiyonu sonucunda lapy, uvala, dolin, polye gibi çeşitli karstik aşınım şekilleri traverten, tufa, speleoterm, kaliş gibi karstik birikim şekilleri oluşmuştur. Karstik peyzajı batan akarsular, mağaralar, kapalı depresyonlar, kuru vadiler, doğal köprüler ve bol debili kaynaklar tamamlamaktadır. Guo ve Riding (1998) travertenleri, kalsiyumbikarbonatça zengin sıcak ve soğuk suların oluşturduğu kalsiyumkarbonatlı

kayaçlar olarak tanımlamaktadır. Traverten terimi İtalyanca’da hidrotermal çökeltileri tanımlamada kullanılan “travertino” teriminden gelir. Travertino, Roma’nın kuzeyindeki günümüzdeki Tivoli’nin (Eski Roma adı Tivertino) yakınında bulunan yoğun hidrotermal traverten yataklarını vurgulamak amacıyla söylenen Latince “Lapis Tiburtinus” (Tibur taşı) teriminin bozulmuş şeklidir (Emig, 1917; Julia, 1983; Wyatt, 1986; Pentecost, 2005). Lapis Tiburtinus sözcüğü, Latince’ye zaman içinde değişerek “Tiburtinus” ve “Tivertino” şekline dönüşmüş, İngilizceye “travertine” olarak geçmiştir. Türkçe’ye ise “traverten” olarak yerleşmiştir. Capezzuoli vd. (2014) traverten, düzenli tabakalanmalı ve ince yapraklanmaya sahip, düşük gözeneklilik,

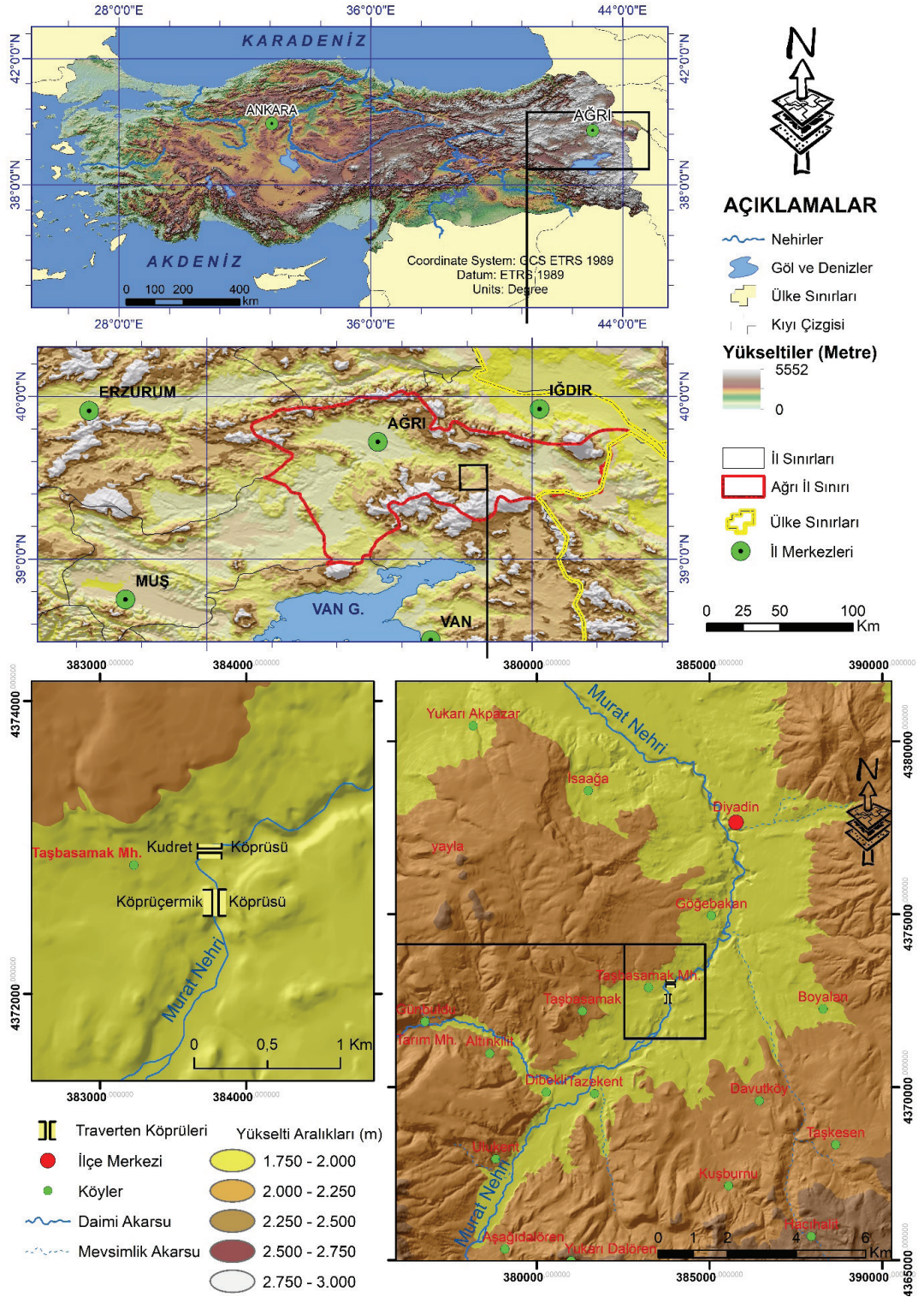
düşük geçirgenlik ayrıca inorganik kristalin yapı gösteren çökeller olarak tanımlamaktadır. Birçok araştırmacı, soğuk su karasal karbonatlar için tufa terimini (Arenas vd., 2010; Capezzuoli vd., 2014; Toker, 2017) ve sıcak ($> 20^{\circ}\text{C}$) kaynak birikintileri için ise traverten terimini kullanır (Glover ve Robertson, 2003; Capezzuoli vd., 2014; Kandemir vd., 2021).

Sutaşı, kalktuf, sinter, tufa, taşlaşmış yosun, yollu mermer olarak da anılan travertenlerin fiziksel ve dokusal özellikleri, su sıcaklığına göre farklılık gösterir. Gerek sıcak sular gerekse soğuk sular tarafından oluşturulabilir. Soğuk sular, karbondioksiti daha yavaş kaybeder. Karbondioksitin sudan ayrılmasında, buharlaşma, türbülans, farklı sıcaklıklardaki suların karışması ve CO_2 'nin biyogenik olarak uzaklaştırılması gibi çeşitli nedenler söz konusudur (Viles ve Goudie, 1990; Toker vd., 2015). Çökelim, kaynak ağzında CO_2 suyu hemen terk edemediği için gerçekleşemez, çıkış yerinden kısa bir mesafe sonra çökeltme başlar. Sıcak sularda karbondioksit, soğuk suya nazaran daha hızlı terk eder. Sıcak suların oluşturduğu travertenler kaynak çıkış noktasından uzaklaştıkça tufa özelliği kazanabilir (Toker, 2017). Ayrıca su sıcaklık derecesinin düşmesi ortamın bitki yetişmesine uygun hale gelmesine, travertenlerin çok gözenekli ve bitki kalıpları içermesine katkıda bulunmaktadır.

Travertenler jeolojik, jeomorfolojik ve biyolojik şartların sonucunda depolanarak traverten birikim şekillerini meydana getirirler. Morfolojik görünümlerine göre travertenler; Teras (set) tipi, sırt tipi, tabaka tipi, fay önü ve kanal tipi travertenler olmak üzere beş kategoride sınıflandırılmıştır (Chafetz ve Folk, 1984; Pentecost ve Viles, 1994 Tekin ve Ayyıldız, 2001). Ayaz (2002) ise teras (set) tipi travertenler, sırt (semer) tipi travertenler, dom (koni) tipi travertenler, tabaka tipi travertenler, damar tipi travertenler, fay önü tipi travertenler, kanal tipi travertenler ve mağara travertenleri (damlataşlar) olmak üzere sekiz sınıfa ayırmıştır.

Diyadin Jeotermal Alanı (DJA)'nda birikim morfolojilerine göre traverten sırtları (sırt tipi), traverten bacaları (kuleleri), traverten konileri (koni tipi) ve traverten terasları (teras (set) tipi) gelişmiştir. DJA'da en çok traverten sırtları dikkati çeker. Arazi çalışmaları sırasında toplam 46 adet aktif ve inaktif traverten sırtı tespit edilmiştir. Detaylı araştırma ile bu sayı daha da artış gösterebilir. Tektonik yapılar ile yakın ilişkili olan traverten sırtları, özellikle genişlemeli tektonik etkinliğinin egemen olduğu bölgelerde yaygın olarak görülürler. Sırt merkezinde çatlak eksenlerinin gidişi, uzunluğu, genişliği gibi birtakım özellikler, sahayı etkileyen tektonik rejim hakkında bilgiler verir. Traverten sırtları, kıtasal yayılmanın neden olduğu yatay gerilmeyi tahmin etmek için kullanılabilir (Altunel ve Hancock, 1993a ve 1993b, 1996; Altunel, 1996; Çakır, 1999; Filippis vd., 2013; Hancock vd., 1999; Karabacak vd., 2021; Altunel ve Karabacak, 2005; Mesci vd., 2008, 2017a ve 2017b). Diyardin Jeotermal Alanı'ndaki traverten sırtlarının doğrultuları farklılık gösterir. Bu durum sahanın dönemsel olarak farklı gerilim rejimi altında olduğuna işaret eder. Bu yapılar genişleme rejiminin ürünleri olduğundan dolayı bölgesel açılma yönleri ve oranları hakkında önemli ipuçları verirler. Örneğin araştırma sahası dışında kalan Diyardin'in kuzeybatısındaki aktif haldeki Yukarı Akpazar Traverten Sırtı, alanın KB-GD yönünde sıkıştırıldığını, KD-GB yönünde genişlediğini ve Murat Irmağı'nın Ağrı-Taşlıçay arasındaki tektonik oluğa yerleştiğine işaret etmektedir.

Bu araştırma, daha önce jeomorfolojik özellikleri ve oluşumları hakkında detaylı bir çalışma yapılmamış olan Fırat Nehri'nin ana kollarından Murat Irmağı üzerindeki iki doğal köprünün jeomorfolojik özelliklerini, oluşumlarını, oluşumları üzerinde etkili olan faktörleri ve morfometrik özelliklerini açıklamayı hedeflemiştir. Ayrıca köprüler ile ilgili başlıca problemleri, korunmasına yönelik çalışmaları ve jeomiras olarak önemi belirtilmeye çalışılmıştır.



Şekil 1. Araştırma sahası lokasyon haritası.

Figure 1. Location map of the research area.

ÇALIŞMA ALANININ KONUMU

Diyadin doğal köprüleri, Doğu Anadolu Bölgesi'nin Yukarı Murat Bölümü'nde, Ağrı ili Diyadin ilçe merkezi güneybatısında, Diyadin'e karayolu ile 7 km mesafede Murat Irmağı üzerindedir (Şekil 1). Tendürek volkanı, sahanın güneybatısında yükselir. 39°29'38,80"-39°29'51,50"K enlemleri ile 43°38'47,06"-43°39'00,00"D boylamları arasında yer alan köprülerden ilki Köprüçermik Köprüsü'dür. Bu köprü'nün 300 m kuzeybatısında ise yöre halkının Kudret Köprüsü adını verdiği, üzerinden karayolunun geçtiği doğal köprü bulunur.

MATERYAL ve YÖNTEM

Çalışma, büyük oranda arazi gözlemlerine ve incelemelerine dayalı olarak hazırlanmıştır. Öncelikle sahanın jeomorfolojik, jeolojik ve tektonik özellikleri araştırılmış, termal kaynakların çıkış yerleri tespit edilmiş, sıcaklık değerleri ölçülmüş, lazermetre ile traverten sırtlarının, konilerinin ve bacalarının uzunlukları, genişlikleri ve yükseklikleri tespit edilmiştir. Yöre ile ilgili literatür çalışması gerçekleştirilmiş ve arazi çalışmalarıyla da desteklenmiştir. Bunun yanında J51A03A, J51A03B, J51A03C, J51A04A ve J51A04C ortofotolarından yararlanılmıştır. Alandaki traverten sırtlarının, konilerinin, bacalarının ve köprülerinin özelliklerini ortaya koyabilmek için el tipi GPS ile ölçümler yapılmış, elde edilen veriler CBS yöntemi (ArcGIS 10.8) kullanılarak çeşitli haritalar üretilmiştir. MTA'nın 1/100.000 ve 1/25.000 ölçekli jeoloji haritalarından, Burçak vd. (1997)'nin yaptığı çalışmalardan hareketle sahanın jeoloji haritası oluşturulmuştur. Aynı zamanda köprülerin genel morfolojisini ortaya koymaya yönelik klinometre, yerbilimci pusulası, lazermetre ve şerit metre gibi aletlerden de istifade edilmiştir.

SAHANININ BAŞLICA FİZİKİ COĞRAFYA ÖZELLİKLERİ

Çalışmanın bu kısmında yörenin tüm fiziki coğrafya özelliklerinden daha ziyade, traverten köprülerinin oluşumu ve özellikleri üzerinde rol oynayan başlıca hidrografik, jeolojik ve jeomorfolojik özellikleri ele alınmıştır.

Hidrografik Özellikler

Diyadin Jeotermal Alanı (DJA) Göğebakan, Taşbasamak, Dibekli, Mollakara, Tazekent ve Davut köyleri arasını kapsamaktadır. Alanda Köprüçermik (45-50 °C, 50 l/s), Yılanlı Çermik (38-40 °C), Tazekent Çermiği (42-44 °C), Kireçtepe Çermiği (65,5 °C), Dibekli Çermiği (40-45 °C), Hıdır Çayırı kaynakları (35-45 °C), Mollakara kaynakları (44-68 °C, 30 l/s), Şavalet kaplıcası ve Gelereş kaynakları (33-63 °C) gibi çok sayıda termal su çıkışı görülmektedir. Genel olarak su sıcaklığı Tendürek Dağı'na doğru artar (Mutlu vd., 2013). Sulardaki silikat çözünürlüğünün kalsedon fazı tarafından denetlendiği varsayılarak uygulanan kalsedon jeotermometresi ile rezervuar sıcaklığın 88-121 °C aralığında olduğu hesaplanmıştır (Mutlu vd., 2013). Murat Irmağı'na drene olan termal kaynak suların debileri 0,5–100 l/s arasında değişir (Pasvanoğlu ve Güler, 2010). Derinlere doğru sızan yağış suları jeotermal gradyan ve volkanizmaya bağlı olarak ısınmakta, tektonik yapılar aracılığıyla yüzeye çıkmaktadır. Mineralli su kaynakları, traverten sırtlarının birbirine yaklaştığı veya kesiştiği yerlerde, sırtların uç kısımları ve üzerinde çıkışını sürdürmektedir.

1998-1999 yıllarında MTA tarafından 6 adet, 77-215 m arasında derinliğe sahip jeotermal kuyular açılmış, 62-78 °C sıcaklığa, 6-150 l/s arasında değişen ve toplam 750 l/s debiye sahip akışkan elde edilmiştir (Eltez vd., 2001; Pasvanoğlu ve Güler, 2010). Daha sonra Diyadin Jeotermal A.Ş, 265 m derinlikte sondaj yapmış ve 80 °C sıcaklığında akışkan elde etmiştir. Açılan kuyuların hepsi artezyen yapmaktadır.

Sıcak sular Tendürek Dağı volkanizması ile ilişkili olduğu için çok yüksek oranda CO₂ (7000 ppm) ve H₂S gazı içerir (Burçak vd., 1997; Eltez vd., 2001; Hepbaşlı vd., 2004; Pasvanoğlu ve Güler, 2010). Özellikle Davut Çermiği'nin 1 km kadar doğusunda zehirli gaz çıkışları fazla miktarda olduğundan çok sayıda evcil hayvan telef olmuştur. Mevcut termal tesislerdeki havuzların üzeri insanların zehirlenme ihtimaline karşı da açık bırakılmıştır.

Termal sular, Diyadin'deki konutların ısıtılmasında (kamuya ait binalar), seracılık faaliyetlerinde ve sağlık alanında değerlendirilmektedir (Zaman vd., 2001). 2001 yılında, 100 ton/gün üretim kapasitesi ile Türk-Alman ortak girişimi ile sıvılaştırılmış CO₂ ve kurubuz üretecek bir tesis kurulmuş ancak jeotermal kaynaklar içindeki yüksek kükürttü seyreltecek sistemin oluşturulamaması nedeniyle tesis taşınmıştır.

Jeolojik Özellikler

Sahanın temelinde Paleozoyik'e ait şist ve mermer gibi metamorfik kayalar yer alır. Taşbasamak, Altinkilit, Dibekli ve Ulukent köyleri çevresinde yayılım gösterir (Şekil 2). İnce-orta kalınlıktaki şistler, gri-yeşilimsi, gri-yeşil-yeşilimsi ve kahverengi tonlara sahiptir. Mermerler gri, koyu gri, beyazımsı gri ve beyaz renklindedir. Mermerler, kalın tabakalı alt seviyeleri kalkıştı ara katkılıdır. Dolomitik bileşime sahip olup, kalsit damarlıdır. Yaklaşık 200 m kalınlıktadır (Keskin, 1998) güneyde Mollakara-Ulukent arasında mostra verirler. Taşbasamak batısında geniş yüzeylenime sahiptirler.

Metamorfikler üzerine uyumsuz olarak Üst Miyosen-Pliyosen yaşlı volkano-sedimenter istif gelir. Birim karasal-gölsel ortamda çökelen sedimenter ve bunlarla yaşlı volkanizma

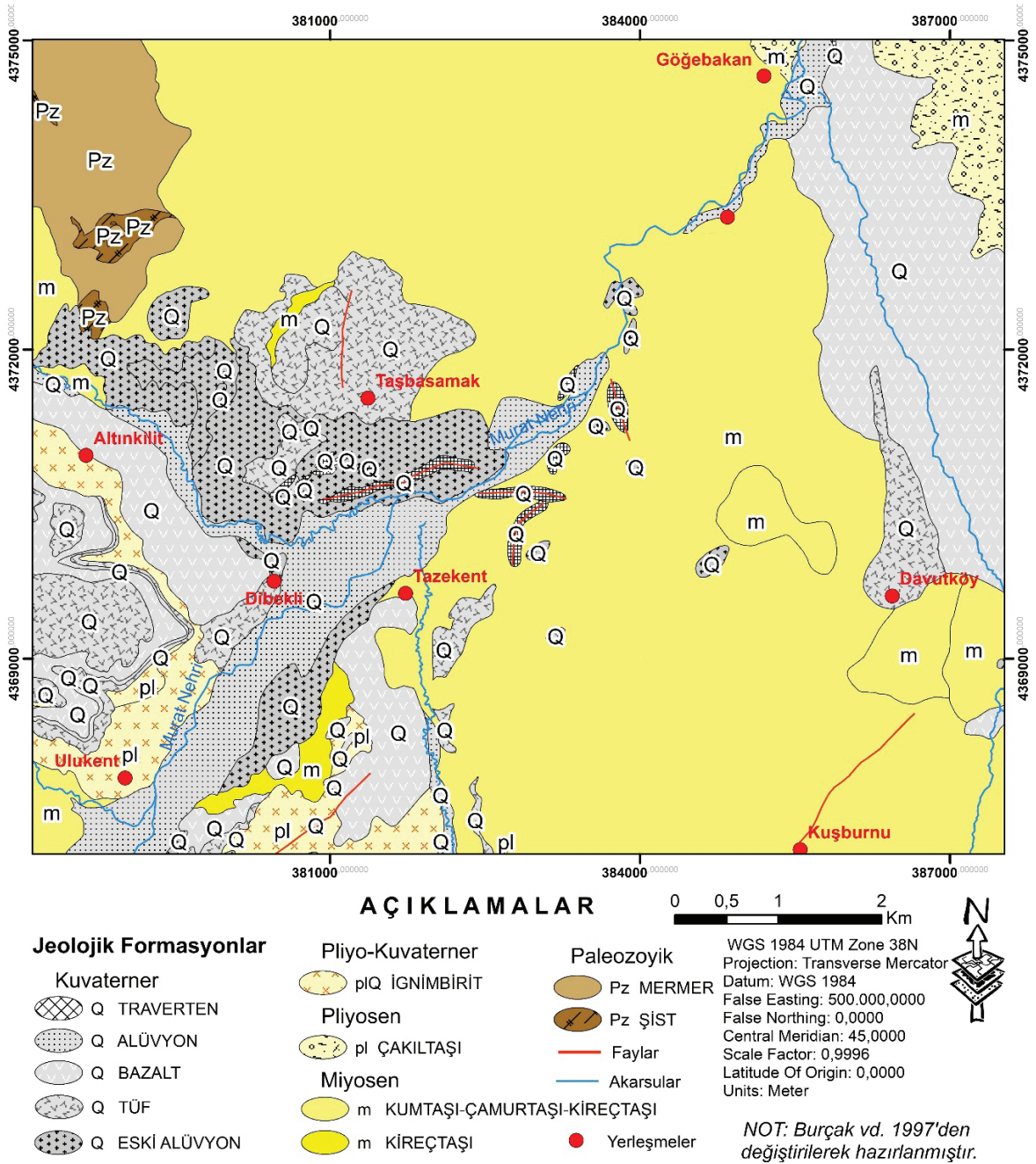
ürünlerinden ibaret olup, konglomera, kumtaşı, kumlu kireçtaşı, mikritik kireçtaşı, breşik kireçtaşı, marn, şeyl, kiltası, tüf, tüfit, bazalt, andezit ve ignimbrit ile temsil edilir. Birbiriyle yanal ve düşey yönde geçişlidirler. Konglomeralar sarımtırak renkte, sıkı çimentolu, yuvarlaklaşmış mermer, kuarsit, magmatik kayaç çakıllarından oluşur. Boyalı ve Tazekent çevresinde aflöre olur. Tüf, tüfit, kiltası, marn ve kumtaşı Tazekent, Kuşburnu, Dibekli kuzeyinde yüzeylenir. Burada en geniş alana sahip litolojik birim kireçtaşlarıdır. Taban kesimlerde kumlu kireçtaşı ve marnlı seviyeler, kiltası ve tüfit içeren birim, tabakalı kireçtaşlarından ibarettir (Burçak vd., 1997).

İnce kireçtaşı ara tabakalı tüf ve tüfitler, geniş bir alanda yüzeylenir. Tüfler, beyaz renkli, dasit ve andezit bileşimlidir. Tüfitler, yeşilimsi renge sahiptir. Tabakalı bir görünüm arz ederler. Alt seviyelere doğru ince kireçtaşı tabakaları içerir.

Andezit, bazalt, tüf, ignimbrit ve piroklastik kayalardan oluşan Pliyo-Kuvaternere ait volkanik birimler ise termal kaynakların doğusunda yayılım gösterir. İgnimbritler, Taşbasamak, Dibekli, Ulukent çevresinde açığa çıkmıştır. Siyah ve koyu kahve renkli olan ignimbritler 20 m kalınlığındadır.

Bazaltlar, Ulukent civarında mostra verir. Plato bazaltı şeklinde düzlük oluşturur. 40 metre kadar kalınlığa sahiptir (Burçak vd., 1997). Siyah renkli, boşluksuz, sıkı ve camsı dokudadır. Çok yaygın yüzeylenmeye sahip olmayan andezitler, Dibekli kuzeyinde bulunur. K-G yönlü çizgisel bir çıkış hattına sahiptir (Burçak vd., 1997).

Kuvaterner yaşlı arazileri, volkanitler (piroklastikler ve bazaltlar), alüvyonlar ve travertenler oluşturur. Piroklastik kayalar volkanik blok, kül, lapilli, volkan bombası ile temsil edilir. Davut Köyü güneyinde yer alan Kale Tepe (2142 m) konisinin batı yamacında açılmış ocakta piroklastikleri görmek mümkündür.



Şekil 2. Diyadin jeotermal alanının jeoloji haritası (Burçak vd., 1997'den).

Figure 2. Geological map of Diyadin geothermal area (after Burçak et al., 1997).

Bazaltlar, Diyadin yerleşmesi ve çevresinde Murat Irmağı'nın oluşturduğu kanyon vadinin yamaçlarında izlenmektedir (Zaman vd., 2000). Bu kayalar siyah ve gaz boşlukludur. Diyadin

ilçe merkezinin 5 km kuzeyine kadar dar bir şerit halinde yüzeylenir. KB-GD yönünde uzanan bir hat boyunca bazaltlar çıkış gösterir.

Alüvyonlar, Murat Irmağı vadisi boyunca yüzeylenir. Kum, çakıl, blok, kil, silt malzemesi çimentosuz şekilde yığılma yapmıştır. Murat Irmağı'nın gömülmesi sonucunda akarsuya paralel olarak iki taraça seviyesi gelişmiştir. Tazekent güneyinde taraça seviyelerini görmek mümkündür. Diyadin kuzeyinde Ağrı-Doğubayazıt karayolu taraça üzerinden geçmektedir.

Pliyo-Kuvaterner zamana ait travertenler çoğunlukla beyaz ve bej renkli olup kükürtlü seviyeler içermektedir. Travertenin çökelişi devam etmektedir. Alüvyonlarla yanal ve düşey geçişli olan travertenlerin görünür kalınlığı maksimum 53 m olarak ölçülmüştür. U/Th yaş analizleri sonucunda inceleme alanında yer alan traverten sırtlarının yaşları $10.011 (\pm 24.655)$ ile $125.076 (\pm 9.387)$ yıl arasında değiştiği belirlenmiştir (Sürmeli, 2014).

DJA, neotektonik hareketlerin yoğun olduğu bir kuşak üzerinde yer alır. Sahada KB-GD ve K-G yönlü sıkışmaya bağlı olarak doğrultu atımlı faylar ve beraberinde açılma çatlakları gelişmiştir. Bu faylar, jeotermal alanlardaki hidrotermal akışkanların yukarıya doğru taşınmasına yardımcı olurlar. Traverten oluşturan suların yüzeye çıkmaları için "suyolu" görevi görürler, geçirgenliği artırır, aşırı basınçlı hidrotermal suların dolaşımında ve yükselmesinde önemli rol oynarlar (Sibson, 1996; Hancock vd., 1999; Barbier, 2002; Bögli ve Capezzuoli, 2009; Altunel, 2015; Brogi vd., 2010). Bu tektonik yapılar boyunca yükselen termal suların, çıkış yaptığı yerlerde traverten sırtları gelişme imkânı bulmuştur. Alandaki sırtlar neotektonik yapıları işaret edecek şekilde KD-GB, KKB-GGD, KB-GD ve BKB-DGD yönünde uzanırlar (Şekil 3 ve 4).

Alandaki termal sular ve gaz çıkışları ile traverten birikimleri bu tektonik yapılarla ilişkilidir. Aşırı tektonik hareketlere maruz kalmış olan metamorfik formasyonlar geniş ölçüde deforme olmuş ve iyi gelişmiş kırık ağı ortaya

çıkıştır. Traverten çökelteleri ya kırılma izleri boyunca ya da normal fayların asılı duvarlarında ya da genişleme çatlakları boyunca bulunur (Hancock vd., 1999).



Şekil 3. Tazekent köyü kuzeyinde traverten sırtı ve 5 m genişliğinde merkezi açılma çatlakları.

Figure 3. Travertine ridge and opening crack which is wide of 5 meter in central northern of Tazekent village.



Şekil 4. Yılanlı Çermik güneyinde, kuzey-güney doğrultusunda uzanan traverten sırtı ve üzerindeki açılma çatlakları. Sırt kuzeyde 17 m yükseklikte 40 m genişliğe sahiptir (Fotoğraf güneyden kuzeye doğru çekilmiştir).

Figure 4. Travertine ridge running in a north-south direction south of Yılanlı Çermik with an opening crack on it. The ridge is 17 m high in the north and 40 m wide (photo taken from south to north).

Jeomorfolojik Özellikler ve Traverten Birikim Şekilleri

DJA, Tendürek volkanik kütesinin kuzeybatısında Murat Irmağı ve kolları tarafından yarılmış plato özelliği taşır. Alanda, 1900-2200 metreleri arasında En Alt Pleyistosen'e ait aşınım yüzeyi uzanır. Sahanın sularını drene eden Murat Irmağı, güneydeki Aladağ ve Tendürek volkanik dağlarından başlangıç kaynaklarını alır. Eğimin azalmasına bağlı olarak Tazekent-Dibekli yerleşmesi civarında yaklaşık 1950 m yükseltilerinde 800 metre genişliğinde alüvyal tabanlı bir vadide örgülü drenaj ağı oluşturarak akar.

Tazekent köyü kuzeyinde doğu ve batıda gelişmiş olan traverten sırtlarından dolayı vadi daralır. Traverten depoları, akarsu taşkın yatağında ilerleyerek nehrin yönünü değiştirme potansiyeline sahip olabildiği gibi akarsu yatağını da sınırlandırabilmektedir (Zentmyer vd., 2008). Ancak ırmak, sırtların vadiyi kapatmasına izin vermemiştir. Kuzeyde tekrar vadi tabanı genişleyerek 500 metreye kadar ulaşır. Örgülü drenaj ağı, Köprüçermik batısına kadar devam eder. Akarsuya, doğudan ve batıdan toplam 150 l/s debiye sahip termal sular katılır (Şekil 5).

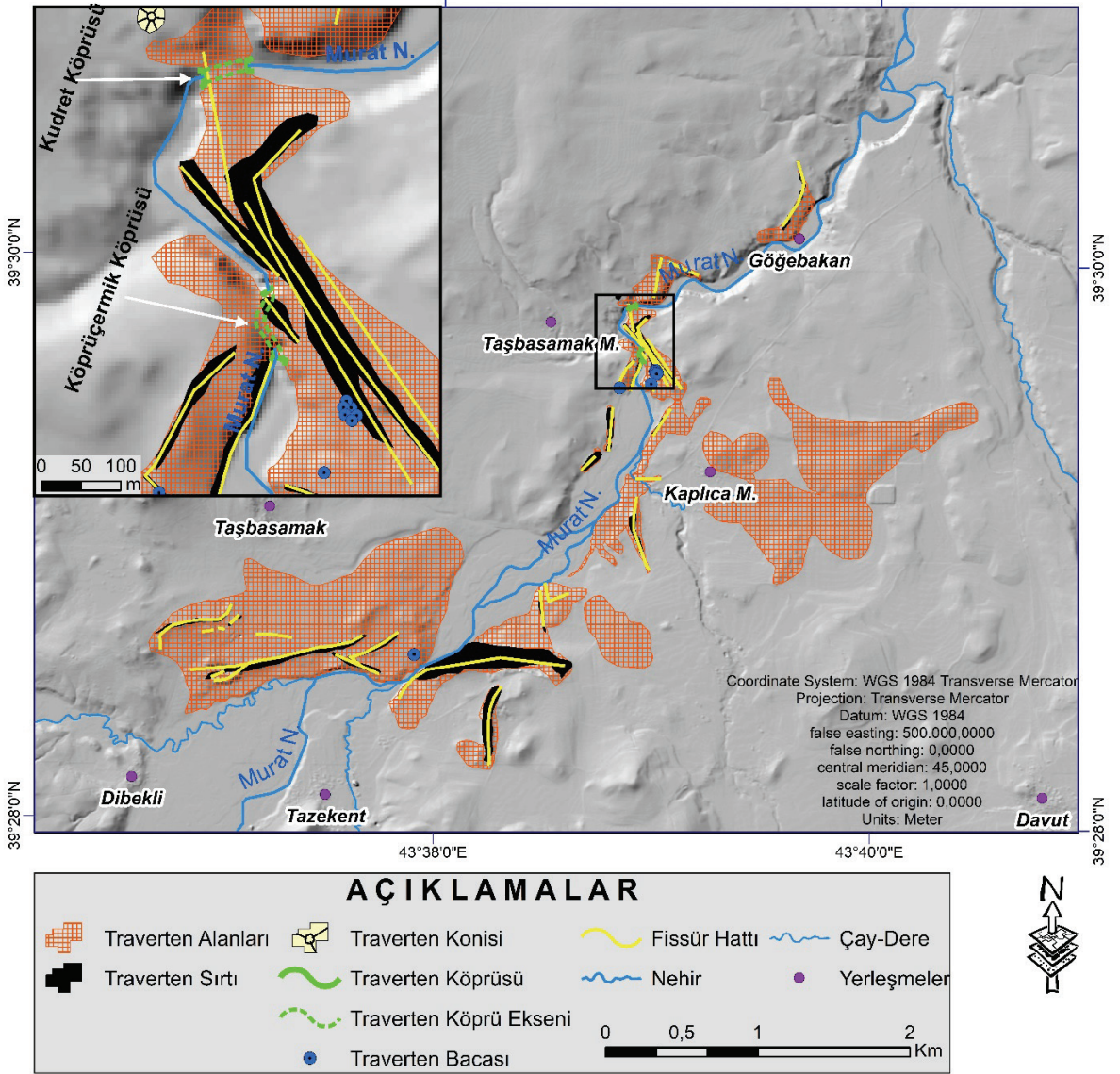
Vadi kenarında yer alan traverten sırtları, Köprüçermik Köprüsü'ne girmeden önce akarsuyu tek yatakta akmaya zorlamıştır (Şekil 6). Murat Irmağı, önce Köprüçermik Köprüsü altından geçer. Köprüden çıktıktan sonra traverten yapılı kanyon vadide KB-GD yönünde 300 m akış gösterdikten sonra ani dönüş yaparak KD'ye yönelir ve Kudret Köprüsü'nün altına girer. Irmak, Kudret Köprüsü çıkışından itibaren Değirmen Dere'nin katıldığı yere kadar yaklaşık 50 m derinliğinde gömük menderesli vadiye sahiptir. Diyardin yakınlarında bazaltlardan oluşan kanyon vadide akış gösterir.



Şekil 5. Yılanlı Çermik yakınlarında Murat Irmağı'na karışan CaCO_3 bakımından zengin termal sular.

Figure 5. CaCO_3 -rich thermal waters flowing into the Murat River near Yılanlı Çermik.

Murat Irmağı, traverten örtülü sahayı iki kısma ayırır (Şekil 6). Akarsu vadisi doğusunda ve batısında sırtların yükseklikleri, genişlikleri ve uzunlukları farklıdır. DJA'da toplam 46 adet aktif ve inaktif traverten sırtı tespit edilmiştir. Sırtların genişlikleri 10-150 m, uzunlukları ise 35-1185 m arasında değişir. Dibekli köyü kuzeydoğusundaki, DKD-BGB doğrultulu sırt 1185 m uzunluğundadır. Bu sırt, kuzeyden taşınan alüvyonları önleyerek bariyer görevi görmüştür (Şekil 7A). Sırtın alüvyonlarla olan kontakt kısmında dolinler ve düdenler gelişmiştir. Düdenlerden geçen sular, sırtın diğer tarafında resürjans kaynağı şeklinde yüzeye çıkarlar. Murat Irmağı vadi tabanına yakın yerde yüzeyleyen travertenler içinde gelişmiş iki adet çökme dolini de dikkat çekmektedir. Köprüçermik kaynakları yakınında olduğu gibi 150 m genişliğinde bir alanda KB-GD yönünde paralel olarak uzanan birbiriyle kaynaşmış çok sayıda (5 adet) traverten sırt grubu da bulunmaktadır. Sırtların büyük bir kısmı inaktif halde ve morfolojik özelliklerini kaybetmiş durumdadır. Gögebakan-Taşbasamak köylerini birbirine bağlayan karayolunun Kudret Köprüsü kuzeyindeki yarmada morfolojisini kaybetmiş ancak çatlak dolgusu sayesinde seçilebilen traverten sırtlarının örneklerini görmek mümkündür.

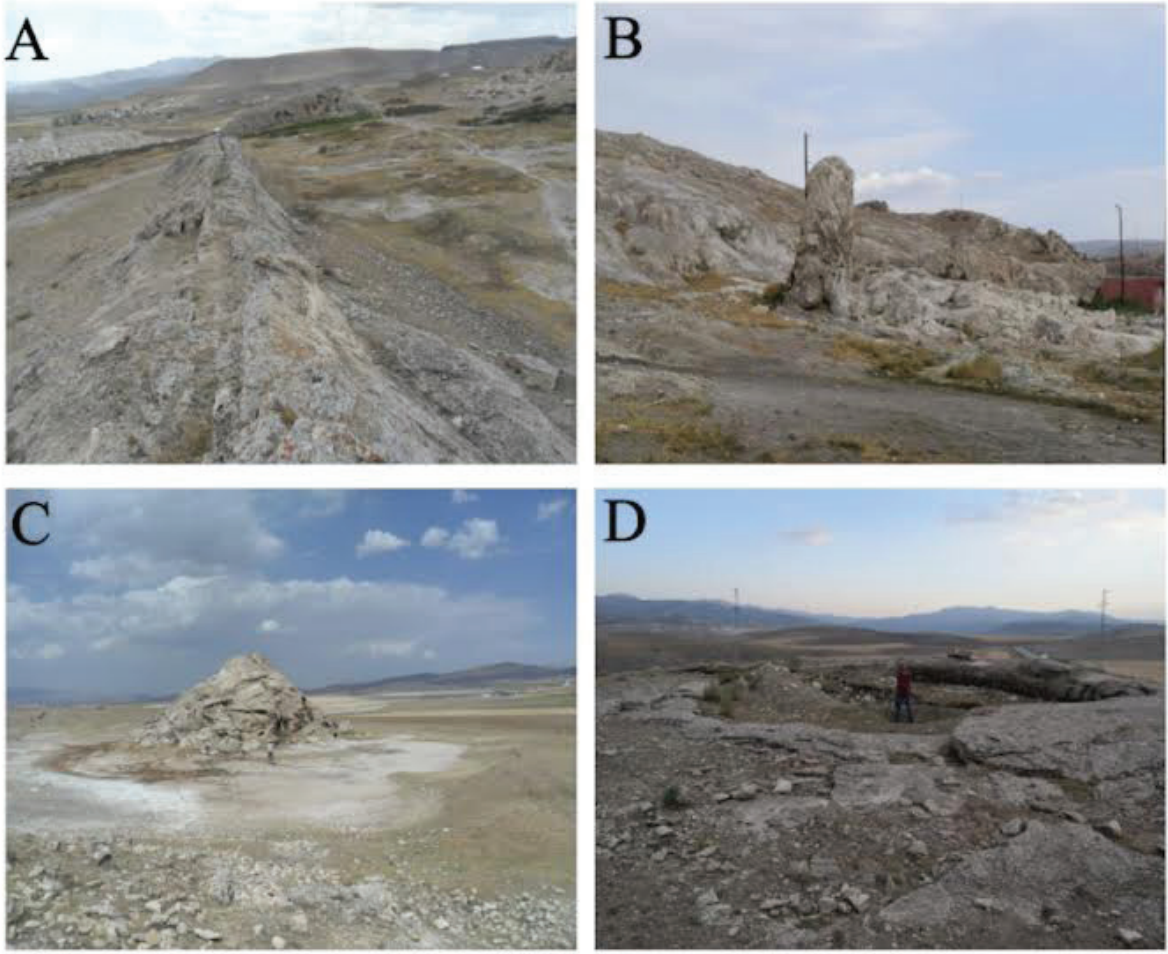


Şekil 6. DJA’nda traverten birikim şekilleri ve traverten köprüleri.

Figure 6. Travertine accumulation patterns and travertine bridges in DGA.

Basınçlı termal suların eseri olan traverten bacaları, Köprüçermik kaynakları ve çevresinde ayrıca Tazekent Çermiği batısında görülür (Şekil 7B ve C). Tazekent Çermiği batısındaki bacanın yüksekliği 5,5 m’dir. Köprüçermik kaynakları yakınındaki bacalar aktiftir. Sahadaki bacalardan bazıları sırt merkezi çatlağının tıkanması veya su çıkışının noktasal hal alması nedeniyle traverten sırtları üzerinde gelişme imkânı bulmuştur.

Eğim değerinin az olduğu yerlerde yüzeye çıkan kaynakların ağız kesimlerinde gelişen traverten konilerinin (Polat ve Ege, 2018) sayısı ise çok azdır. Kudret Köprüsü kuzeybatısında karayolu kavşağında bulunan inaktif haldeki koni oldukça tipik özelliğe sahiptir (Şekil 7D).



Şekil 7. Diyardin Jeotermal Alanı'nda (DJA) traverten birikim şekilleri, (A) Traverten sırtı, (B) Traverten bacası, (C) Traverten konisi, (D) Traverten konisi

Figure 7. Travertine accumulation landforms in Diyardin Geothermal Area (DGA), (A) Travertine ridge, (B) Travertine chimney, (C) Travertine cone, (D) Travertine cone

DÜNYADA DOĞAL KÖPRÜLER ve OLUŞUMLARI

İnsanların ilgisini ve merakını her zaman çekmiş olan karstik doğal köprüler ve tüneller hakkında yapılan araştırmaların sayısı son yıllarda hızla artmıştır (Miller ve Donovan, 1999; Bayari, 2002; Zeybek, 2004; Karadoğan ve Yıldırım, 2008; Polat, 2011a; Delikan ve Mert, 2019; Aylar vd., 2020; Aylar vd., 2022). Bilimsel çalışmalarda karstik tünel ile karstik köprü terimi kullanımında ayırma gidilmemiş, aynı anlamda kullanılmıştır. Bu iki

şekil oluşum bakımından birbirinden farklıdır. Gavrilovic (1998) gibi bazı araştırmacılar, bu konuda matematiksel öneride bulunmaktadır. İncelediği tünel ve doğal köprülerin yüksekliği ve genişliği arasındaki ilişkiyi analiz etmiş, doğal köprülerde oranın 1:0,5- 1:2,5 arasında olduğunu ve istisnai olarak 1:10'a kadar oranın olabileceği sonucuna varmıştır. Doğal tünellerde ise bu oranın daha büyük olduğunu belirtmiştir. Bununla birlikte bu tanım jenetik olarak onaylanmamıştır. Doğal köprüler ile tünelleri ayırt etmek için kullanılan matematiksel yöntemi uygulayarak, boyutlarda

küçük farklılıklar gösteren oluşum olarak aynı iki özelliğin farklı formlar olarak sınıflandırıldığı ortaya çıkabilmektedir (Calic-Ljubojevic, 2000). Karstik tüneller, mevcut formasyon içinde suyun aşındırıcı etkisi ile meydana gelirler. İçinde açıldığı litolojilerden daha gençlerdir. Doğal köprüler ise akarsu vadileri üzerinde birikim sonucu meydana gelirler, aralarında boyutsal olarak farklılık vardır. Genel olarak tünellerin köprülere nazaran daha uzun olduklarını söylemek mümkündür.

Doğal köprülerin ve tünellerin oluşumu hakkında farklı mekanizmalar ileri sürülmüştür. Bunlardan birincisi, ince bir kireçtaşı sırtından akan bir nehrin sırtı yaramadığı, ancak temasta bulunduğu yerde düdenden batıp diğer tarafta yeniden çıktığı durumlarda meydana gelirler. Sırttaki düdende akışını sürdüren akarsu, zamanla yeraltı kanallarını genişletir ve kalan kısımda açılmaya devam eder. Petrovic (1969) tarafından bu mekanizma “yerel batma” olarak adlandırılmıştır. Cvijic (1918) tarafından ileri sürülen görüş ise tavanı yıkılan bir mağaranın varlığına dayanır. Mağara tavanının yıkılmaktan kurtulan kısımları, doğal köprüyü meydana getirir (Jennings, 1985; Field, 2002; Huggett, 2011). Doğal köprüler, akarsu yataklarındaki yatak çukurlarının (pothole) zamanla taban kesiminde genişleyip birleşmesi sonucunda da oluşabilmektedir (Polat ve Deniz, 2017; Aylar vd., 2020; Aylar vd., 2022). Köprülerin oluşumu ile ilgili diğer bir görüş ise akarsuların birbirini korsanlık yoluyla kapması şeklinde açıklanmaktadır. Bu mekanizmada bir menderes kıvrımının bir veya her iki yanında yer alan menderes mağaralarının aralarındaki sırtı yarıkları yerlerde meydana gelmektedir (Cleland, 1910; Huggett, 2011).

ABD Virjinya Cedar Creek (Rockbridge), Slovenya’daki Rakov Skocjan geçitleri, Ulster’deki Marble Arch geçidi, Guizhou’daki Yijiehe Nehri ve Río da Xiao Cao Kou geçidi, Peruacu geçidi, Brezilya’da Rio Peruac akarsuyu

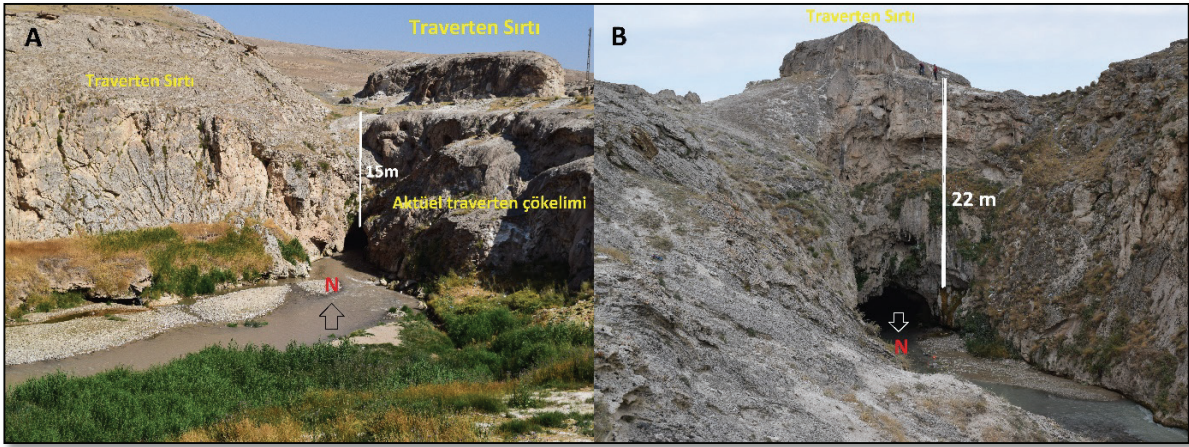
üzerinde Minas Gerais, Sirbistan’da Mala Vratna, Velika Vratna, Suva Vratna, Samar, Valja, Osinaca, Rajska, Çin’de Guizhou, Türkiye’de Delikkaya (Tokat), Birkleyn (Lice-Diyarbakır), Kayadelen (Varto-Muş), Kayabaşı (Ulus-Bartın), Yerköprü (Vezirköprü-Samsun) (Zeybek, 2004; Ford ve Williams, 2007; Karadoğan ve Yıldırım, 2008; Polat, 2011a; Petrovic ve Carevic, 2015; Antic vd., 2020; Aylar vd., 2020; Aylar vd., 2022) dünyadaki bilinen başlıca köprü ve tünellerdir.

Akarsu vadilerinde travertenlerin çökelişi veya aşınımı sonucunda da doğal köprüler oluşabilmektedir. Bu tip köprüler, nadir oluşuma sahip flüviyo-karstik kökenli şekillerdir. Semuc Champey (Guatemala), Gokteik, (Burma), Pontna Dieu, Auvergne ve Provence (Fransa), Tonto (Arizona-ABD), Fremont (Wyoming-ABD), Puente del Inca (Arjantin), Yauli Irmağı (Peru), Zesta Nera (Yunanistan), Imi n’Ifri (Azilal-Fas) (Pentecost, 1995; Ford ve Pedley, 1996; Bayari, 2002; Gunn, 2004; Lazaridis vd., 2005; Lannutti vd., 2020) başlıca traverten köprülerine örnektir.

Anadolu’da doğal köprü ve tüneller çoğunlukla “Yerköprü” olarak adlandırılmaktadır. Nitekim Zamanlı Irmağı, Göksu Irmağı, Yıldız Irmağı (Sivas), Karagöz Deresi (Pınarbaşı-Kayseri), Karaisalı Çayı (Karaisalı) üzerinde bulundukları ortaya konulmuştur (Atiker, 1991; Bayari, 2002; Polat, 2011b; Polat, 2018, Zeybek, 2015).

DİYADİN DOĞAL TRAVERTEN KÖPRÜLERİ ve ÖZELLİKLERİ

Traverten köprüleri, dünyada örneği az sayıda olan nadir yer şekilleridir (Lazaridis vd., 2005; Delikan vd., 2019). Diyadin ilçe merkezine 7 km uzaklıkta Murat Irmağı üzerinde birbirine yakın konumda iki doğal köprü gelişmiştir. Bunlar Köprüçermik ve Kudret doğal köprüleridir.



Şekil 8. Köprüçermik Köprüsü’nün (A) Giriş ağız bölümü (Fotograf güneydoğudan kuzeybatıya doğru çekilmiştir), (B) Çıkış ağız kesimi (Fotograf kuzeyden güneye doğru çekilmiştir).

Figure 8. Köprüçermik Bridge. (A) Entrance mouth section (Photo taken from southeast to northwest), (B) Exit mouth section (Photo taken from north to south).

Köprüçermik Köprüsü

Köprüçermik termal kaynakları yakınında bulunduğu için bu isim verilmiştir. Köprü, KB-GD yönünde 64 m uzunluğundadır. Tamamen travertenlerden yapılmış köprünün girişinde traverten kalınlığı 15 m, çıkışında ise 22 m’dir (Şekil 8A ve B). Akarsu yatak genişliği, giriş kısmında 9,5 m, çıkışta ise 21 m’dir. Akımın düşük olduğu dönemde (özellikle yaz sonu-sonbahar başı) köprünün alt kısmı, akarsu yüzeyinden 4 m yukarıda kalmaktadır. Köprü altında sarkıtlar gelişmiştir. Traverten çökelişi, köprü giriş kısmı doğu yamacında aktif haldedir.

Köprünün üstü KB-GD yönünde uzanan GD’ye doğru eğimli oluk şeklindedir. Köprü üstünde, Taşbasamak köyünü Köprüçermik’e bağlayan stabilize karayolu ile köprü arasında 68 m uzunluğunda nispi yüksekliği 6 m’yi bulan aktif bir sırt yükselir. Sırtın güneydoğu yönünde uzandığını termal kaynakların bir hat boyunca sıralanmasından anlaşılmaktadır. Köprünün oluşumunda en fazla etkiye sahip olan bu sırtın üzerindeki fissür net şekilde izlenmektedir. Merkezi sırt çatlağının düşey konumda olmaması sırtı oluşturan suların batı yönünde daha çok akış yaptığını işaret etmektedir.

Köprünün batısında KD-GB doğrultusunda birbirine paralel, pasif haldeki iki adet traverten sırtı doğudaki sırta verev olarak uzanmaktadır. Sırtlardan doğuda olanın uzunluğu 220 metredir. Sırtın doğu kanadı Murat Irmağı tarafından aşındırılarak ortadan kaldırılmış, merkezi çatlağı oluşturan dolgu tabakaları ortaya çıkmıştır. Batıdaki sırtın uzunluğu ise 52 m olup 16 cm genişliğinde merkezi çatlağa sahiptir. Sırt kanatlarındaki traverten katmanlarının eğimi 10-43° arasında değişir. Aktif olmayan sırt üzerinde merkezi çatlağın tıkanması nedeniyle noktasal kaynak çıkışlarına bağlı olarak fosil traverten bacaları sıralanır.

Kudret Köprüsü

Murat Irmağı, Köprüçermiği Köprüsü’nden çıktıktan sonra 300 metrelik mesafe boyunca travertenlerden yapılmış kanyon vadide akar. Akarsu, doğusundaki traverten sırtının denetiminden dolayı önce kuzeybatıya doğru akışını sürdürür. Sırtın bittiği yerden itibaren ani bir dönüş yaparak kuzeydoğuya yönelir ve yöre halkının “Kudret Köprüsü” olarak adlandırdığı, üzerinden Taşbasamak-Diyadin karayolunun geçtiği doğal köprüye girer. Köprü, maksimum 12 m kalınlığa

sahip travertenler içinde açılmıştır. Girişte akarsu yatak genişliği 10 m olup, düşen kaya blokları ile kapalıdır (Şekil 9A). Irmak, 30 metrelik bir mesafe boyunca D-B yönünde köprü altından akış gösterir. K-G yönünde 65 m, D-B yönünde 63 m boyutlarındaki köprü, üstten akarsu düzeyine doğru yatay kesit alanı büyüyen mağara şeklinde bir morfolojiye sahiptir. Köprünün altı, cıvalı yüzey halinde olup sarkıt ve dikitlerden yoksundur. Köprü çıkış ağzı 30 m genişliğindedir. Çıkışa doğru akarsu seviyesi ile köprü alt seviyesi arasındaki mesafe 1 m'ye kadar düşer (Şekil 9B). Köprü çıkış ağzı açıklığı yeterince geniş olmadığından, debinin fazla olduğu sezonda (Mayıs-Haziran) suyu tahliye edememektedir. Nitekim yöre halkı köprü gerisinde zaman zaman göllenmenin olduğunu dile getirmektedir. Köprü, KKB-GGD yönünde uzanan traverten sırtının KKB ucuna yakın yerde gelişmiştir. Merkezi çatlak dolgusu sayesinde 80 metrelik bir mesafe boyunca sırt topografyada takip edilebilmektedir. Sırtın güney-güneydoğu kısmı ise belirgin değildir. Sırtın batı kanadı Murat Irmağı vadisi yamacına isabet eder iken doğu kanadı karayolu dolguları nedeniyle belirgin değildir. Ayrıca paralel olarak uzanan diğer traverten sırtları ile kaynaşmış olmasının da bunda etkisi vardır. Sırt çatlağının genişliği 16 cm'dir. Batı kanatta traverten tabakaları güneybatıya 5°-35° eğimlidir. Sırt, yaklaşık 800 m² alana sahiptir.

TARTIŞMA

Nadir traverten birikim şekillerinden olan traverten köprülerinin gelişmesi için kalsiyumbikarbonat bakımından zengin yeraltı suyunun varlığının yanında, vadi geometrisi ve kaynağın konumu önemlidir. Çünkü köprülerin geliştiği vadilerde traverten çökelişi ile akarsu aşındırma faaliyeti arasında mücadele vardır. Akarsu aşındırması traverten birikiminden fazla olduğu takdirde köprü oluşumu sekteye uğrar. Bu sebeple kaynak seviyesinin akarsu yüzeyinden yukarıda olması gerekmektedir (Bayarı, 2002). Köprü oluşuktan sonra da aşındırma faaliyeti ile traverten çökelişi

arasındaki rekabet devam eder. Akarsu köprüyü alt kesimden aşındırarak traverten çökelişinin belli bir seviyeye kadar sürmesine izin verirken aynı zamanda köprünün tıkanmasını da önler. Aksi takdirde köprü fonksiyonunu kaybedebilir. Kireçli kaynakların bıraktığı traverten deposunun karşı yamaca yanall yönde ulaşabilmesi için vadi yeterince dar olmalıdır (Bayarı, 2002). Travertenlerin karşı yamaca ilerlemesi tek yönlü olabileceği gibi karşılıklı olarak gelişmeleri ve birleşmesi ile de (iki yönlü gelişme) olabilmektedir (Pentecost, 2005).

Köprüçermik Köprüsü oluşum mekanizması açısından dünyadaki diğer köprülerden çok farklı özelliklere sahiptir. Köprüçermik Köprüsü, traverten sırtlarının karşılaştığı alanda bulunur. Burada KKB-GGD ve KB-GD doğrultusunda uzanan traverten sırtlarının Murat Irmağı üzerinde birbirine doğru ilerlemesi ve birleşmeleri sonucunda meydana gelmiştir. Zamantı Irmağı üzerindeki doğal köprülerde ise tek yönlü gelişme söz konusudur. Sahadaki traverten sırtları, geniş tabanlı vadide örgülü drenaj ağı oluşturarak akan Murat Irmağı'nın bir yatakta toplanmasına aynı zamanda kanyon vadi oluşumuna yardımcı olmuştur. Aksi takdirde bu kadar geniş bir yatak üzerinde köprünün oluşması mümkün değildir.

Zamantı ve Göksu ırmakları üzerindeki traverten köprüleri Mesozoyik zamana ait anakaya içinde açılmış kanyon vadinin yamacında yüzeye çıkan kaynağın çökelttiği tufaların, karşı yamaca doğru ilerlemesiyle meydana gelmiştir. Köprüçermik Köprüsü'nün bulunduğu vadi ise akarsuyun derine doğru aşındırması sonucunda meydana gelmiş değildir. Vadi taban düzlüğünde tektonik hatlar boyunca çıkan suların üst üste traverten sırtları oluşturacak şekilde birikip yükselmesi sonucunda kanyon vadi profilini kazanmıştır. Zamanla sırtlar üzerinde traverten çökelişinin artmasıyla vadi derinliği artmış, akarsu aşındırmasının ulaşmadığı ve termal suları seyreltemediği sırt yamacının üst kısmında traverten çökelişi devam etmiştir.



Şekil 9. Kudret Köprüsü (A) Girişi ağzı (traverten kalınlığı 12 m). Doğal köprünün boyu kaya düşmelerine bağlı olarak kısalmaktadır, (B) Kudret Köprüsü çıkış ağzı.

Figure 9. Kudret Bridge. (A) Entrance mouth of Kudret Bridge (travertine thickness 12 m). The length of the original natural bridge is shortened due to rock falls at the entrance mouth, (B) Kudret Bridge exit mouth.



Şekil 10. Taş ocaklarında traverten sırtlarının enine kesitleri. Bunlardan biri Tazekent köyü güneyinde ve diğeri ise Dibek köyü kuzeydoğusunda traverten ocağı yarmalarıdır. Merkezi açılma çatlak, tali çıkış kanalları ve kanatlardaki boşluklar görülmektedir

Figure 10. Cross sections of travertine ridges in quarries. One travertine quarry splits south of Tazekent village, and the other quarry northeast of Dibek village. The central opening fracture, secondary exit channels and gaps in the flanks are visible.

Yatak kenarında bulunan doğrultuları farklı traverten sırtlarının Murat Irmağı üzerini zamanla kapatmasıyla Köprüçermik Köprüsü oluşmuştur. Köprüçermik Köprüsü'nü oluşturan sırtlar ile vadi tabanı arasında 30 m yükseklik farkı vardır.

Köprünün oluşumunda sırtların dikey yönde gelişiminin yanında yatay yönde genişlemesi

de önemlidir. Sırt eksenini boyunca traverten oluşumunun yeni başladığı evrede çatlaklar boyunca çıkan karbonatlı sular, sırtın yamacında eğimi fazla tabakalar halinde travertenler çökeltirken traverten tabakalarının yatıklaştığı daha ileriki aşamada ise tabakaların dalgalı olduğu jeotermal alanındaki sırtlarda açılmış taş

ocaklarından anlaşılmaktadır (Şekil 10). Merkezi çatlaktan çıkan sular, sırt yamacı üzerinde kalsiyumkarbonatı üst üste biriktirerek katmanlar (kristalin kabuk) ve tümseklere bağlı olarak yay şeklinde mikro teraslar oluşturur. Bu teraslardan dışa doğru taşan sular, yatay yönde traverten sırtının genişlemesine, dışa doğru traverten perdelerinin çıkıntılar oluşturmaya ve karşı yamaca doğru ilerlemesine fırsat verir. Ayrıca terasların yamacındaki saçaklar ve perdeler sırtın düşey ve yatay yönde büyümesi ve gelişmesine katkıda bulunur. Saçak ve perdelerin altında ise mağaralara benzer boşluklar gelişir (Gradzinski ve Holubek, 2018). Sırt içindeki bu boşlukların çoğunluğu erime sonucunda meydana gelmiş değildir, travertenlerin birikmesi sırasında oluşmuş primer boşluklardır (Kayan, 1990).

Köprülerin bu iki yönlü büyümesi, kaynağı oluşturan suyun yatay yönde hızına, debisine ve akışın devamlı olup olmamasına da bağlıdır. Sırt üzerindeki eksen alçalımları ve yükselimleri su çıkışlarının her yerde eşit miktarda gerçekleşmediğini göstermektedir. Su çıkışının daha fazla olduğu yerlerde deve hörgücünü andıran yükselimler görülür. Merkezi çatlakta kaynak çıkışı çeşitli sebeplerle sona erdiği veya tıkanmış durumda çıkışlar sırtın kanatlarında gerçekleşebilmektedir. Tali su çıkışları yerleri olarak nitelendirilebilecek bu yerler ve çevresinde travertenler loblar halinde çökelmektedir. Loblar, sırtların yatay yönde gelişmesine yardımcı olmaktadır. Nitekim Tazekent, Dibekli yerleşmesi çevresindeki traverten sırtlarında açılmış taş ocakları yakından incelendiğinde bu husus net olarak görülmektedir (Şekil 10).

Sürmeli (2014), Murat Irmağı üzerindeki her iki köprünün de akarsu yatağı kenarındaki CaCO_3 yönünden zengin suların oluşturduğu traverten sırtlarının birleşmesiyle meydana geldiğini ileri sürmektedir. Bu husus Köprüçermik Köprüsü için geçerli iken Kudret Köprüsü için söz konusu değildir. Kudret Köprüsü, Murat Irmağı'nın traverten sırtını alttan oyması ve daha sonra genişletmesi ile oluşmuştur.

SONUÇ ve ÖNERİLER

Murat Irmağı üzerindeki yapılar, doğal traverten köprüsü özelliği taşır. Köprüçermik ve Kudret doğal köprüleri akarsuyun ana kaya içinde yapmış olduğu aşındırma faaliyeti ile açılmış değildir. Nitekim iki köprünün de kemerleri ve duvarları tamamen termal travertenlerden oluşmaktadır. Eski bir mağara sistemi çatısının çökmesiyle oluşmuş da değildir. Köprüçermik Köprüsü, akarsu yatağı kenarındaki tektonik hatlardan çıkan termal suların oluşturduğu başlıca üç traverten sırtının akarsu üzerinde karşılıklı genişleyip birleşmesi ve Murat Irmağı üzerini kapatmasıyla oluşmuştur. Köprünün doğusunda, KB-GD yönünde uzanan aktif traverten sırtı, köprünün oluşmasına sebep olduğu gibi köprünün gelişme istikametini ve akarsuyun akış yönünü de denetlemiştir. Köprüçermik Köprüsü giriş ağzı doğusunda yamaçta traverten çökelişi sürmektedir. Ayrıca köprü altında sarkıtlar oluşum halindedir. Bu nedenle köprünün, aktif traverten köprüsü olduğunu söylemek mümkündür.

Kudret Köprüsü, traverten sırtının flüvio-karstik süreçler sonucunda aşındırılmasıyla meydana gelmiştir. Sırtı oluşturan travertenlerdeki çatlaklı zonlu izleyerek yeraltına sızan sular, travertenlerde eritme ve aşındırma yaparak karstik boşlukları genişletmiş, düden özelliği kazanan bu karstik sistem yüzeysel akışı tamamen yeraltına çekmiştir. Kaide seviyesinin değişmesine bağlı olarak akarsu yatağına gömülmüş, yanal yer değiştirme ve vadi tabanını genişletme çalışmalarına bağlı olarak köprü genişlemiştir. Sonuçta giriş ve çıkış ağızları aynı seviyede olan yerköprü meydana gelmiştir. Kudret Köprüsü'nde traverten çökelişi tamamen sona ermiştir.

Traverten sırtları ve üzerindeki kaynaklar ile akarsu seviyesi arasındaki yükselti farkının oluşmasında Pleistosen'de meydana gelen iklim değişiklikleri ve tektonik hareketlerin etkisi de olmuş olabilir. Özellikle buzularası dönemde meydana gelen tektonik yükselme, akiferler

içindeki piyezometrik seviyenin hızlı bir şekilde düşmesine ve bunun sonucunda akarsu deşarjının artmasına neden olmuştur. Nitekim Murat Irmağı, kalker ve bazaltlar içinde gömük menderesli kanyon bir vadide akış gösterir. Ayrıca araştırma sahası dışındaki Omuzbaşı ve Karapazar yerleşmelerinin üzerinde bulunduğu taraçaların da işaret ettiği üzere Murat Irmağı yatağını derine kazmıştır. Bu faaliyetlerin traverten köprüleri ile akarsu seviyesi arasındaki farkın artmasına katkıda bulunduğunu söylemek mümkündür.

Diyadin Jeotermal Alanı'nda çeşitli traverten birikim şekilleri bulunmasına rağmen en etkileyici doğal anıtlar Murat Irmağı üzerindeki doğal köprülerdir. Traverten köprüleri erozyonel faaliyetler, depremler, kaya düşmeleri ve karstlaşma gibi olaylardan dolayı tahribata uğrayabilmektedir. Tahribatta en önemli pay, antropojenik etkenlere aittir. Özellikle Kudret Köprüsü tahribata karşı daha duyarlıdır. Bu doğal köprü, karayolu köprüsü gibi kullanılmaktadır. Köprüden geçen büyük tonajlı araçların yaptığı titreşim, köprüde çatlakların gelişmesine, büyümesine ve giriş ağzı kesiminde olduğu gibi kaya düşmelerinin oluşmasına neden olmaktadır. Bir an önce karayolu köprüsü olarak kullanılmasından vazgeçilmelidir.

Köprüler için söz konusu diğer tehlikelerin başında, taşkın ve sel hadiseleri gelir. Murat Irmağı'nın debisinin arttığı dönemde köprüden su geçişi fazla olduğunda yıkılma tehlikesi ile karşı karşıya kalmaktadır. Akarsu debisinin köprü akış kapasitesinin üzerinden yüksek olduğu zamanda tıkanmalar olabilmektedir. Köprü ile akarsu seviyesi arasındaki mesafe oldukça azdır (1-1,5 m). İlkbahar ve yaz mevsimi başında yağışlara ve kar erimelerine bağlı olarak debinin fazla olduğu dönemde seviye tamamen ortadan kalkmaktadır. Bunun yanında Kudret Köprüsü giriş kısmındaki kaya blokları suyun akış hızını düşürdüğü gibi akarsuyun taşıdığı kum ve çakıl gibi katı maddelerin de burada birikmesine, her geçen gün köprü altlarının dolmasına yol açmaktadır.

Durumun devam etmesi halinde, iki köprü'nün de fonksiyonunu yerine getirememe gibi bir durumla karşı karşıya kalması kaçınılmaz görünmektedir. Uzun sürede oluşan, ender bulunan bu jeomirasları, bu tür tehlikelerden korumak için akarsu yukarı havza kesimine baraj gibi sediment tutucu sanatsal yapılar inşa edilebilir. Su akış hızını azaltan, rüsubat birikimine sebep olan Kudret Köprüsü girişindeki kaya kütleleri de temizlenmelidir.

Köprüçermik Köprüsü'nün 100 m doğusunda traverten sırtları arasında gelişmiş olan çukurluk Diyadin yerleşmesine ait vahşi çöp depolama alanı olarak kullanılmaktadır. Çöplük, görüntü ve koku kirliliğine sebep olduğu gibi termal suların kirlenmesine de yol açmaktadır. Çöplüğün buradan kaldırılması estetik ve sağlık açısından önem arz etmektedir.

Diyadin traverten köprüleri dünyada jeomorfolojik olarak ender bulunan oluşumlardır. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın 25/01/2019 tarihli ve 20676 sayılı oluru ile Diyadin Köprü Kaplıcası, Diyadin Yılanlı Kaplıcası, Diyadin Davud Kaplıcası "Nitelikli Doğal Koruma Alanı" kapsamında tescil edilmiştir. Çevresi ise "Sürdürülebilir Koruma ve Kontrollü Kullanım Alanı" sınırları içine alınmıştır. Ancak Kudret Köprüsü, Tazekent, Dibekli, Taşbasamak arasındaki traverten sırtları belirtilen koruma statüsü alanı dışında bırakılmıştır. Bir an önce bu traverten sırtlarının da koruma altına alınması gerekmektedir. Binlerce yıl içinde çeşitli süreçler neticesinde oluşmuş birer jeodeğer olan traverten sırtları gerekli önlemler alınmadığı takdirde, açılan taş ocaklar ile tamamen ortadan kaldırılacaktır. Anadolu'da başka bir alanda bu kadar sayıda traverten köprüsü, traverten sırtı, traverten koni ve bacasını bir arada görmek mümkün değildir. Bundan dolayı bilimsel, eğitimsel ve görsel açıdan önemli aktif ve pasif traverten çökellerinin ve sıcak suların bulunduğu bu nadir alan karstik jeomiras olarak koruma altına alınmalı ve traverten jeopark alanı olarak ilan edilmelidir.

EXTENDED SUMMARY

This study aims to explain the geomorphological characteristics, formation, factors affecting their formation and the morphometric characteristics of two natural bridges over the Murat River in the Diyadin Geothermal Area between Dibekli-Mollakara-Tazekent-Davut-Göğebakan-Taşbaşmak villages in the south of Diyadin (Ağrı) District. In addition, we indicated the main problems related to the bridges, studies for their conservation and their importance as geoheritage.

Guo and Riding (1998) define travertines as calcium carbonate rocks formed by hot and cold underground and surface waters rich in calcium bicarbonate. Capezzuoli et al. (2014) define travertine as sediments with regular stratification and fine foliation, low porosity, low permeability and inorganic crystalline structure. Many researchers use the term tufa for cold-water terrestrial carbonates (Arenas et al., 2010; Capezzuoli et al., 2014; Toker, 2017) and travertine for hot ($> 20\text{ }^{\circ}\text{C}$) spring deposits (Glover and Robertson, 2003; Capezzuoli et al., 2014; Kandemir et al., 2021).

Travertines are deposited as a result of geological, geomorphological and biological conditions that form travertine accumulation. According to their morphological appearance, travertines are classified into five categories as terrace (set) type, ridge type, fault front, sheet type and channel type travertines (Chafetz and Folk, 1984; Pentecost and Viles, 1994). In the Diyadin Geothermal Area (DGA), travertine ridges (46), travertine chimneys (14), travertine cones (3) and travertine bridges (2) were identified according to their deposition morphologies. Travertine ridges were formed by the hot and mineralised groundwater coming out of the NE-SW, NNW-SSE, and NW-SE oriented opening cracks, losing the CO_2 in their structure when they come to the surface through the cracks and the travertine was deposited.

The study is largely based on field observations and investigation. The geomorphological, geological and tectonic features of the area were examined, the exit locations of the springs were determined, and the lengths, widths and heights of travertine ridges, cones and chimneys were measured with laser meters. A literature study on the region was carried out and supported by field studies. In order to reveal the characteristics of travertine ridges, cones, chimneys and bridges in the area, their elevations were measured by GPS coordinates and various maps were produced with ArcGIS 10.8 package software.

In the geothermal field, many thermal water resources rich in CO_2 , H_2S gas and CaCO_3 , with temperatures ranging between $33\text{--}90\text{ }^{\circ}\text{C}$, come to the surface in accordance with the tectonic lines with increasing temperature values towards the Tendürek volcanic mass. The springs are utilised in many areas, such as in health tourism, residential heating and greenhouse cultivation.

Metamorphic rocks such as shale and marble belonging to the Palaeozoic period are at the base of the area. Upper Miocene-Pliocene, Pliocene and Quaternary aged volcanic and sedimentary stacks are widely distributed.

The formation of natural bridges depends on certain conditions. The presence of water rich in calcium bicarbonate is one of the basic conditions for the development of bridges. Geomorphologically, they are formed on the slope of narrow and deep canyon valleys when calcium bicarbonate-rich spring waters discharged above the river level precipitate travertines and develop towards the opposite slope. Because of the waters struggling along the valley; and river erosion, travertines are deposited. Travertine bridges tend to develop where the travertine deposition is greater than the erosion.

Murat River, which flows in a north-south direction by forming a braided drainage network in an alluvial-based valley, flows in a canyon

valley consisting of travertines for a distance of 3 km from west of the Köprüçermik source. There are two natural bridges where the river enters the canyon. The first bridge is the 64 m long Köprüçermik Bridge. The bridge has a long axis in a NW-SE direction and its width varies between 9.5-21 m in the upper part. The river flows in a 7 m wide bed under the bridge. The thickness of the travertines forming the bridge is 15 m at the entrance and 22 m at the exit. Köprüçermik Bridge is interesting in terms of its formation. This bridge was not formed by the travertine deposits formed by the calcium bicarbonate spring on the slope of the canyon valley opened in the bedrock of the old geological time, as in the travertine bridges on the Zamantı River and Göksu River. The valley where Köprüçermik Bridge is located is a canyon formed by travertine ridges. It was formed by the vertical growth of the travertine ridges formed by the thermal waters emerging along the tectonic lines on both sides of the river in different directions and then the lateral development of the ridges mutually.

To the north of Köprüçermik Bridge, there is a natural bridge called “Kudret Bridge” by the local people, over which the Taşbasamak-Diyadin motorway passes. The bridge was opened in the travertines with a maximum thickness of 12 m. The width of the river bed at the entrance is 10 m and it is closed by fallen rock blocks. The Murat River flows under the bridge in a N-S direction for a distance of 30 m. The bridge having dimensions of 65 m in a NW-SE direction and 63 m in a E-W direction has a cave-shaped morphology with an increasing horizontal cross-sectional area from the top to the river level. The bridge was developed near the NNW end of the travertine ridge extending in a NNW-SSE direction. Kudret Bridge was formed when the Murat River carved the travertine ridge vertically from below to form a sinkhole, and expanded it by taking advantage of the primary gaps within the ridge and the weaknesses of the central fracture fills such as the stratification plane.

As in other travertine accumulation forms (cones, terraces, chimneys, ridges, etc.) in the area, travertine bridges are faced with various threats of natural and anthropogenic origin. The travertine accumulation forms in the area should be taken under protection as a karst geoheritage and the area should be declared a geopark.

ORCID

Selahattin Polat  <https://orcid.org/0000-0002-8042-1918>

İsmail Ege  <https://orcid.org/0000-0001-5896-0440>

KAYNAKLAR / REFERENCES

- Altunel, E. (1996). Pamukkale travertenlerinin morfolojik özellikleri, yaşları ve neotektonik önemleri. *Maden Tetkik Arama Dergisi*, 118, 46-64, https://dergi.mta.gov.tr/dosyalar/images/mtadergi/makaleler/tr/20150602142814_375_2274fe31.pdf
- Altunel, E. (2015). Traverten: üst kabukta meydana gelen jeolojik olayların sır deposu. *Traverten-Tufa Çalıştayı /Travertine-Tufa Workshop* (s. 38), 5-8 Kasım 2015, Denizli.
- Altunel, E. & Hancock, P. L. (1993a). Morphology and structural setting of Quaternary travertines at Pamukkale Western Turkey. *Geological Journal*, 28(3-4), 335-346. <https://doi.org/10.1002/gj.3350280312>
- Altunel, E. & Hancock, P. L. (1993b). Active fissuring and faulting in Quaternary travertines at Pamukkale, western Turkey. In I. S. Stewart, C. Vita-Finzi & L. A. Owen (Eds.), *Neotectonics and Active Faulting. Zeitschrift Für Geomorphologie Supplement*, 94, 285-302
- Altunel, E. & Hancock, P. L. (1996). Structural attributes of travertine-filled extensional fissures in the Pamukkale plateau, Western Turkey. *International Geology Review*, 38, 768-777. <https://doi.org/10.1080/00206819709465360>
- Altunel, E. & Karabacak, V. (2005). Determination of horizontal extension from fissure-ridge travertines: a case study from the Denizli Basin, Southwestern Turkey. *Geodinamica Acta*, 18(3-4), 333-342, <https://doi.org/10.3166/ga.18.333-342>
- Antic, A, Tomic, N. & Markovic, S. (2020). Karst-based geotourism in Eastern Carpathian Serbia: Exploration and evaluation of Natural Stone Bridges. *Geoconservation Research*,

- 3(2), 62-80, <https://dx.doi.org/10.30486/grc.2020.1903486.1023>
- Arenas-Abad, C., Vazquez-Urbez, M., Pardo-Tirapu, G. & Sancho-Marcen, C. (2010). Fluvial and associated carbonate deposits. In A. M. Alonso-Zarza & L. Tanner (Eds.). *Carbonates in Continental Settings: Facies, Environments, and Processes* (pp. 133–175). Developments Sedimentology 61, 1st Edition. USA, Elsevier.
- Atiker, M. (1991). Koruyamadığımız Doğal Anıtlar. *TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi, Haziran 1991*, 32-35
- Ayaz, E. (2002). Travertenlerde Gözlenen Morfolojik Yapılar ve Tabiat Varlığı Olarak Önemleri. *Cumhuriyet Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi Seri A-Yerbilimleri, 19(2)*, 123-134
- Aylar, F., Gürgöze, S., Uzun, A. ve Zeybek, H. İ. (2022). Yerköprü Doğal Tüneli nin Jeomorfolojisi ve Turizm Potansiyeli Vezirköprü Samsun. *Coğrafya Dergisi, 44*, 1–15, <https://doi.org/10.26650/JGEOG2022-981930>
- Aylar, F., Zeybek, H. İ. ve Dinçer, H. (2020). Kayabaşı Doğal Köprüsü (Ulus-Bartın). *Gümüşhane Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Elektronik Dergisi, 11(1)*, 171-187, <https://dergipark.org.tr/tr/pub/gumus/issue/52805/661255>
- Barbier, E. (2002). Geothermal energy and current status: An overview. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 6(1-2)*, 3–65, [https://doi.org/10.1016/S1364-0321\(02\)00002-3](https://doi.org/10.1016/S1364-0321(02)00002-3) Get rights and content
- Bayari, S. (2002). A Rare Landform: Yerköprü Travertine Bridges in the Taurids Karst Range, Turkey. *Earth Surface Processes and Landforms, 27*, 577-590, <https://doi.org/10.1002/esp.337>
- Bögli, A. & Capezzuoli, E. (2009). Travertine deposition and faulting: the fault-related travertine fissure-ridge at Terme S. Giovanni, Rapolano Terme (Italy). *International Journal of Earth Sciences (Geol Rundsch)*, 98, 931–947. <https://doi.org/10.1007/s00531-007-0290-z>
- Brogi, A., Capezzuoli, E., Aqué, R. & Branca, M. & Voltaggio, M. (2010). Studying travertines for neotectonics investigations: Middle–Late Pleistocene syn-tectonic travertine deposition at Serre di Rapolano (Northern Apennines, Italy). *International Journal of Earth Sciences, 99(6)*, 1383–1398. <https://doi.org/10.1007/s00531-009-0456-y>
- Burçak, M., Yıldırım, T. ve Yücel, M. (1997). *Ağrı-Diyadin-Çermik Sahası Jeotermal Jeofizik Etüt Raporu*. MTA Derleme No: 10020, 12 s. (yayımlanmamış).
- Calic-Ljubojevic, J. (2000). Natural Bridges on the Vratna River (Eastern Serbia) as the Last Remnants of a Former Cave. *Acta Carsologica, 29(2)*, 241-248. <https://doi.org/10.3986/ac.v29i2.463>
- Capezzuoli, E., Gandin, A. & Pedely, M. (2014). Decoding tufa and travertine (fresh water carbonates) in the sedimentary record: the state of the art. *Sedimentology, 61*, 1–21. <https://doi.org/10.1111/sed.12075>
- Chafetz, H. S. & Folk, R. L. (1984). Travertines: depositional morphology and the bacterially constructed constituents. *Journal of Sedimentary Research, 54*, 289–316.
- Cleland, H. F. (1910). North American natural bridges, with a discussion on their origin. *Bulletin of the Geological Society of America, 21*, 313-338.
- Cvijic, J. (1918). Podzemna hidrografija i morfoloska evolucija karsta (Hydrographie souterraine et evolution morphologique du karst). *Posebna Izdanja SGD, 34*, 539, Beograd 1957 (reprint).
- Çakır, Z. (1999). Along strike discontinuities of active normal faults and its influence on Quaternary travertine deposition examples from western Turkey. *Turkish Journal of Earth Sciences, 8*, 67–80, <https://journals.tubitak.gov.tr/earth/vol8/iss1/5>
- Delikan, A. & Mert, M. (2019). Depositional and geochemical characteristics of geomorphologically controlled recent deposits on the Göksü River in Yerköprü (Konya, southern Turkey). *Carbonates and Evaporites, 34*, 441-459, <https://doi.org/10.1007/s13146-018-0477-3>
- Eltez, M., Doğan, M.A., Durukan, M. & Hepbaşlı, A. (2001). Diyardin integrated geothermal application. *Proceedings of Twenty-sixth Workshop on Geothermal Reservoir Engineering* (pp.: 406-412). Stanford (CA), Stanford University.
- Emig, W. H. (1917). The travertine deposits of the Arbuckle Mountains, Oklahoma. *Oklahoma Geological Survey Bulletin, 29*, 9-76.
- Field, S. M. (2002). *A Lexicon of Cave and Karst Terminology with Special Reference to Environmental Karst Hydrology*. National Center for Environmental Assessment-Washington Office, Office of Research and Development U.S. Environmental Protection Agency, Washington.
- Filippis, L. D., Faccenna, C., Billi, A., Anzalone, E., Brilli, M., Soligo, M. & Tuccimei, P. (2013). Plateau versus fissure ridge travertines from Quaternary geothermal springs of Italy and Turkey: Interactions and feedbacks between

- fluid discharge, paleoclimate, and tectonics, *Earth-Science Reviews*, 123, 35–52. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2013.04.004>
- Ford, D. C & Williams, P. W. (2007). *Karst Geomorphology and Hydrology*, Revised edition. Chichester, John Wiley & Sons.
- Ford, T. D. & Pedley, H. M. (1996). A review of tufa and travertine deposits of the World. *Earth Science Reviews*, 41, 117–175. [https://doi.org/10.1016/S0012-8252\(96\)00030-X](https://doi.org/10.1016/S0012-8252(96)00030-X)
- Gradzinski, M., Bella P. & Holubek, P. (2018). Constructional caves in freshwater limestone: A review of their origin, classification, significance and global occurrence, *Earth-Science Reviews*, 185, 179–201. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2018.05.018>
- Gavrilović, D. (1998). Natural bridges – phenomenon of the fluviokarst in eastern Serbia. *Nature protection*, 48–49, 25–32
- Glover, C. & Robertson, A. H. F. (2003). Origin of tufa (cool water carbonate) and related terraces in the Antalya area, SW Turkey. *Geological Journal*, 38, 329–58, <https://doi.org/10.1002/gj.959>
- Gunn, J. (2004). *Encyclopedia of caves and karst science*. (Edited by John Gunn). Taylor and Francis Group, ISBN 0-20348385-5. New York London.
- Guo, L. & Riding, R. (1998). Hot-spring travertine facies and sequences, Late Pleistocene Rapolano Terme, Italy. *Sedimentology*, 45, 163–180. <http://dx.doi.org/10.1046/j.1365-3091.1998.00141.x>
- Hancock, P. L., Chalmers, R. M. L., Altunel, E. & Çakır, Z. (1999). Travertines: using travertines in active fault studies. *Journal of Structural Geology*, 21(8), 903–916. [https://doi.org/10.1016/S0191-8141\(99\)00061-9](https://doi.org/10.1016/S0191-8141(99)00061-9)
- Hepbaşlı, A. & Özgener, L. (2004). Development of geothermal energy utilization in Turkey. A Review. *Renewable and Sustainable Reviews*, 8(5), 433–460. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2003.12.004>
- Huggett, R. J. (2011). *Fundamentals of Geomorphology*, Third Edition. Taylor & Francis Group, Routledge, London and New York.
- Jennings, J. N. (1985). *Karst Geomorphology*. Blackwell, Oxford, UK.
- Julia, R. (1983). Travertines. In P. A. Scholle, D. G. Bebout & C. H. Moore (Eds), *Carbonate Depositional Environments* (pp. 62–72,), *The American Association of Petroleum Geologists Tulsa, Oklahoma (AAPG Memoir)*, 33.
- Kandemir, R., Tagliasacchi, E., Kayseri-Özer, M. S., Şaffak, D., Köroğlu, F., Hsun-Ming Hu. & Shen, C. C. (2021). The multidisciplinary approaches on facies developments and depositional systems of the Bahçecik Travertines, Gümüşhane, NE-Turkey *Turkish Journal of Earth Sciences*, 30, 561–579, <https://doi.org/10.3906/yer-2104-20>
- Karabacak, V., Mutlu, H., & Deniz Yağcıoğlu, K. (2021). Manifestations of Quaternary syneruptive fluid circulations on carbonate veins Central Anatolian Volcanic Province. *Journal of Quaternary Science*, 36, 124–137. <https://doi.org/10.1002/jqs.3260>
- Karadoğan, S. ve Yıldırım, A. (2008). Birkleyn Mağaralarının (Diyarbakır/Lice) Jeomorfolojik Özellikleri, Oluşumu ve Turizm Potansiyeli. *Dünden Bugüne Lice Sempozyumu* (s. 155–178), 05–06 Eylül-2008, Lice/Diyarbakır.
- Kayan, İ. (1990). Tarih öncesi yerleşme yerleri olarak Antalya mağaralarının jeomorfolojik özellikleri. *Ege Coğrafya Dergisi*, 5(1), 10–31. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/56949>
- Keskin, B. (1998). *Geological Report and Geothermal Potential of Diyardin Geothermal Area*. MTA Geothermal, Report, Turkey
- Lannutti, E., Lenzano, M.G., Baron, J., Moragues, S. & Lenzano, L. (2020). Structural health of Puente del Inca Natural Monument Using the integrating of instruments and Technologies. *Cuadernos de Investigación Geográfica (Geographical Research Letters)*, 46(2), 447–476. <https://doi.org/10.18172/cig.4390>
- Lazaridis, G., Vavliakis, E. & Pennos, Ch. (2005). Temporal earthpyramids in caves. An example from Zesta Nera cave of Sidirokastro, Serres (Macedonia, Greece). *Proceedings of 14th International Congress of Speleology, Vol.2*, (pp. 579–581), Athens– Kalamos.
- Mesci, B. L., Gürsoy, H. & Tatar, O. (2008). The evolution of travertine masses in the Sivas area Central Turkey and their relationships to active tectonics. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 17(2), 219–240. <https://journals.tubitak.gov.tr/earth/vol17/iss2/2>
- Mesci, B. L., Erkman, A. C., Gürsoy, H. & Tatar, O. (2017a). Fossil findings from the Sıcak Çermik fissure ridge-type travertines and possible hominid tracks Sivas Central Turkey. *Geodinamica Acta*, 30(1), 15–30. <https://doi.org/10.1080/09853111.2017.1406430>
- Mesci, B. L., Gürsoy, H., Tatar, O., Ghaleb, B., Sürmeli, H. E. ve Ekizoğlu, Ö. (2017b). Farklı Tektonik Rejimlerin Kontrolü Altında Oluşan Travertenlerin Morfolojik Özellikleri: Diyardin (Ağrı), Reşadiye (Tokat) ve Yenice (Denizli) Travertenleri. *Uluslararası Jeomorfoloji Sempozyumu 2017 (UJES-2017) Bildiriler Kitabı*, (s. 352), Elâzığ.

- Miller, D. J. & Donovan, S. (1999). Geomorphology of the Natural Bridge at Riversdale, Parish of St. Catherine, Jamaica. *Caribbean Journal of Science*, 35(1-2), 112-122.
- Mutlu, H., Aydın, H. ve Kazancı, A. (2013). Diyadin (Ağrı) Jeotermal Sahasına Yönelik Jeokimyasal ve İzotopik Bulgular. *II. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi*, (s. 47-67), 17-20 Nisan 2013, İzmir.
- Nazik, L., Törk, K., Tuncer, K., Özel, E., İnan, H. ve Savaş, F. (2005). Türkiye Mağaraları. *Ulusal Mağara Günleri Sempozyumu, Bildiriler Kitabı* (s. 31-46), 24-26 Haziran, Beyşehir.
- Pasvanoğlu, S. & Güler, S. (2010). Hydrogeological and Geothermal Features of Hot and Mineralized Waters of the Ağrı-Diyadin (Turkey). *Proceedings World Geothermal Congress 2010*, Bali, Indonesia, 25-29 April 2010.
- Pentecost, A. (1995). The Quaternary travertine deposits of Europa and Asia Minor. *Quaternary Science Reviews*, 14(10), 1005-1028, [https://doi.org/10.1016/0277-3791\(95\)00101-8](https://doi.org/10.1016/0277-3791(95)00101-8)
- Pentecost, A. (2005). *Travertine*. Heidelberg: Springer Verlag.
- Pentecost, A. & Viles, H. (1994). A review and reassessment of travertine classification. *Géographie physique et Quaternaire*, 48(3), 305-314. <https://doi.org/10.7202/033011ar>
- Petrovic, D. (1969). Prilog poznavanju geneze prerasti. *Globus*, 1, 42-46, Beograd
- Petrovic, A. S. & Carevic, İ. (2015). Geological Influence on the Formation of Samar Natural Bridge and Collapse Valley of Ravna River from the Ne Kucaj Mountains (Carpatho-Balkanides, Eastern Serbia). *Acta Carsologica* 44(1), 37-46. <https://doi.org/10.3986/ac.v44i1.898>
- Polat, S. (2011a). Kayadelen Karstik Tüneli. *Marmara Coğrafya Dergisi*, 24, 150-168. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/3257>
- Polat, S. (2011b). Türkiye’de traverten oluşumu, yayılış alanı ve korunması. *Marmara Coğrafya Dergisi*, 23, 389-428. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/3249>
- Polat, S. (2018). Pınarbaşı Kayseri Civarında Bol Debili Kaynaklar. 1. *Pınarbaşı (Aziziye) Sempozyumu*, 10-12 Mayıs 2018, Kayseri.
- Polat, S. ve Deniz, M. (2017). Taşyaran (İmren) Vadisinde Yatak Çukurları ve Turizm Potansiyeli (Uşak). *Marmara Coğrafya Dergisi*, 35, 204-217. <https://doi.org/10.14781/mcd.291196>
- Polat, S. ve Ege, İ. (2018). *Bolluk (Cihanbeyli) Traverten Konileri*. Kriter Basım Yayın Dağıtım.
- Sibson, R. H. (1996). Structural permeability of fluid-driven fault- fracture meshes. *Journal of Structural Geology*, 18, 1031-1042. [https://doi.org/10.1016/0191-8141\(96\)00032-6](https://doi.org/10.1016/0191-8141(96)00032-6)
- Sürmeli, H. E. (2014). *Diyadin (Ağrı) Travertenlerinin Gelişimi Morfolojik ve Aktif Tektonik Özellikleri* [Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi]. Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Tekin, E. ve Ayyıldız, T. (2001). Sıcakçermik Jeotermal Alanındaki (Sivas KB, Türkiye) Güncel traverten Çökellerinin Petrografik Özellikleri. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 44(1), 1-13. https://www.jmo.org.tr/resimler/ekler/e6260b81898beac_ek.pdf
- Toker, E. (2017). Quaternary fluvials tufas of Sarıkavak area, southwestern Turkey: Facies and depositional systems. *Quaternary International*, 437(Part A), 37-50. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2016.06.034>
- Toker, E., Kayseri-Özer MS., Özkul, M. & Kele, S. (2015). Depositional system and palaeoclimatic interpretations of Middle to Late Pleistocene travertines: Kocaba”, Denizli, SW Turkey. *Sedimentology*, 62(5), 1360-1383. <https://doi.org/10.1111/sed.12186>
- Viles, H. A. & Goudie, A. S. (1990). Tufas, travertines and allied carbonate deposits. *Progress in Physical Geography*, 14, 19-41. <https://doi.org/10.1177/030913339001400102>
- Wyatt, A. (ed.), (1986). *Challinor’s Dictionary of Geology*, 6th edn. Univesity of Wales Press, Cardiff.
- Zaman, M., Polat, S. ve Özdemir, M. (2000). Diyadin Kaplıcaları. *Doğu Coğrafya Dergisi*, 6(4), 349-378, <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/26792>
- Zentmyer, R, Myrow, P.M. & Newell D. L. (2008). Travertine deposits from along the South Tibetan Fault System near Nyalam, Tibet. *Geological Magazine*, 145(6), 753-765, <https://doi.org/10.1017/S0016756808005323>
- Zeybek, H. İ. (2004). Delikkaya Natural Bridge (Tokat). International Symposium on Earth System (pp. 105-110), İstanbul.
- Zeybek, H. İ., Uzun, A., Yılmaz, C., Bahadır, M., Hatipoğlu, İ. K., Dinçer, H. ve Gürgöze, S. (2015). Yıldız Doğal Köprüsü, Yıldızeli-Sivas. *IV. Ulusal Jeomorfoloji Sempozyumu (UJES-2015)* (s. 559-563), Samsun.



Dünya'nın En Değerli Süstaşlarından Biri Olan Painit Mineralinin, Jeolojik ve Mineralojik Olarak Bulunabilirliğinin İrdelenmesi; Türkiye'de Painit Var mıdır?
Examining the Geological and Mineralogical Availability of the Mineral Painite, One of the Most Valuable Gemstones in the World; Is there Painite in Türkiye?

Murat Hatipoğlu^{1*}, Gürsel Yanık², Evrim Çoban³

¹ Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir Meslek Yüksekokulu, El Sanatları Bölümü, Kuyumculuk ve Takı Tasarımı Programı, İzmir, Türkiye

² Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Kütahya, Türkiye

³ Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Milas Meslek Yüksekokulu, El Sanatları Bölümü, Kuyumculuk ve Takı Tasarımı Programı, Muğla, Türkiye

• Geliş/Received: 03.12.2023 • Düzeltilmiş Metin Geliş/Revised Manuscript Received: 19.02.2024 • Kabul/Accepted: 20.02.2024
• Çevrimiçi Yayın/Available online: 10.04.2024 • Baskı/Printed: 30.04.2024

Derleme/Review

Türkiye Jeol. Bül. / Geol. Bull. Turkey

Öz: Dünyada bugüne kadar keşfedilmiş 4.000'den fazla mineral olmasına karşın, bazıları doğada çok nadir bulundukları için, koleksiyonel bakımdan çok değerlidirler. Bu minerallerden dünyanın en nadir ve en değerli olanlardan birisi de painit [$\text{CaZrB}(\text{Al}_9\text{O}_{18})$] mineralidir. Güneydoğu Asya'da Myanmar (Burma)'da 1950'lerde keşfedildikten sonra, bu nadir koleksiyonel ve mücevher taşının, çok yüksek maddi değeri nedeniyle, başka ülkelerde de bulunma ihtimali üzerine araştırmalar sürekli yapılmaktadır. Bu çalışmanın temel amacı, painit mineralinin mineralojik ve gemolojik özelliklerini benzer minerallerle kıyaslamalı olarak ortaya koyarak, Türkiye'de painit mineralinin nasıl aranabileceği ve bulunabileceği örnek bir çalışma yapmaktır. Painitlerin, jeolojik olarak magmatik kökenli lökograditler ile metamorfik kökenli mermerlerin dokanaklarındaki skarn kuşaklarında oluştukları ve bulundukları bilinmektedir. Sonuç olarak, eğer Türkiye'de bir painit minerali aranacaksa ve süstaşı olarak değerlendirilecekse; bu mineralin jeokimyasal bileşiminde mutlaka Ca, Zr ve B gibi elementlerinin yüzde miktarları göz önüne alınmalı, korundum, spinel vb. minerallerinin oluşum ortamlarına benzer jeolojik ortamlarda aranmalıdır. Özellikle, magmatik kayalar ile karbonatlı kayaların metamorfizma kontağında, skarn kuşaklarının ve/veya bunların alüvyonlarında araştırılması gerekir.

Anahtar Kelimeler: Painit, yakut, en nadir süstaşları, gemolojik özellikleri.

Abstract: Although more than 4.000 minerals discovered in the world to date, some of them are very valuable in terms of collection because they are very rare in nature. One of the rarest and most valuable minerals in the world is painite [$\text{CaZrB}(\text{Al}_9\text{O}_{18})$]. After its discovery in Myanmar (Burma) in southeast Asia in the 1950s, research has been constantly carried out on the possibility of this rare collectible and jewelry stone being found in other countries due to its very high value. The main purpose of this study is to reveal the mineralogical and gemological properties of the mineral painite can be searched for and found in Türkiye. It is known that painites are geologically formed and found in skarn belts at the contacts of leucogranite of magmatic origin and marbles of metamorphic origin. As a result, if painite is to be sought in Türkiye and evaluated as a gemstone; the percentage amounts of the elements Ca, Zr and B must be taken into consideration as well as corundum, spinel, etc. in the geochemical composition of this mineral. It

* Yazışma / Correspondence: murat.hatipoglu@deu.edu.tr

should be searched in geological environments of minerals; in particular, metamorphism contacts (skarn belts) and/or their alluviums should be investigated at the contact between igneous rocks and carbonate rocks.

Keywords: *Painite, ruby, rarest gems, gemological characteristics.*

GİRİŞ

Dünya toplumlarında yaygınca bir inanış olarak süstaşları, yaşamda her bir kişinin sosyal ve kişisel statüsünün bir nevi somutsal yansımasıdır (Hatipoğlu vd., 2018). Bir süstaşı doğal olarak ne kadar nadir olursa, o derece değeri artmakta ve süstaşları ile ilgilenenler ve koleksiyonerler tarafından ilgi odağı haline gelmektedirler. Bu yüzden görünüşte sıradan gibi bilinen birçok mineral, aslında Dünya üzerinde koleksiyon veya takı amaçlı kullanılmak üzere yüksek maliyetlerle alıcı bulabilmektedir. Dünya çapında geçmişten günümüze binlerce insan, süstaşlarını (mineral, kayaç ve taşlaşmış organik malzeme türü) doğadan elde etme yollarına bakmaktadırlar.

Bu tür aktiviteye yani süstaşlarının doğadan elde edilmelerine genel anlamda süstaşı avcılığı veya toplayıcılığı (gem hunting, gem collecting), bu işle uğraşan kişilere de süstaşı avcıları veya süstaşı toplayıcıları (gem hunters, gem collectors) adı verilmektedir (MacFall, 1969). Süstaşı toplayıcılarının en büyük hedefleri, sıradan süstaşlarını toplamanın yanısıra Dünyanın en nadir minerallerinin örneklerini de bularak, bunları koleksiyonerlere veya süstaşı işleyicilerine (lapidaristlere) ulaştırmaktır. Bu durum, bazen gerçek dışı hikayelerin yayılmasına ve bunun sonucu da çok sayıda yasa dışı olaylarının da oluşmasına zemin hazırlamaktadır.

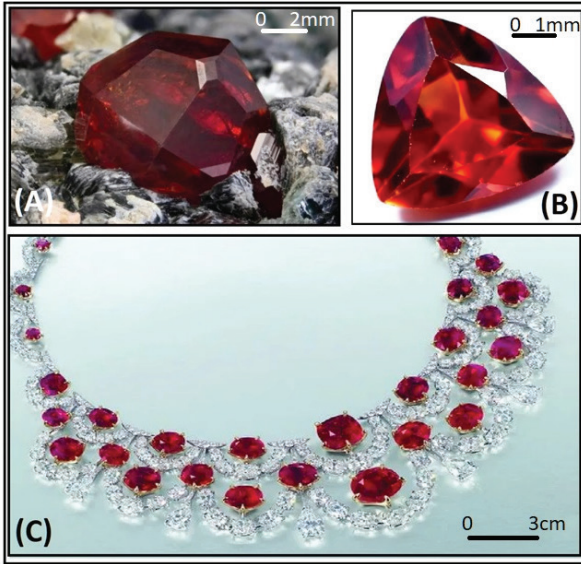
Bugün için tanımlanan 4.000'den fazla mineraller içinde dünyanın en nadir olarak kabul edilen mineralleri, Çizelge 1'de verilmiştir. Bunlar arasında başı çekeabilen dünyanın en nadir ve en değerlisi, painit [$\text{CaZrB}(\text{Al}_9\text{O}_{18})$] mineralidir (Şekil 1). Painit minerali ilk olarak 1950'li yıllarda

(Claringbull-Gordon vd., 1957) dünyaca meşhur yakut ve safir (korundum (Al_2O_3) mineral türleri) kristallerinin bulunduğu güneydoğu Asya'daki Myanmar (Burma) ülkesinin Mogok ve Mong Hsu maden bölgelerinde ortaya çıkarılmıştır (Moore ve Arali, 1976; Shigley vd., 1986; Peretti, 2003; Armbruster vd., 2004). Aslında ilk bulunduğu bu mineralin bir spinel türü olabileceği düşünülmekle beraber, İngiliz mineralog ve gemolog Arthur Charles Davy PAIN, bu bölgelerde yakut kristallerini toplarken yakut kristallerin arasında renk ve yapısı ile farklı bazı çok küçük kristallerin varlığını belirlemiştir. Böylece bir tesadüf eseri keşfedilen bu kristaller 1957 yılında IMA Commission on Gem Materials tarafından Pain'in soy ismine itafen PAINITE adıyla yeni bir mineral olarak tescillenmiştir (Warr, 2021). Painit mineralinin yerkürede ilk keşfedildiği yerin, dünyaca meşhur Mogok (Myanmar- Burma) yakut maden sahasına yaklaşık 2 km mesafedeki, Ohngaing köyü yakınlarındaki küçük bir sinhalit (MgAlBO_4) maden ocağı olduğu bildirilmektedir (URL 1) (Şekil 2). Buradaki madende, çoğunlukla değişik renklere sahip spinel, turmalin ve sinhalit mineralleri bulunmakla beraber bu madende saydam yakut kristallerine bugüne kadar pek rastlanılmamıştır. Painitin, bu madenin üst kısımlarındaki aşınmış toprakta, lökogradit (diğer granitlere göre düşük değerlerde hafif nadir toprak elementleri (NTE) ve yüksek değerlerde ağır nadir toprak elementleri (NTE) içermektedir) ve mermerin temas ettiği yere yakın bir yerdeki skarn kuşağında bulunduğu bildirilmektedir (Moore ve Arali, 1976; Shigley vd., 1986; Peretti, 2003; Armbruster vd., 2004; URL 1, URL 2 ve URL 3).

Çizelge 1. Dünya'da en nadir olarak kabul edilen bazı mineraller.

Table 1. Some of the world's rarest minerals.

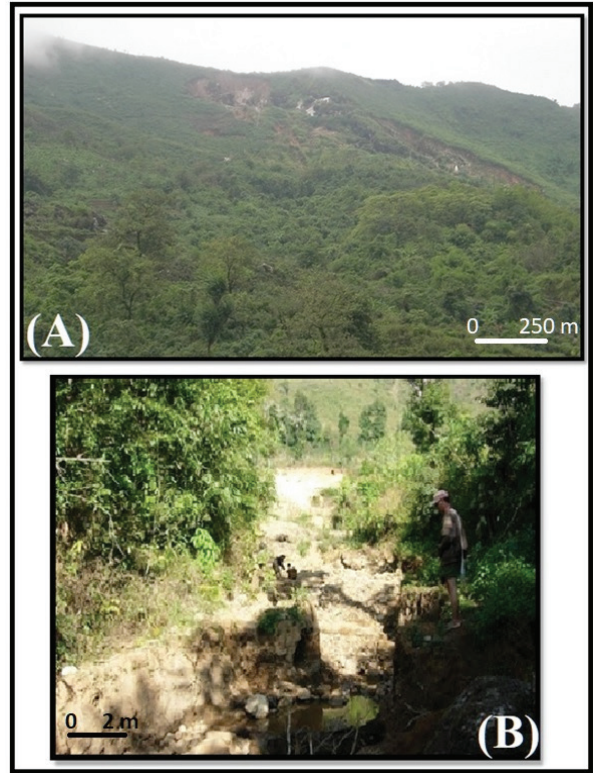
- *PAINİT (PAINITE)
- *SİYAH OPAL (BLACK OPAL)
- *MUSGRAVİT (MUSGRAVITE)
- *POUDRETTEİT (POUDRETTEITE)
- *GRANDİDERİT (GRANDİDERITE)
- *JEREMEJEVİT (JEREMEJEVITE)
- *SERENDİBİT (SERENDIBITE)
- *BİKSBİT-KIRMIZI BERİL (BIXBITE-RED BERYL)
- *BENİTOİT (BENITOITE)
- *ALEKSANDRİT (ALEXANDRITE)
- *GEM TÜRK DİASPORU (GEM TURKISH DIASPORE)



Şekil 1. Painit $[CaZrB(Al_9O_{18})]$ minerali. (A) Burma'nın (Myanmar) Ohngaing köyü yakınlarındaki Dünyadaki ilk ve tek painit minerali maden sahasında lökogranit ve mermerin temas ettiği yere yakın bir yerdeki skarn kuşağında bulunan özgün kristal şekilli painit, (B) Böyle bir kristalden üçgen faset kesilmiş mücevher taşı, (C) faset kesilmiş painit taşlarından ve pırlanta kesilmiş elmas taşlarından yapılmış beyaz altınlı metale sahip mücevher kolye. (Resimler; URL 1 ve URL 2'den alınmıştır).

Figure 1. Painite $[CaZrB(Al_9O_{18})]$ mineral. (A) Unique crystal-shaped painite found in the karn belt near the contact point of leuco-granite and marble in the

world's first and only painite mineral mining site near Ohngaing village of Burma (Myanmar), (B) Jewelry stone with a triangular facet cut from such a crystal, (C) Jewellery necklace with white gold metal made of facet cut painite stones and brilliant cut rhinestones. (Images taken from URL 1 and URL 2).



Şekil 2. Bugün itibariyle bilinen Burma'nın (Myanmar) Ohngaing köyü yakınlarındaki Dünyadaki ilk ve tek painit minerali maden sahasının uzaktan (A) ve yakından (B) görünüşleri (Resimler URL 1'den alınmıştır).

Figure 2. Remote (A) and close-up (B) views of the world's first and only painite mineral mining site near the Ohngaing village of Burma (Myanmar), as known today (Images taken from URL 1).

1950'lerde güneydoğu Asya'da Myanmar (Burma)'da keşfedildikten sonra, bu nadir ve özgün koleksiyonel ve mücevher taşının çok yüksek maddi değeri nedeniyle, oldukça ilginç hale gelmiştir. Bu yüzden, Myanmar (Burma)

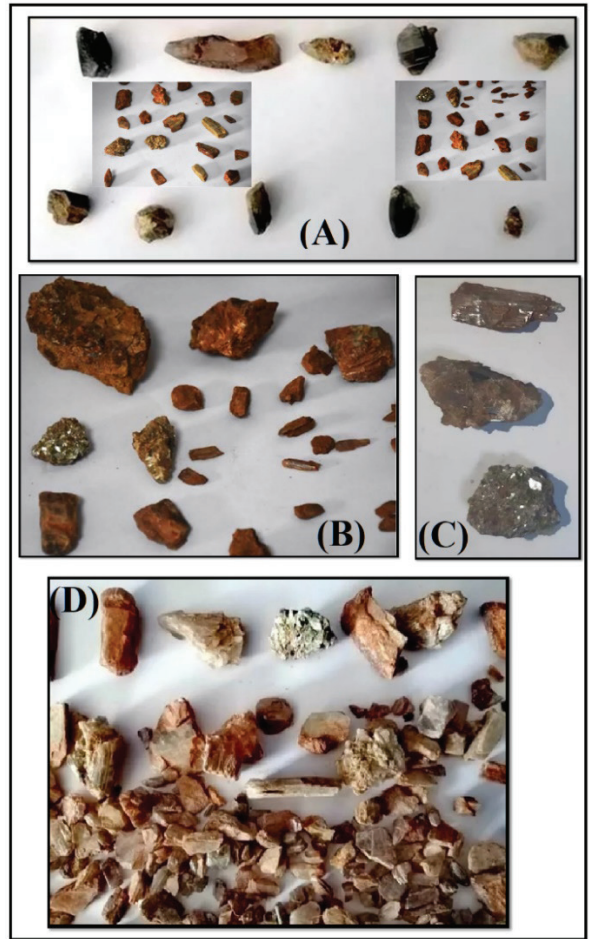
dışındaki başka ülkelerde de bulunma ihtimali üzerine amatör ve profesyonel süstaşı toplayıcıları tarafından araştırmalar sürekli yapılmaktadır. Bu konuda en tipik örneklerden birisi de yakın geçmişte, Türkiye’de yaşanmıştır. Türkiye’deki birçok TV haber kanallarında ve haber ajanslarında birkaç kez çok dikkat çekici bir haber yayımlanmıştır. Dünyanın belki de en nadir ve bir o kadar da değerli olan painit $[CaZrB(Al_3O_{18})]$ (Webster, 1994) kristallerinin, Milas (Muğla) bölgesinde olduğu ortaya çıkmıştır.

Muğla (Milas) bölgesindeki profesyonel ve amatör süstaşı toplayıcılarınca yüzeyden toplanan ve/veya kazı sonucu çıkartılan kristallerin, gerçekte painit olup olmadıklarını anlamak için, örneklerin mineralojik analizlerinin yapılması yeterli olabileceken (Berry vd., 1983), bunun yerine sadece morfolojik benzerlik ile tanımlama yapılması, bu karışıklığı ve bu büyük yanılgıyı ortaya çıkartmıştır (Hatipoğlu ve Çoban, 2023).

Aslında bekleneceği üzere, bu taşla ilgili haberlerin gerçeği yansıtmaması sonucu, bir müddet sonra ortadan kaldırılmakla birlikte, varlığına dair efsaneleri hala süstaşı toplayıcıları arasında süregelmektedir. Elmaştan bile daha değerli olduğu başlığıyla verilen dikkat çekici sözlü ve yazılı basın haberlerinin kısa sürede yayılması, başta Türkiye ve Dünyadaki pek çok sayıda amatör süstaşı toplayıcıları olmak üzere, toplumun her kesiminin ilgisini çekmiş ve Muğla (Milas) bölgesi bu taşların emaresini bulmak için yoğun ilginin artmasına sebep olmuştur. Hatta birçok insan, burada kaçak yollarla buldukları çeşitli kristallerin, ellerinden alınma korkusuyla, yetkili otoritelere hiçbir bilimsel inceleme yaptırmadan gerçek painit taşları olarak sosyal medya sitelerinde büyük rakamlarda satmaya çalışmakta ve maalesef birçok amatör süstaşı koleksiyoncusu da bunları satın almaktadır. Ancak bu alış-veriş aynı zamanda **6502 sayılı “Tüketiciyi Koruma Kanununa”** göre de ayıplı mal satma suçunun olmasına sebep olmaktadır. O halde böyle ciddi miktarlarda ve maddi rakamlardaki süstaşı potansiyelinin Türkiye’de olup olmadığı üzerine

bir bilimsel çalışma yapılması gerekliliği ortaya çıkmıştır. Bu nedenle painitin tanımlanması, nerelerde oluşabileceği ve potansiyelinin ne kadar olabileceği çalışmanın asıl amacını oluşturmuştur.

Görsel ve yazılı basında haber olarak ortaya çıkan, Milas (Muğla) bölgesinde yakalanan painit olduğu iddia edilen bu kristallerin, resimlerden bile kolayca yapılan cins tayinlerinde, aslında bunların bu bölgede gerçekten de var olan ve daha önceden yapılan bilimsel çalışmalarda duyurulan (Hatipoğlu vd., 2010, Hatipoğlu, 2011) diaspor, manyetit, hematit, titanit, muskovit, rutil vb. mineraller oldukları anlaşılmaktadır (Şekil 3).



Şekil 3. Haber kupürlerinde Muğla (Milas) bölgesinde ele geçirilen painit olduğu iddia edilen kristaller, gerçekte bölgede bulunan diaspor, manyetit, hematit, titanit, muskovit, rutil vb. mineral örnekleridir.

Figure 3. The crystals claimed to be painite seized in the Muğla (Milas) region in the news clippings are actually diaspore, magnetite, hematite, titanite, muscovite, rutile, etc. mineral samples found in the region.

Durum böyle olunca, akla gelen en önemli soru, niçin Muğla bölgesinde ve yakın çevresinde başka cins nadir kristaller değil de sadece painit kristalinin arandığıdır. Bu sorunun en akla yatabilen cevabı, bu bölgede bulunabilen yarı şeffaf hatta bazıları tam şeffaf yapılı olan kahverengimsi-kırmızımsı renkli rutil (TiO_2) ve titanit (CaTiSiO_5) kristal örneklerinin (Hatipoğlu ve Çoban, 2023), painit kristal örneklerine görünüş olarak çok benzer olmalarında yatmaktadır (Berry vd., 1983; URL 3 ve URL 4). Bu yüzden Muğla (Milas) kırsalında Şekil 4'teki gibi rutil ve titanit kristallerini illegal yollardan bulanlar, bunlara el konulur korkusuyla, bilimsel bakımdan mineralojik tanımlama yaptırmadan, sanki gerçek painit kristalleriymiş gibi halka ve basına yansıtılmaları, böyle bir hatayı doğurmuştur (Şekil 4).



Şekil 4. En nadir ve popüler painit [$\text{CaZrB}(\text{Al}_9\text{O}_{18})$] kristal örneklerine çok benzeyen yine aynı nadirlikte bulunan ancak çok popüler olmayan kahverengimsi-kırmızımsı renkli rutil (TiO_2) ve titanit (CaTiSiO_5) kristal örnekleri (Resimler, URL 3 ve URL 4'ten alınmıştır).

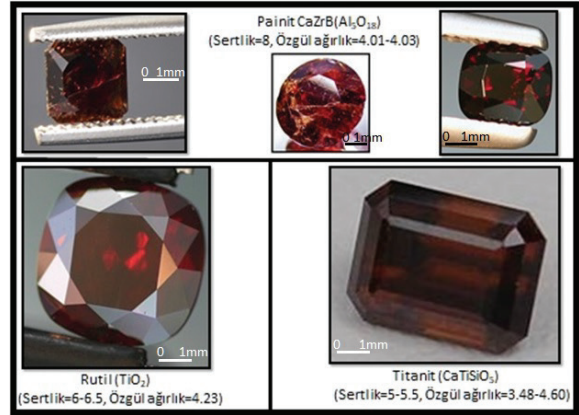
Figure 4. Brownish-reddish colored rutile (TiO_2) and titanite (CaTiSiO_5) crystal samples, which are very similar to the rarest and most popular painite [$\text{CaZrB}(\text{Al}_9\text{O}_{18})$] crystal samples, are also rare

but not very popular (Images taken from URL 3 and URL 4).

MALZEME ve YÖNTEMLER

Bu çalışmanın ana malzemesini painit minerali oluşturmaktadır.

Bu çalışmada izlenecek ana yöntem painit ve bunun görünüş bakımından çok benzeri minerallerin karşılaştırmasıdır. Bu nedenle öncelikle painit [$\text{CaZrB}(\text{Al}_9\text{O}_{18})$] kristallerine görünüş olarak çok benzer olmaları nedeniyle, rutil (TiO_2), titanit (CaTiSiO_5) minerallerinin (Şekil 5), ilaveten de gerçek painitlerin dünyada bulunduğu ilk saha olan Mynmar-Burma'daki yakut yatakları (Claringbull-Gordon vd., 1957) olduğu için de kıyaslama amacıyla korundum (yakut, barkliyt ve safir) (Al_2O_3) mineralinin ayırtaç mineralojik ve gemolojik benzerlikleri ile farklılıkları, karşılaştırmalı olarak (Çizelge 2) verilmiştir.



Şekil 5. Painit kristallerine görünüş olarak çok benzer olan ve Muğla bölgesinde bulunan rutil ve titanit kristallerinden faset kesilmiş mücevher taşları (Resimler, URL 1 ve URL 2'den alınmıştır).

Figure 5. Facet-cut gemstones from rutile and titanite crystals found in the Muğla region, which are very similar in appearance to painite crystals (Images taken from URL 1 and URL 2).

Çizelge 2. Painit mineraline görünüş olarak çok benzeyen rutil, titanit, yakut ve barklyit (korundum mineral türleri) minerallerinin kimyasal olarak karşılaştırmaları.

Table 2. Chemical comparisons of rutile, titanite, ruby, and barklyite (corundum mineral types) minerals, which are very similar in appearance to the mineral painite mineral.

Mineral adı	Kimyasal Formül
GEM PAİNİT	$\text{CaZrB}(\text{Al}_9\text{O}_{18}) (\text{Cr}^{+3}, \text{V}^{+3}, \text{Fe}^{+2/3}, \text{Hf}^{+4})$
GEM RUTİL	$\text{TiO}_2 (\text{Fe}, \text{Ta}, \text{Nb}, \text{Cr}, \text{V}, \text{Sn}, \text{W}, \text{Sb})$
GEM TİTANİT	$\text{CaTiSiO}_5 (\text{Fe}, \text{Y}, \text{Mn}, \text{Al}, \text{Ce}, \text{Sr}, \text{Na}, \text{Nb}, \text{Ta}, \text{Al}, \text{Mg}, \text{V}, \text{F}, \text{Zr}, \text{Sn})$
Eğer korundum minerali kırmızı ve tonları (Kromca zengin, Vanadyum ve Demirce düşük oranlarda ise);	
GEM YAKUT	$\text{Al}_2\text{O}_3 (\text{Cr}^{+3}, \text{V}^{+3}, \text{Fe}^{+3}, \text{Ti}^{+3})$
Eğer korundum minerali eflatun (magenta) (Krom, Vanadyum ve Demirce eşit oranlarda ise);	
GEM BARKLYİT	$\text{Al}_2\text{O}_3 (\text{Cr}^{+3}, \text{V}^{+3}, \text{Fe}^{+3}, \text{Ti}^{+3})$

Painit, rutil, titanit ve kurundum (yakut) minerallerine ait atomik modellemeler (atomik modellemelere ait görüntüler) RRUFF projesi (Lafuente vd., 2015) veri tabanından alınarak, Corel Draw (2019) çizim programında yeniden çizilmiştir. Painit database_code_amcsd 0015110, rutil (Wyckoff, 1963) database_code_amcsd 0011762, yakut (korund) (Tsirelson vd., 1985) database_code_amcsd 0015110, Titanit (Hollabaugh ve Foit, 1984) database_code_amcsd 0000942).

Ayrıca, painit mineralinin Muğla bölgesinde bulunamamasına karşılık, Türkiye’de hangi bölgede daha fazla bulunma ihtimalinin olabileceği, bu çalışmada, jeolojik ve mineralojik veriler sunularak painit kristallerini arayıcılar için bir ön görüş sunulmaya çalışılacaktır.

BULGULAR ve TARTIŞMA

Painit, gemoloji dünyasında olağanüstü nadirliği ve buna bağlı olarak da yüksek koleksiyon değeri ile ünlüdür. Nadirliğine çeşitli faktörler katkıda bulunmaktadır ve bu da şüphesiz onun arzu edilirliliğini ve piyasa değerini arttırmaktadır. Painit kristalleri, mineralojik ve kristalografik açıdan analiz edildiğinde (Berry vd., 1983) görülmektedir ki, bunlar her ne kadar korundum (yakut) (Al_2O_3), Sinhalit (MgAlBO_4) ve spinel

(MgAl_2O_4) kristalleri ile Mynmar-Burma’daki yataklarda birlikte bulunsalarda (URL 1), aslında bambaşka bir mineral bileşimi sergilemektedirler (Moore ve Araki, 1976; Shigley vd., 1986; Peretti, 2003; Armbruster vd., 2004).

Doğada çok ender olmasından dolayı, süstaşı koleksiyoncuları tarafından çok değerli olarak kabul edilen painit minerali (Webster, 1994), jeo-kimyasal olarak sınıflandırıldığında (Krauskopf, 1982), belirgince hematit (Fe_2O_3), eskolait (Cr_2O_3), karelianit (V_2O_3), korundum (Al_2O_3), krizoberil ($\text{Be}_3\text{Al}_2\text{O}_6$), spinel (MgAl_2O_4), rutil (TiO_2) gibi oksitler grubuna ait bir mineral olarak kabul edilmektedir (Moore ve Araki, 1976; Berry vd., 1983; Webster, 1994; Yenyol, 2010).

Renk oluşumu bakımından incelendiğinde, mineralin kırmızımsı, kırmızımsı-portakal (Şekil 6), kahverengimsi-bordo (Şekil 7) ve çok nadir de olsa grimsi rengini, bileşiminde bol miktarda bulunan demire (Fe) ilaveten, az miktarlardaki krom (Cr), vanadyum (V), titanyum (Ti) ve hafniyum (Hf)’a borçludur (Shigley vd., 1986; Moore ve Araki, 1976; Armbruster vd., 2004). Bununla beraber, kimyasal bileşimini oluşturan ana element bileşenlerin fiziko-kimyasal diziliminden kaynaklanan anyon köküne yönelik karmaşıklık (Krauskopf, 1982), dünyada mineraloglar arasında formülünün ifadesi konusunda az da olsa bir uyuşmazlığa sebep olmaktadır.



Şekil 6. Ham haldeki kırmızımsı, kırmızımsı-portakal renkli painit mineralinin kuvvetli ışık altında (A) önden ve (B) arkadan görüşleri (Resim URL 2'den alınmıştır).

Figure 6. A) front and (B) rear views of the raw reddish, reddish orange painite mineral under strong light (Image from URL 2).



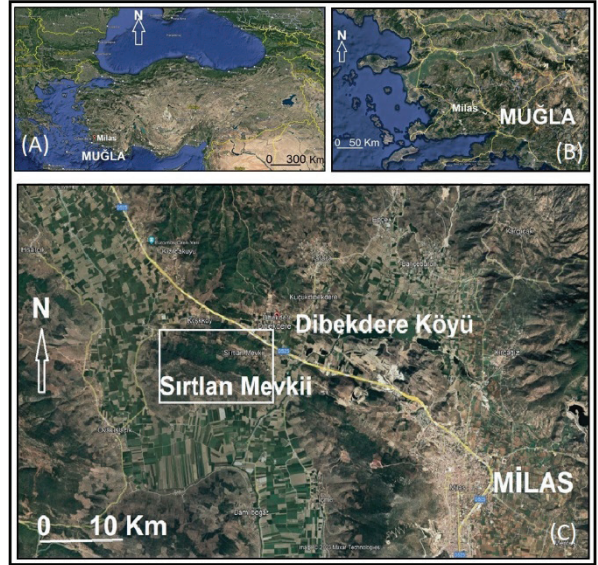
Şekil 7. Ham haldeki kahverengimsi-bordo renkli painit mineralinin kuvvetli normal ışık altında görünümü (URL 2'den alınmıştır).

Figure 7. View of the raw brownish-burgundy colored painite mineral under strong normal light (Image taken from URL 2).

Painit olarak adlandırılan bu mineral IMA (International Mineralogy Assembly) (Warr, 2021), tarafından bileşiminde boroksit içermesiyle alakalı olarak bir “borat anyon köküne sahip” olan ve bileşiminde önemli miktarlarda Ca ve Zr elementlerini de barındırması nedeniyle, ilk bakışta korundum ve spinel minerallerinin formüllerine benzemekle birlikte (Yeniyol, 2010), bilimsel açıdan bakıldığında formülündeki ana elementler bakımından gerçekte bir borat

minerali ($\text{CaZrAl}_9\text{O}_{15}(\text{BO}_3)$) (URL 3) olarak tanımlanabileceği görülmektedir. Buna karşılık diğer bazı mineraloglar (Shigley vd., 1986; Moore ve Araki, 1976; Armbruster vd., 2004) da, bu taşın; 1) kristal sistemin, 2) özgül ağırlığının ve 3) birlikte yataklanmasının benzerlikleri nedeniyle “oksit anyon köküne sahip” korundum veya spinel benzeri bir mineral ($\text{CaZrB}(\text{Al}_9\text{O}_{18})$) olabileceğini de iddia etmektedirler. Bu yüzden birçok farklı yerde bu iki formülden biri kullanılabilmektedir (URL 1, URL 2, URL 3 ve URL 4).

Painit minerali olduğu düşünülen ve görünüş açısından yakın benzerlik gösteren rutil ve titanit kristallerinin Türkiye’de toplandığı bölge, Milas (Muğla)’a bağlı Dibekdere Köyü’nün Ilbir Dağı güneyindeki Sırtlan Tepesi civarındır (Şekil 8).



Şekil 8. Painit minerali olduğu düşünülen ve görünüşsel olarak da painit kristallerine oldukça benzeyen rutil ve titanit kristallerinin Türkiye’de yaygınca bulunduğu alanı (A, B) büyük ölçekte ve (C) yakın detayda gösteren yer bulduru haritaları (GoogleEarth’ten (URL 6) uyarlanmıştır).

Figure 8. Location maps showing the area in Türkiye where rutil and titanite crystals, which are thought to be painite minerals and look very similar to painite crystals, are found on (A, B) a large scale and (C) in close detail (URL 6, GoogleEarth)

Muğla (Milas) bölgesindeki oksit grubu minerallerce zengin mineralizasyonun varlığı, iki tür metamorfik yataklanma içerisinde görülmektedir (Hatipoğlu vd., 2010, Hatipoğlu, 2011). Bunlar;

***Meta-BOKSİTLER ve**

***ZIMPARA YATAKLARI**dır.

Zımpara yatakları içinde de ana bileşenler olarak; Oksit ve sülfür grubu (korundum-safir, manyetit, hematit, pirit, kalkopirit, rutil, titanit vb.) mineraller yaygınca görülmektedir. Menderes Masifinin güney batısında ve Milas'ın kuzey batısında yer alan meta-boksit ve zımpara yatakları ile zengin olan bu saha, jeolojik açıdan incelendiğinde; temel kayaçlarını Paleozoyik yaşlı gnays-şistler oluşturmaktadır. Bu temelin üzerine, Menderes Masifi'nin en üst seviyeleri olan karbonatlı (kireçtaşları- CaCO_3) (farklı yaş ve özellikteki mermer katmanlarının sınırlarındaki karstik ve lateritik tiplerde meta-boksit oluşumları içeren) ve kırıntılı (kumtaşları) tortul kayaçların, uyumsuz olarak yerleştikleri gözlenmektedir. Örtü kayaçları olarak da adlandırılabilen bu tortul serinin, Mesozoyik zamanın çeşitli dönemlerinde, tektonizma sonucu oluşan bu bölgeye özgü "Likya Napları" olarak tanımlanan bindirme fayları ile metamorfizmaya uğratılması sonucunda yer yer silisleşmeler meydana gelmiştir. (Hatipoğlu vd., 2010, Hatipoğlu, 2011).

Ancak, bugüne kadar ne meta-boksit ne de zımpara yataklarında, maalesef herhangi bir painit minerali oluşumuna rastlanılamamıştır. Bununla beraber, bölgedeki mermer yataklarının diskordans yüzeylerindeki karst tipi diasporik boksit zonları içerisinde gelişen kırık-çatlak zonları (aslında bölgede lateritik tip boksit yatakları da bulunmasına rağmen bunların içlerinde böyle kırık-çatlak zonları kesinlikle bulunmamaktadır), hidrotermal sıvıların boksit içerisinde rahatça dolaşabilmesine olanak sağlamıştır. Bunun

jeokimyasal bir sonucu olarak, Tersiyerin çeşitli zamanlarında önce diasporik boksitlerin (meta-boksitlerin) hidrotermal alterasyonu gerçekleşmiştir. Bu alterasyonun açığa çıkardığı çok zengin element bolluğu mobilize olarak bu çatlak kırık-zonlarının uygun yerlerinde ikincil ve çok özgün mineralizasyona ve dolayısıyla mineral süksesyonuna olanak sağlamıştır. Bu zonlardaki çok sayıdaki mineral, farklı renk ve yapılarıdaki mermerlerin katman sınırlarında görülmektedir. Dünyada en nadir süstaşlarından biri olan Gem Türk Diaspor [$\text{Al}(\text{OH})\text{O}$] minerali, bu süksesyonun en değerlisidir. Ayrıca, makroskobik yapılı; Oksit grubu (hematit, ilmenit vb.), Karbonat grubu (kalsit) ve Silikat grubu (kloritoid, donbasit, margarit-muskovit vb.) mineraller ile çok sayıda mikroskobik yapılı mineraller de yandaş olarak bulunmaktadır (Hatipoğlu vd., 2010, Hatipoğlu, 2011).

İlaveten Muğla bölgesinde metamorfizma ile şekillenen çok sayıda "zımpara yatakları" da bulunmaktadır. Bunlar içinde de ana bileşenler olarak; Oksit grubu (Korundum (Safir), Manyetit, hematit, pirit, kalkopirit, rutil, titanit vb.) mineralizasyonu yaygınca görülmektedir (Hatipoğlu vd., 2010, Hatipoğlu, 2011).

Türkiye'de Muğla bölgesinde ve yakın çevresinde painite görünüşü olarak çok benzeyen başka cins nadir süstaşı kristaller de bulunmaktadır. Bu bölgede bulunabilen yarı saydam hatta bazıları saydam yapılı olan kırmızımsı, kırmızımsı-portakal ve kahverengimsi-bordo renkli süstaşı kalitesindeki ham haldeki gem rutil (TiO_2) (Şekil 9) ve gem titanit (CaTiSiO_5) (Şekil 10) kristal örnekleri, painit kristal örneklerine görünüşü olarak çok benzerdirler (Hatipoğlu ve Çoban, 2023). Bu çalışmada izlenecek ana yöntemin painit ve çok benzeri minerallerin karşılaştırması olduğundan, öncelikle painit kristallerine görünüşü olarak çok benzeyen rutil ve titanit mineralinin ve de yakut veya barklyit (korundum mineral türleri) minerallerinin bazı önemli mineralojik verileri ile ayırtaçları Çizelge 2 ve 3'te verilmiştir.



Şekil 9. Kırmızı, kızıl-kahvemsı renkli gem kalite rutil (TiO_2) (Sertlik=6-6,5, Özgül ağırlık=4,23) mineral örnekleri (Resimler, URL 5'ten alınmıştır).

Figure 9. Red, reddish-brown colored gem quality rutile (TiO_2) (Hardness=6-6.5, Specific gravity=4.23) mineral samples (Images taken from URL 5).



Şekil 10. Kızıl-kahvemsı, sarımsı-taba renkli gem kalite titanit (TiO_2) (CaTiSiO_5) (Sertlik=5-5,5, Özgül ağırlık=3,48-3,60) mineral örnekleri (Resimler, URL 5'ten alınmıştır).

Figure 10. Red-brownish, yellowish-tan colored gem quality titanite (TiO_2) (CaTiSiO_5) (Hardness=5-5.5, Specific gravity=3.48-3.60) mineral samples (Images taken from URL 5).

Çizelge 3. Renk ve görünüş bakımından yakut (korundum), gem rutil ve gem titanit ile painit arasındaki bazı mineralojik ve morfolojik benzerlikler ve farklılıklar aşağıdaki şekilde gruplanabilir.

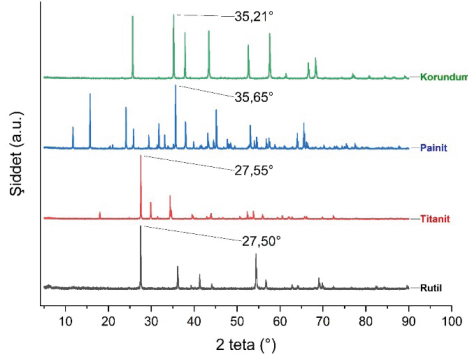
Table 3. Some mineralogical and morphological similarities and differences between ruby (corundum), gem rutile, gem titanite and painite in terms of color and appearance can be grouped as follows.

Mineraller	Mineralojik Özellikler						
	Renk	Özgül Ağırlık	Uzun UV-Lüminesans Rengi	Kısa UV-Lüminesans Rengi	Kristal Sistemi	Mohs Sertlik	Kırılma İndisi
Korundum (Ruby)	Kırmızı, Kırmızımsı-kahverengi	3,95-4.05	Kırmızı	Zayıf Kırmızımsı	Hekzagonal	9	Uniaxial (-), N _ω =1.770, N _ε =1.762
Korundum (Barkliyt)	Kırmızı, Kırmızımsı-kahverengi	3.95-4,05	Kırmızı	Zayıf Kırmızımsı	Hekzagonal	9	Uniaxial (-), N _ω =1.770, N _ε =1.762
Gem Rutil	Kırmızı, Kızıl-kahvemsı	4,23	Göstermez	Göstermez	Tetragonal	6-6.5	Uniaxial (+), N _ω =2.610, N _ε =2.900
Gem Titanit	Kızıl-kahvemsı, Sarımsı-taba	3,48-3,60	Göstermez	Göstermez	Monoklinik	5-5.5	Biaxial (+), N _α =1.90 N _β =1.98 N _γ =2.05
Painit	Kırmızımsı, Kırmızımsı-portakal, Kahverengimsi-bordo, Grimsi	4,00-4,03	Zayıf Kırmızımsı	Yeşilimsi, Güçlü Kırmızı	Hekzagonal	8	Uniaxial (-), N _ω =1.816, N _ε =1.788

Çizelge 4. Painit mineraline ait en belirgin XRD pikleri ve konumları.

Table 4. The most prominent XRD peaks and locations of the painite mineral.

2-Teta	İntensity	D-Spacing	H – K – L
35,65	100,00	2,51	3 – 0 – 0
15,72	77,83	5,63	1 – 0 – 1
24,10	59,26	3,69	1 – 0 – 2
45,18	49,79	2,00	2 – 1 – 3
53,07	44,77	1,72	2 – 2 – 3

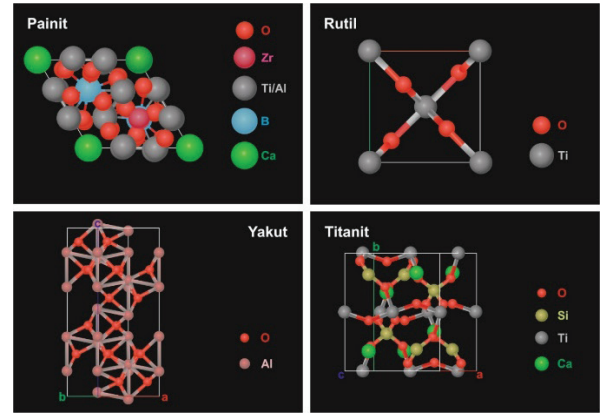


Şekil 11. Yakut (korundum), rutil, titanit ile painit'e ait X-ışınları kırınım desenleri (mineral desenlerine ait XRD verileri RRUFF veri tabanından alınarak yeniden çizilmiştir. Titanit RRUFF kimliği: R040033.1, rutil RRUFF kimliği: R040049, yakut (korundum RRUFF kimliği: R040096.1, painit RRUFF kimliği: R100164.9).

Figure 11. X-ray diffraction patterns of ruby (corundum), rutile, titanite and painite (XRD data of mineral patterns were redrawn from the RRUFF database. Titanite RRUFF ID: R040033.1, rutile RRUFF ID: R040049, ruby (corundum RRUFF ID: R040096.1, painite RRUFF ID: R100164.9).

X-ışınları kırınım (XRD) analizleri günümüzde mineralleri birbirinden ayırtmada yaygın olarak kullanılan bir metottur. Painit XRD desenlerinde 2,51 Å- 5,63 Å-3,69 Å-2,00 Å ve 1,72 Å da bulunan keskin pikleri (Çizelge 4) ile bu çalışmada adı geçen diğer önemli süstaşları olan titanit, rutil ve yakuttan kolaylıkla ayırt edilebilir (Şekil 11). Painit mineralini tanımlayan en yüksek şiddete ait pikleri 35,65° ve 15,72 ° 2-Teta açısı değerlerinde görülmektedir. Rutil

3,24 Å-2,49 Å-2,18 Å-1,67 Å ve 1,35 Å, titanit 3,23 Å-2,99 Å-2,60 Å-2,27 Å ve 2,06 Å, yakut (korundum) ise 2,55 Å-2,08 Å- 1,60 Å-3,48 Å ve 1,37 Å değerine sahip yüksek şiddetli pikler ile ayırt edilir. Şekil 11 incelendiğinde painite ait XRD deseninin diğerlerine göre daha karmaşık olduğu görülmektedir. Bu da mineralin atomik içyapısından kaynaklanmaktadır (Şekil 12). Bu da onu diğer minerallerden kolayca ayırma imkanı sunar.

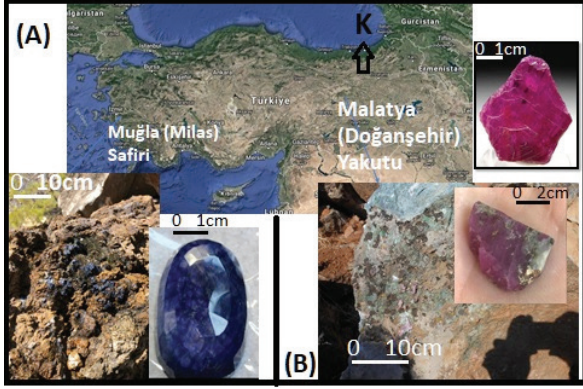


Şekil 12. Painit, rutil, yakut (korundum) ve titanit'e ait atomik modeller (atomik modellerine ait görüntüler) RRUFF veri tabanından alınarak, Corel Draw (2019) çizim programında yeniden çizilmiştir.

Figure 12. Atomic modeling of painite, rutile, ruby (corundum) and titanite (images of atomic modeling were taken from the RRUFF database and redrawn in the Corel Draw (2019) drawing program).

Türkiye'de painit minerali bulunma potansiyelinin olup olmadığı konusunda bilimsel bir yaklaşım ortaya koymak süstaşı maden potansiyelimiz için gereklidir. Anadolu'da bugüne kadar yapılan jeolojik araştırmalarda, iki önemli metamorfik sahada safir ve yakut mineralleri bulunmuştur. Gemolojik açıdan değer taşıyabilecek korundum mineralinin mavi renkli türü olan safir (Hatipoğlu ve Çoban, 2021) içeren saha, Menderes Masifi içerisinde Likya Napıların bulunduğu Muğla (Milas) bölgesidir. Korundum mineralinin kırmızı renkli türü olan yakut (Ay

vd., 2013; Kaydu Akbudak vd., 2021) içeren saha ise Bitlis Masifi içerisinde Berit Metamorfik Kompleksinde yer alan Malatya (Doğanşehir) bölgesidir (Şekil 13).



Şekil 13. Türkiye’de bugüne kadar yapılan jeolojik araştırmalarda tespit edilebilen, gemolojik açıdan değer taşıyabilecek korundum mineralinin mavi renkli türü olan safir içeren Muğla (Milas) bölgesi (A) ve kırmızı renkli türü olan yakut içeren Malatya (Doğanşehir) bölgesi (B). Bu bölgelerden çıkartılan safir ve yakut örneklerinin ham kayaç üzerinde bulunuşları ve de ayrık süstaşı parçaları.

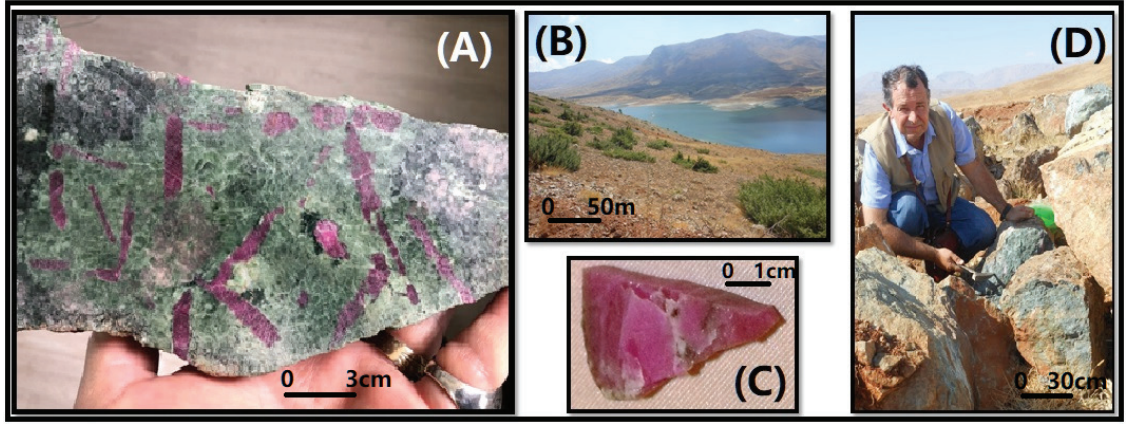
Figure 13. Muğla (Milas) region (A) contains sapphire which is the blue colored type of the mineral corundum that can be of gemological value and has been detected in geological research carried out in Türkiye to date. Malatya (Doğanşehir) region (B) contains ruby of the red colored type. Sapphire and ruby samples have been quarried from these regions on raw rocks and isolated gemstone pieces.

Muğla (Milas) bölgesinde tespit edilmiş olan safir (mavi korundum türü) $[Al_2O_3 (Fe^{+2/3}, V^{+3}, Ti^{+3})]$ ve gem diaspor $[AlO(OH) (Cr^{+3}, Fe^{+3}, Ti^{+3})]$ kristallerini içeren alan (Hatipoğlu vd., 2010; Hatipoğlu, 2011; Hatipoğlu ve Çoban, 2021; Hatipoğlu vd., 2022) Muğla bölgesinde jeolojik koşullar açısından painit mineralinin oluşumu zayıfta olsa, bir ihtimal olabilir. Buradan hareketle, $[CaZrAl_9O_{15}(BO_3)] (Fe^{+2/3}, Cr^{+3}, V^{+3}, Ti^{+3}, Hf^{+4})$ bileşimine sahip painit mineralinin neden Muğla bölgesinde aranıyor olmasının efsanesini açıklamak biraz daha kolaylaşmaktadır;

- Birinci neden, painit mineralinin bir oksit grubu olabileceği kabulüyle, bu bölgede de zaten oksit minerallerinin dünyaca meşhur cinsleri olan, gem diaspor ve mavi korundum (safir) mineralleri bolca bulunmasıdır. Ancak bununla beraber painitin şu an itibariyle Dünyada tek bulunduğu yer olan Mynmar (Burma)’nın Mokok bölgesindeki kırmızı korundum (yakut) sahası olmasına karşın, Muğla bölgesinde kırmızı korundum (yakut) asla bulunmamaktadır.
- İkinci neden ise oksit mineral grubundan olan özellikle renk ve yapı bakımından painite çok benzeyen yarısaydam rutil (TiO_2) ve titanit ($CaTiSiO_5$) minerallerinin, Muğla bölgesinde gerçekten bulunuyor olmasıdır. Bu alan, Muğla-Milas’a bağlı Dibekdere Köyü’nün Sırtlan Tepesi civarındır.

Bir diğer tutarsızlık da şudur; 1950’li yıllardan günümüze kadar Burma’dan profesyonel süstaşı madencileri tarafından toplanan painit kristallerinin her biri yaklaşık 1-2 gr ağırlıklarında ve toplam miktarları da yaklaşık 100 gr civarındadır. Bu yüzden doğa tarihi müzeleri ve süstaşı koleksiyoncuları için painit, çok değer verilen bir mineral olmuştur. Milas (Muğla) bölgesinde Sırtlantepe mevkii civarlarında, amatör süstaşı toplayıcılarının bulduğu painit olduğu iddia edilen kristallerin her biri 5-170 gr ağırlıklarında ve toplam miktarları da yaklaşık 1.000-3.000 gr aralığındadır. Yani dünyada ana kaynağı olan Burma’da bile yaklaşık 70 yılda bulunamayan painit miktarının kat be kat fazlası, Türkiye’de birkaç ayda toplanmış olarak ifade edilmektedir. Bu durumda akla en yakın yorum, painite çok benzeyen başka kristallerin bu mineral ile karıştırılmış olmasıdır.

Aslında, korundum (Al_2O_3) mineralinin yakut ve pembe safir oluşumlarının bulunduğu Malatya (Doğanşehir) bölgesinde painit mineralini aramak daha akılcı olabilir (Şekil 14). Çünkü gerçek painitlerin bugüne kadar Dünyada bulunduğu bölge olan Mynmar-Burma yakut yataklarında bulunması, bu ihtimali gerçekçi kılmaktadır.



Şekil 14. Korundum (Al_2O_3) mineralinin yakut ve pembe safir oluşumlarının bulunduğu Malatya (Doğanşehir) bölgesi. (A) Yakut kristallerince zengin bir meta-gabro parçası, (B) yakut ve pembe safir kristallerince zengin maden sahasının bulunduğu Doğanşehir yakınlarındaki Sürgü Barajı çevresi, (C) bu kayalardan çıkartılan bir yakut kristal parçası, (D) Yakut kristallerince zengin meta gabro ve meta piroksenit bloklarının bulunduğu Doğanşehir-Altıntop Köyü yakınlarındaki maden sahası.

Figure 14. Malatya (Doğanşehir) region, where ruby and pink sapphire formations of the corundum (Al_2O_3) mineral are found. (A) A piece of meta-gabbro rich in ruby crystals, (B) the area around Sürgü Dam near Doğanşehir, where the mining area rich in ruby and pink sapphire crystals is located, (C) a piece of ruby crystal extracted from these rocks, (D) where meta gabbro and meta pyroxenite blocks rich in ruby crystals are found. Mining area near Doğanşehir-Altıntop Village.

SONUÇLAR

Doğada dolaşırken çekiciliği olan herhangi bir kristal bulanlar, bunları bilimsel bakımdan mineralojik kimliklendirme yaptırmadan, nadir ve bu yüzden çok değerli bir mineralmiş gibi halka ve basına yansıtma, tanımsal hatayı doğurmaktadır ve dezenformasyon oluşturmaktadır.

Painit minerali, mineralojik anlamda Dünyanın en nadir mineralleri arasında önemli bir yere sahiptir. Bu mineralin nadir bulunmasının yanı sıra, gizemi ve renksel çekiciliği de, mineral koleksiyoncuları ve Dünyanın doğal hazinelerinin olağanüstü güzelliğini ve nadirliğini takdir eden insanlar tarafından da bugüne kadar önemli bir ilgiye maruz kalmıştır.

Painit kristallerinin Türkiye’de bulunduğu ile ilgili haberler gerçeği yansıtmamaktadır. Bu yüzden de bir müddet sonra gündemden düşmekle birlikte, Muğla bölgesinde bulunabileceği efsanesi hala süstaşı toplayıcıları arasında süregelmektedir. Bu durumlarda mineralog/gemolog olan bilim insanlarına düşen en önemli

görev, bu tür efsaneler çıkartıldığında, topluma doğru olanı anlatmaktır. Bu yüzden denilebilir ki, eğer Türkiye’de bir painit kristali arayacaksa; En başta Ca, Zr, ve B elementlerinin yüzde oranlarda bileşime girebileceği bollukta, korundum (Al_2O_3) benzeri bir mineralojik kristalizasyon ortamının bulunduğu alanların araştırılması çok daha doğru bir adımdır.

Anadolu’da korundum içeren birkaç bölge şüphesiz bulunmaktadır. Muğla bölgesinde korundum mineralinin mavi renkli türü olan safir oluşumları yaygındır. Bu durum painit mineralinin Muğla bölgesinde oluşumu için zayıf da olsa bir ihtimal olabilir. Ancak yakalanan ve sergilenen örneklerin incelenmesinden anlaşılmaktadır ki, bunların en iyi örnekler bile kesinlikle painit olmayıp, gem kalite rutil ve titanit kristalleridirler. Bunun yerine korundum mineralinin yakut ve pembe safir oluşumlarının bulunduğu Malatya bölgesinde painit mineralini aramak aslında daha akılcı olabilir. Çünkü gerçek painitlerin bugüne kadar Dünyada bulunduğu bölgeler olan Mynmar

(Burma)'daki yakut yataklarında bulunmaları, bu ihtimali daha gerçekçi kılmaktadır.

EXTENDED SUMMARY

The mineral painite, mineralogically speaking, has an important place among the world's rarest minerals, after it was discovered in Myanmar (Burma) in southeast Asia in the 1950s. In addition to the rarity of this mineral, its mystery and color appeal have also attracted considerable interest to this day from mineral collectors and people who appreciate the extraordinary beauty and rarity of the Earth's natural treasures.

The main purpose of this study is to reveal the mineralogical and gemological properties of the mineral painite in comparison with similar minerals, and to provide mineralogical/geological approaches on how to find painite mineral in Türkiye.

If a painite crystal is to be searched for in Türkiye, it is a much more correct step to first investigate areas where there is a mineralogical crystallization environment similar to corundum (Al_2O_3) in abundance where Ca, Zr, and B elements can enter the composition in percentage-worthy proportions. It is necessary for our gemstone mining potential to take a scientific approach on whether there is potential for the painite mineral in Türkiye. In the geological research carried out so far in Anatolia, samples of sapphire and ruby minerals have been found in two important metamorphic areas. The mineral field containing sapphire, which is of the blue colored type of the corundum mineral that may have gemological value, is the Milas (Muğla) region, where the Lycian Nappes are located within the Menderes Massif. The mineral field containing ruby, which is the red colored type of corundum that may have gemological value, is the Malatya (Doğanşehir) region, located in the Berit Metamorphic Complex within the Bitlis Massif.

Sapphire (blue corundum type) [Al_2O_3 ($Fe^{2/3+}$, V^{3+} , Ti^{3+})] and gem diaspore [$AlO(OH)$ (Cr^{3+} , Fe^{3+} , Ti^{3+})] has been detected in the Muğla (Milas)

region. Although the formation of the mineral painite is weak due to the geological conditions in the Muğla region, the area containing crystals may be a possibility. Based on this, it becomes a little easier to explain the legend of why the mineral painite with the composition [$CaZrAl_9O_{15}(BO_3)$] ($Fe^{2/3+}$, Cr^{3+} , V^{3+} , Ti^{3+} , Hf^{4+}) is sought in the Muğla region. The first reason is that, assuming that the mineral painite may be in an oxide group, there are plenty of gem diaspore and blue corundum (sapphire) minerals in this region, which are world-famous types of oxide minerals. However, although the only place where painite is found in the world is the red corundum (ruby) field in the Mokok region of Myanmar (Burma); red corundum (ruby) is never found in the Muğla region. The second reason is that translucent rutile (TiO_2) and titanite ($CaTiSiO_5$) minerals, which are from the oxide mineral group and are very similar to painite in terms of color and structure, are actually found in the Muğla region. This area is around the Sirtlan Hill of Dibekdere Village in Muğla-Milas.

Instead, it may actually be more rational to look for the painite mineral in the Malatya region, where ruby and pink sapphire formations of the corundum mineral are found. Because of the fact that real painites are found in ruby deposits in Myanmar (Burma), the only region where they have been found worldwide, this possibility is more realistic.

ORCID

Murat Hatipoğlu  <https://orcid.org/0000-0002-4345-9052>

Gürsel Yanık  <https://orcid.org/0000-0003-2785-1967>

Evrin Çoban  <https://orcid.org/0000-0002-0867-6801>

KAYNAKLAR / REFERENCES

- Armbruster, T., Dobelin, N., Peretti, A., Gunther, D., Reusser, E. & Grobety, B. (2004). The crystal structure of painite $CaZrB[Al_9O_{18}]$ revisited. *American Mineralogist*, 89, 610-613. <https://doi.org/10.2138/am-2004-0415>
- Ay, A.M., Hatipoğlu, M., Günel, H., Kılınçarslan, S. ve Velioglu, T. (2013). Doğanşehir (Malatya) yakut oluşumlarının yayılımının tespiti ve oluşum kökenine ait yaklaşımlar [*Determination*

- of ruby formation and approaches to the origin in Doğanşehir (Malatya)]. 66. Türkiye Jeoloji Kurultayı (1-5 Nisan), Ankara, 222-223.
- Berry, L.G., Mason, B. & Dietrich, R.V. (1983). *Mineralogy*, 2nd Ed. W.H. Freeman and Co. USA.
- Claringbull-Gordon, F., Hey M. H. & Payne, C. J. (1957). Painite, a new mineral from Mogok, Burma. *Mineralogical Magazine*, 31, 42-425. <https://doi.org/10.1180/minmag.1957.031.236.11>
- Hatipoğlu, M., Türk, N., Chamberlain, S. C. & Akgün, A. M. (2010). Gem-quality transparent diaspore (zultanite) in bauxite deposits of the İlbir Mountains, Menderes Massif, SW Turkey. *Mineralium Deposita*, 45(2), 201-205. <https://doi.org/10.1007/s00126-009-0262-2>
- Hatipoğlu, M. (2011). Al(Fe,Ti,Si)-mobility and secondary mineralization implications: A case study of the karst unconformity diasporite-type bauxite horizons in Milas (Muğla). *Journal of African Earth Sciences*, 60(3), 175-195. <https://doi.org/10.1016/J.Jafrearsci.2011.02.009>
- Hatipoğlu, M. & Çoban, E. (2021). Gem-quality blue sapphires (Al₂O₃-corundum variety) from the Milas-Yatağan region, Muğla, Turkey. *Academia Letters, Article 4085*, 1-5. <https://doi.org/10.20935/AL4085>
- Hatipoğlu, M., Çoban, E., Çil, V., Babalık, H. ve Güney, H. (2022). Türkiye'nin süstaşı kalitesindeki korundum (Al₂O₃) mineral (mavi safir) yatağı; Oluşumları ve Gemolojikselle özellikleri [Gem quality corundum (Al₂O₃) mineral (blue sapphire) deposit from Turkey; Their formation and gemological characteristics]. International Black Sea Modern Scientific Research Congress Full Text Book (s. 46-56), (September 29,-October 02) Rize-Türkiye.
- Hatipoğlu, M. & Çoban, E. (2023). Painite [CaZrB(Al₉O₁₈)] crystal, one of the rarest and popular gemstones in the world; in the case of legends about its presence in Türkiye, mineralogical properties, similar stones that can be mixed and scientific approaches. 2nd International İzmir Congress (October 14-16) on Life, Engineering, and Applied Sciences Proceedings Book (p.:16). İzmir, Türkiye.
- Hollabaugh, C.L. & Foit, F. F. (1984). The crystal structure of an Al-rich titanite from Grisons, Switzerland. *Amerikan Mineralogist*, 69(7-8), 725-732. database_code_amcsd 0000942
- Kaydu-Akbudak, İ., Gürbüz, M., Başibüyük, Z., Hatipoğlu, M., Öztüfekçi-Önal, A. & İşler, F. (2021). Mineralogical and gemological characteristics of metaophiolite hosted corundum (Malatya-Türkiye). *Sakarya University Journal of Science*, 25(2), 1-9. <https://doi.org/10.16984/saufenbilder.644002>
- Krauskopf, K. B. (1982). *Introduction to Geochemistry.*, International Student Edition. Mc Graw-Hill Book Co.
- Lafuente B, Downs R T, Yang H & Stone N. (2015). The power of databases: the RRUFF project. In T. Armbruster & R. M. Danisi (Eds.), *Highlights in Mineralogical Crystallography* (p.: 1-3). Berlin, Germany, W. De Gruyter, pp 1-3.
- MacFall, R. P. (1969). *Gem Hunter's Guide – Handbook for the Amateur Collector (Find and Identify Gem Minerals, Includes a Complete Directory of the Best Hunting Localities)*, Reprint Edition. Thomas Y. Crowell Co.
- Moore, P. B. & Araki, T. (1976). Painite, CaZrB[Al₉O₁₈]: Its crystal structure and relation to jeremejevite, B₅[X₃Al₆(OH)₃O₁₅], and fluoborite, B₃[Mg₂(F,OH)₂O₉]. *American Mineralogist*, 61(1-2), 88-94.
- Shigley, J. E., Kampf, A. R. & Rossman, G. R. (1986). New data on painite. *Mineralogical Magazine*, 50, 267-270. <https://doi.org/10.1180/minmag.1986.050.356.09>
- Peretti, A. (2003). New findings of painite. *Contributions to Gemology*, 2, 19-20.
- Tsirelson, V., Antipin, M., Gerr, R., Ozerov, R. & Struchkov, Y. (1985). Ruby structure peculiarities derived from X-ray data. Localization of chromium atoms and electron deformation density, *Physica Status Solidi A87*, 425-433, database code amcsd 0015110. <https://doi.org/10.1002/pssa.2210870204>
- Warr, L.N. (2021). IMA-CNMNC approved mineral symbols. *Mineralogical Magazine*, 85(3), 291-320. <https://doi.org/10.1180/mgm.2021.43>
- Webster, R. (1994). *Gems, Their Sources, Descriptions and Identification*. Butterworths, Sevenoaks, UK, 1027s. Wyckoff R.
- Wyckoff, G. (1963). *Crystal Structures 1*, Second edition. Interscience Publishers, (p. 239-444) New York, New York, _database_code_amcsd 0011762
- URL 1, (2023). Painite, http://minerals.gps.caltech.edu/files/visible/painite/Wetloo_Mine-915.jpg
- URL 2, (2023). Painite, <https://geologyscience.com/gemstone/painite/#jp-carousel-11364>
- URL 3, (2023). Painite, www.mindat.org
- URL 4, (2023). Painite, www.webmineral.com
- URL 5, (2023). Painite, www.gemdat.org
- URL 6, (2023). GoogleEarth, <https://earth.google.com/web/@0,-3.2872998,0a,22251752.77375655d,35y,0h,0t,0r/data=OgMKATA>
- Yeniyol, M. (2010). *Teknik Mineraloji ve Petrografi* (Szymanski, Andrzej'den çeviri). İstanbul Üniversitesi Yayın No: 4910.



Kaşağıl Köyü (İvrindi, Balıkesir) Civarında Yüzeyleyen Karakaya Kompleksi İçerisindeki Permian-Triyas Yaşlı Kireçtaşı Bloklarının Biyostratigrafik Önemi
Stratigraphic Importance of Permian-Triassic Limestones in Karakaya Complex Outcropped Around Kaşağıl Village (İvrindi, Balıkesir)

Nagihan Çağlar^{1*} , Ali Murat Kılıç² 

¹ Toprak OSGB İş Sağlığı ve Güvenliği Hizmetleri Atatürk Mah. İsabey Cad. No: 14/B Karesi Balıkesir, Türkiye

² Balıkesir Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Çağış Yerleşkesi, Balıkesir, Türkiye

• Geliş/Received: 09.11.2023 • Düzeltilmiş Metin Geliş/Revised Manuscript Received: 22.02.2024 • Kabul/Accepted: 26.02.2024
• Çevrimiçi Yayın/Available online: 06.04.2024 • Baskı/Printed: 30.04.2024

Araştırma Makalesi/Research Article

Türkiye Jeol. Bül. / Geol. Bull. Turkey

Öz: Karakaya Kompleksi benzer yaşta fakat değişik havza koşulları ve tektonik ortamları yansıtan dört farklı tektonostratigrafik birimden meydana gelir. Bu birimler; Nilüfer, Hodul, Çal birimleri ve Orhanlar Grovağı'dır. Nilüfer birimi, çoğunlukla metabazit ve metakumtaşı türü kayalardan, az miktarda kuvarslı kalkıştiller ve onları üzerleyen mermerden oluşur. Hodul birimi, Karakaya Kompleksi içerisinde en yaygın gözlenen birim olup, açık gri-beyaz renkli, feldispatlı kumtaşı ve bunlarla araldanmalı koyu gri-siyah şeyl, silttaşları ile muhtemelen dar ve kesintili bir alanda, mercek biçiminde yersel resif tepelikleri ya da bankları şeklinde çamurlu bir deniz tabanında çökelmiş olan Kaşal Kireçtaşı Üyesinden meydana gelir. Orhanlar Grovağı, Karakaya Kompleksi içerisinde monoton grovak ve şeyl matriksi içerisinde yer alan kireçtaşı ve az oranda spilit bloklarından oluşur. Çal birimi ise içinde yer yer izlenen pelajik kireçtaşı ve bordomsu kahve renkli radyolaritler, çamurtaşı ara seviyeleri ile yaygın olarak kireçtaşı olistolitlerinden oluşmaktadır.

Bu çalışmada İvrindi'nin (Balıkesir) 15 km GB'sındaki Kaşağıl Köyü civarında yer alan Hodul birimine ait Kaşal Kireçtaşı Üyesinin kireçtaşı bloklarının biyostratigrafisi çalışılmıştır. İnceleme alanında kırıntılı klastik bir matriks ile birlikte gözlenen kireçtaşı bloklarından derlenen numunelerden Permo-Triyas yaşını veren foraminiferler ile ammonit, brakiyopod, krinoid, ekinit, gastropod kavkı parçaları gibi makrofosiller elde edilmiştir. Ölçülen stratigrafi kesitlerinde en genç seviyeleri oluşturan tabakalardan *Involutina ? jurassica* JONES türü elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Balıkesir, Karakaya, Kaşağıl Köyü, Kaşal Kireçtaşı, Permo-Triyas.

Abstract: The Karakaya Complex consists of four different tectonostratigraphic units of similar age and reflects different tectonic and basin conditions. These units are Nilüfer, Hodul, Orhanlar Greywacke and Çal. unit. The Nilüfer unit consists mostly of metabasite and metasandstone with a small amount of quartz calcschists and marble overlying them. The Hodul unit, the most common unit in the Karakaya Complex, consists of light grey-white feldspar sandstone and dark grey-black shale siltstones. It is possibly a member of the Kaşal Limestone deposited in a narrow, intermittent area on a muddy sea floor in the form of lens-like ground reef dunes or benches. The Orhanlar Greywacke is composed of limestone and lesser spilit blocks, monotonous greywacke and shale matrix within the Karakaya Complex. The Çal unit consists of pelagic limestone and burgundy-brown coloured radiolarites, mudstone levels and widespread limestone olistoliths.

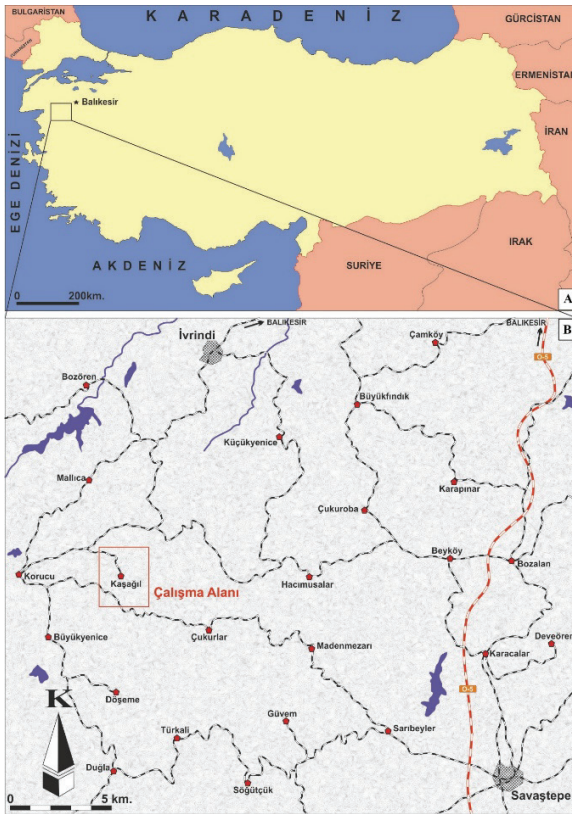
In this study, the biostratigraphy of a Kaşal Limestone Member of the Hodul Unit of Karakaya Complex has been examined in SW İvrindi (Balıkesir). The geology of Kaşağıl Village, which is located 15 km SW of İvrindi,

is characterized by a clastic matrix and Permian-Upper Triassic limestone blocks. Permo-Triassic foraminifers were obtained from the samples collected from the studied area and macrofossils were obtained such as ammonite, brachiopod fragments, crinoid, echinoid and gastropod fragments. *Involutina ? jurassica JONES* form was obtained from the strata forming the youngest levels in the measured stratigraphic sections.

Keywords: Balıkesir, Karakaya, Kaşagıl Village, Kaşal Limestone, Permo-Triassic.

GİRİŞ

Bu çalışma, Kaşagıl Köyü (İvrindi-Balıkesir) ve çevresinde yüzeylenen Karakaya Kompleksine ait Permo-Triyas yaşlı bloklarda gerçekleştirilmiştir (Şekil 1B).



Şekil 1. A) Çalışma alanının konumunu gösteren yer bulduru haritası. **B)** Çalışma alanı ve yakın çevresini gösteren yerbulduru haritası.

Figure 1. A) Location map showing the location of the study area in Türkiye. **B)** Location map showing the study area and its surroundings.

Pontidlerde şiddetli deformasyona uğramış, kısmen metamorfizma geçirmiş Permiyen ve Triyas yaşta klastik ve volkanik serilerden oluşan orojenik seri Karakaya Kompleksi olarak adlandırılır (Okay ve Göncüoğlu, 2004). Türkiye'nin kuzeyinde Sakarya Zonu'nda geniş alanlar boyunca yüzeylenen ve az miktarda deforme olmuş Jura-Kretase yaşlı kırıntılı ve karbonat kayaçları tarafından uyumsuzlukla örtülen (Bingöl vd., 1973) Karakaya Kompleksi, şiddetli deformasyona ve kısmen başkalaşıma uğramış Permo-Triyas yaşlı orojenik istiflerden oluşur (Tekeli, 1981).

Pontidlerin Sakarya Zonu'ndaki Jura öncesi kırıntılı kayaların varlığı daha önceden biliniyor olsa da (Bailey ve McCallien, 1950, 1953; Erol, 1956; Brinkmann, 1971) Karakaya Formasyonu adı ilk kez Bingöl vd. (1973) tarafından kullanılmıştır. Bingöl vd. (1973), Jura öncesi bu bloklu istiflerin Biga Yarımadası'ndan Ankara'ya kadar geniş bir dağılıma sahip olduğuna dikkat çekmiş ve Karakaya Formasyonunun “çamurtaşı, silttaşı, feldispatik kumtaşı, konglomera, ara katkılı spilitik bazalt, kuvarsit ve radyolaryalı çörtlerden” oluştuğunu belirtmişlerdir. Bingöl vd. (1973) formasyona Erken Triyas yaşını vermiş olup, bu bulguyu stratigrafik olarak birimi üzerlediği düşünülen Orta Triyas karbonatlarına dayandırmıştır. Karakteristik özelliği Permiyen ve Karbonifer kireçtaşlarından oluşan egzotik blokların varlığı olan formasyonun düşük dereceli metamorfizma geçirdiği belirtilmektedir (Okay ve Göncüoğlu, 2004). Bingöl vd. (1973), Karakaya Formasyonunun kıta içi bir rift ortamında oluştuğunu belirtmiştir. Tekeli (1981), Pontidlerin Jura öncesi orojenik kayalarının dağılımını Ankara bölgesinden Doğu Pontidler'deki Tokat Masifi'ne

kadar genişletmiş ve “Kuzey Anadolu Kuşağı” olarak adlandırmıştır ve alt metamorfik seri ve üst bloklu seri olarak iki birime ayırmıştır. Karakaya Formasyonu Şengör (1984) tarafından Karakaya Kompleksi olarak yeniden adlandırılmış olup bu çalışmada da bu adlama kullanılmıştır.

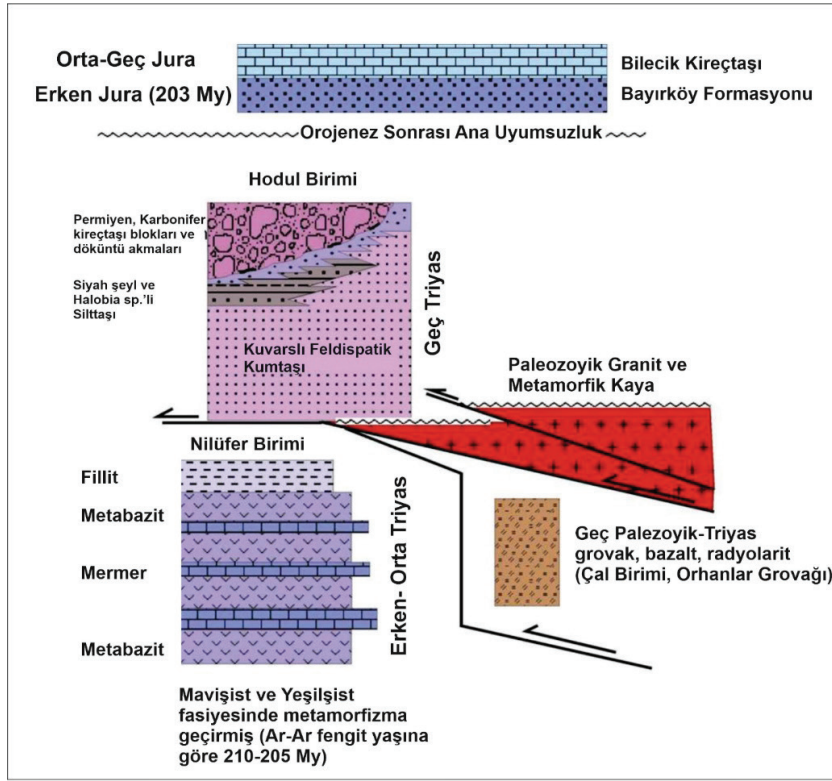
Karakaya Kompleksi genellikle Alt Karakaya Kompleksi ve Üst Karakaya Kompleksi olmak üzere iki bölüme ayrılır (Okay ve Göncüoğlu, 2004). Alt Karakaya Kompleksi yapısal ve muhtemelen stratigrafik olarak altta yer alır. Paleozoyik sonu veya Triyas’ta yeşilist ve mavişist fasiyesinde metamorfizma geçirmiş mafik lav, mafik piroklastik kaya, şeyl ve kireçtaşı araldanmasından oluşmuştur. Üst Karakaya Kompleksi ise şiddetli deformasyona uğramış Permien veya Triyas yaşta klastik, volkanoklastik ve volkanik kayalardan oluşmuş olup çok sayıda Karbonifer ve Permien yaşta kireçtaşı blokları içerir (Okay ve Göncüoğlu, 2004). Karakaya Kompleksi’nin çökelim ortamını ve tektonik gelişimini açıklayan iki model mevcuttur; rift modeli ve dalma-batma-eklenme modeli. Rift modeline göre, Karakaya Kompleksinin kayaçları geç Permien yaşlı bir riftte oluşmuş, bu rift daha sonra okyanusal bir kenar denize dönüşmüş ve en Geç Triyas’ta kapanmıştır (Bingöl, vd., 1973). Dalma-batma-eklenme modeline göre ise kompleks, Triyas’ta Paleo-Tetis’in kuzeye Lavrasya aktif kıta kenarı boyunca dalma-batması ile oluşmuş bir eklenir prizmayı temsil eder (Tekeli, 1981; Okay ve Göncüoğlu, 2004).

Karakaya Kompleksi’nin iki önemli tektonostratigrafik birimleri altta yer alan Nilüfer ve üstteki Hodul birimleridir (Şekil 2; Okay ve Altın, 2004). Metabazit, fillit ve mermer araldanmasından oluşan Nilüfer biriminin üzerinde klastik kayalardan yapılmış ve Karbonifer-Permien yaşta kireçtaşı blokları kapsayan Hodul birimi yer alır. Hodul birimi kumtaşlarında bulunan seyrek makrofaunanın

Noriyen yaşını verdiğini belirten Okay ve Altın (2004), Balıkesir’in güneybatısında Hodul birimi içinde, Kaşal Kireçtaşı Üyesi adını verdikleri Üst Triyas kireçtaşlarını tanımlamaktadırlar. Kaşal Kireçtaşı Üyesi makaslanmış bir silttaşı, şeyl ve kumtaşı hamuru içinde yaklaşık 80 m kalınlıkta, yüzlerce metre büyüklükte bloklar oluşturur. Okay ve Altın (2004), birimin bol miktarda mercan, brakiyopod, lamellibrans, krinoid, gastropod, alg, bryozoa ve sünger spikülleri kapsayan alacalı renkli, orta tabakalı, yumrulu bir kireçtaşı olduğunu ve içerdiği mikrofaunanın Noriye-Resiye yaşını verdiğini belirtir. Bölgede Triyas bloklarının yanı sıra Permien yaşlı kireçtaşı bloklarının da yer aldığını belirten Okay ve Altın (2004), Kaşal Kireçtaşı Üyesi’nin bu Permien kireçtaşı blokları gibi egzotik bir olistolit olmayıp, Hodul havzasında çökeldiğini düşünmektedir. Okay ve Altın’ın (2004) buna ait verileri Kaşal Kireçtaşı Üyesi’nin çevresindeki klastik kayalarla benzer yaşta olması ve bloklarda gözlenen kireçtaşından çamurlu bir fasiyese geçiştir.

Günümüzde Karakaya Kompleksi’nde yapısal, biyostratigrafik, jeokimyasal ve petrolojik çalışmalara hala ihtiyaç olduğunu belirten Okay ve Göncüoğlu (2004), Karakaya Kompleksi birimleri ile Sakarya Zonu’ndaki farklı birimler arasındaki korelasyonun da çözülmemiş bir problem olduğunun altını çizerek. Okay ve Göncüoğlu (2004), söz konusu denestirmeler ve stratigrafik adlama standardizasyonu sorununun, Karakaya Kompleksi’nin şiddetli deforme olmuş yapısı ve her biri kendi stratigrafik düzenini sunan birçok lokal çalışma nedeniyle zorlaştığını belirtmektedir.

Bu çalışma kapsamında, 1/25.000 ölçekli Balıkesir J18b₂ paftasında yer alan (Şekil 1A) Kaşağıl Köyü (İvrindi-Balıkesir) ve çevresinde yüzeyleyen Karakaya Kompleksine ait Permo-Triyas yaşlı blokların foraminifer içeriklerinin ortaya konulması amaçlanmıştır.



Şekil 2. Karakaya Kompleksi alt ve üst kısımları arasındaki tektonik ilişkiler (Okay, 2000).

Figure 2. Tectonic relations between the lower and upper parts of the Karakaya Complex (Okay, 2000).

MATERYAL ve METOD

Bu araştırma kapsamında gerçekleştirilen arazi çalışmalarında beş adet stratigrafik kesit ölçülmüş ve 72 adet örnek alınmıştır. Arazi çalışmalarında derlenen örneklerin ince kesitleri Pamukkale Üniversitesi ince kesit atölyesinde yaptırılmıştır. Bu kesitler üzerinde gerçekleştirilen paleontolojik determinasyon ve fotoğraflama işlemleri Balıkesir Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü'ndeki Meiji MT-9930 marka polarizan mikroskop ile yapılmıştır. Yapılan ince kesitler Balıkesir Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Paleontoloji Laboratuvarında muhafaza edilmektedir.

Çalışılan alanda Karakaya Kompleksine ait beş bloktan stratigrafik kesitler ölçülmüş, kesit ölçümü sırasında blokların sahada gözlenen

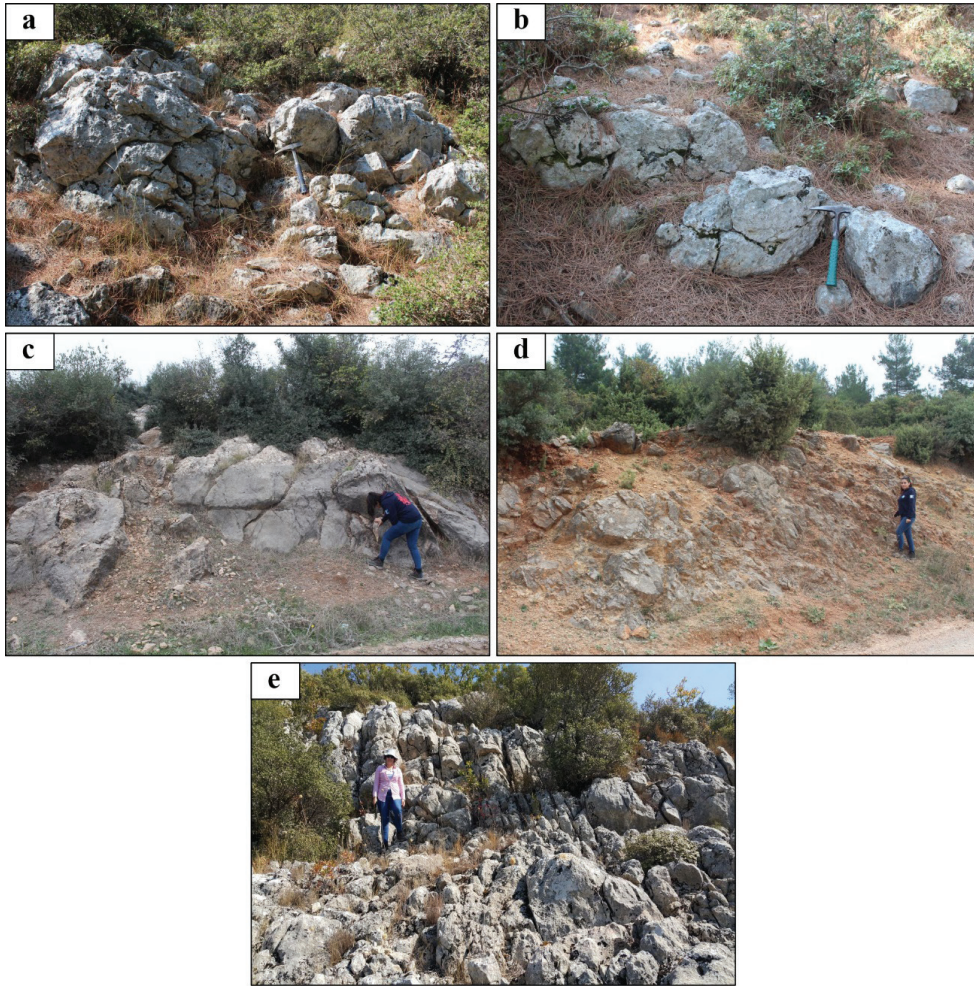
özellikleri kaydedilmiş ve birimi en iyi temsil eden kesimlerden fotoğraflar alınmıştır. Kaşağıl-1 Ölçülü Stratigrafik Kesiti (ÖSK), Kaşağıl köyü GD'sunda yer alan OlukçalıTepe ve tepenin KB yamaçlarında yer almakta olup kesitin toplam kalınlığı 117,40 metredir. Kesit boyunca sistematik bir şekilde 27 adet örnek alınmıştır (Şekil 3a ve 4). Kaşağıl-2 ÖSK, Kaşağıl köyü G'inde yer almakta olup kesitin toplam kalınlığı 22, 10 metredir. Kesit boyunca sistematik bir şekilde 7 adet örnek alınmıştır (Şekil 3b ve 5). Kaşağıl-3 ÖSK, Kaşağıl köyü GB'sında yer almakta olup kesitin toplam kalınlığı 100 metredir. Kesit boyunca sistematik bir şekilde 18 adet örnek alınmıştır (Şekil 3c ve 6). Kaşağıl-4 ÖSK, Kaşağıl köyü GB'sında yer almakta olup kesitin toplam kalınlığı 32,90 metredir. Kesit boyunca sistematik bir şekilde 8 adet örnek alınmıştır (Şekil 3d ve 7). Kaşağıl-5 ÖSK, Kaşağıl köyü KD'inde yer alan Çakıllıüstü

Tepe güneyinde yer almakta olup kesitin toplam kalınlığı çoğu yeri örtülü olmasından dolayı ölçülememiştir. Kesit boyunca sistematik bir şekilde 12 adet örnek alınmıştır (Şekil 3e ve 8).

Kaşağıl-1 Ölçülü Stratigrafik Kesiti

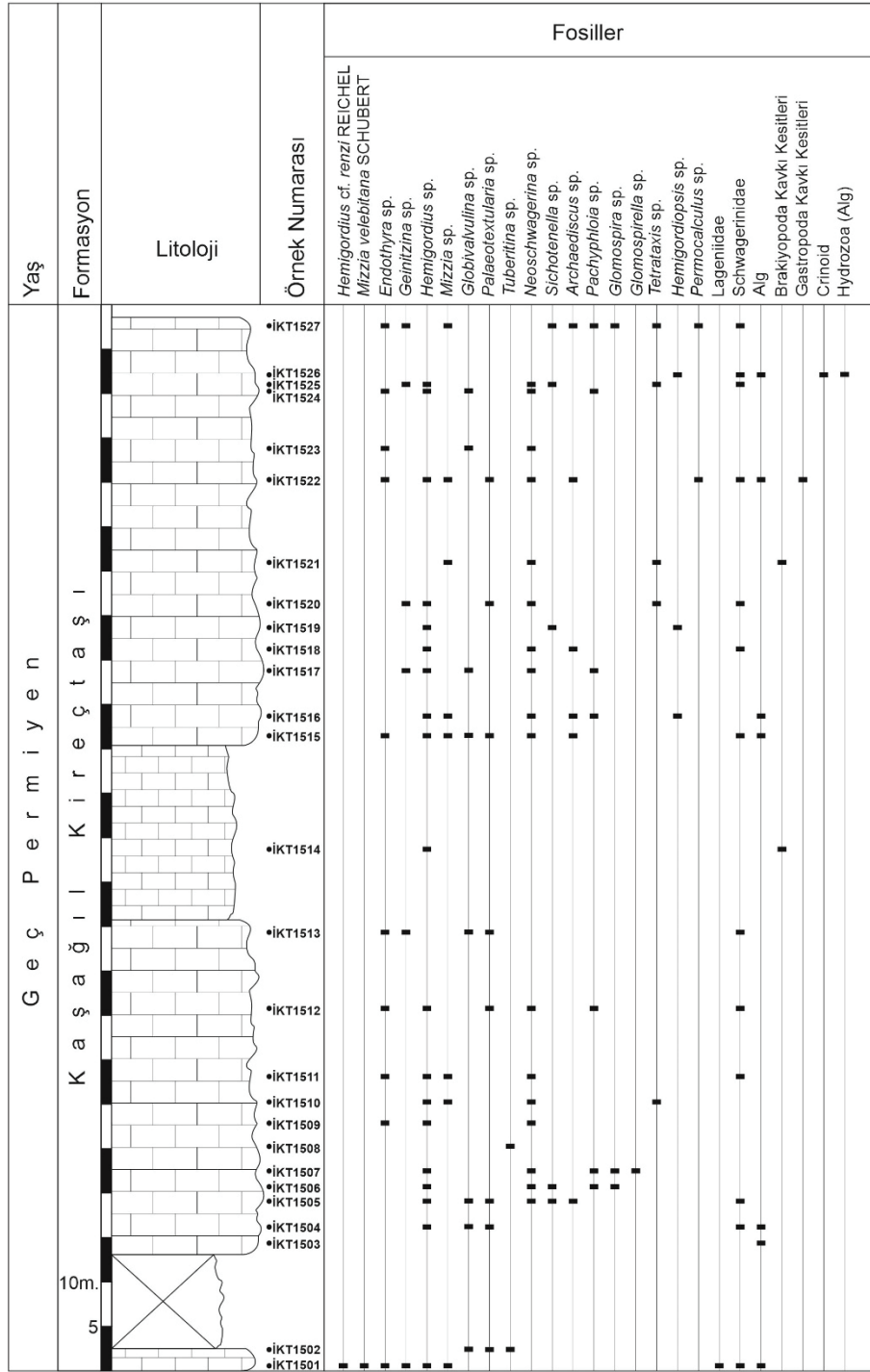
Kesit Kaşağıl köyü GD'sunda yer alan Olukçalı Tepe ve tepenin KB yamaçlarında yer almaktadır

(Şekil 3a ve 4). Kesitin toplam uzunluğu 117,40 m. olup başlangıç koordinatı, 35 S 536285 D / 4368475 K (408 m.)'dir ve K20°B doğrultuludur. Kesit açık gri, bol karstik boşluklu, yer yer rekristalize iyi pekişmiş üst seviyelerinde breşik görünüm sunan ve pembemsi renklerde gözlenmektedir. Kesitin bitiş koordinatı Olukçalı Tepe KD yamaçlarında yer alan 35 S 536210 D / 4368765 K (360 m.)'dir.



Şekil 3. a) Kaşağıl-1 ÖSK'da ölçülen kireçtaşı bloğunun yakından görünümü, **b)** Kaşağıl-2 ÖSK'da ölçülen kireçtaşı bloğunun yakından görünümü, **c)** Kaşağıl-3 ÖSK'da ölçülen kireçtaşı bloğunun genel görünümü, **d)** Kaşağıl-4 ÖSK'da ölçülen kireçtaşı bloğunun genel görünümü, **e)** Kaşağıl-5 ÖSK'da ölçülen kireçtaşı bloğunun yakından görünümü.

Figure 3. a) Close outcrop view of the block measured in Kaşağıl-1 MSS, **b)** General outcrop view of the block measured in Kaşağıl-2 MSS, **c)** General outcrop view of the block measured in Kaşağıl-3 MSS, **d)** Close outcrop view of the block measured in Kaşağıl-4 MSS, **e)** Close outcrop view of the block measured in Kaşağıl-5 MSS.

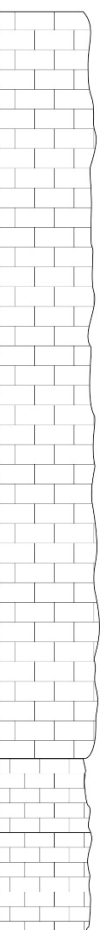


Şekil 4. Kaşagıl-1 ölçülü stratigrafi kesiti.

Figure 4. Kaşagıl-1 measured stratigraphic section.

Kaşağıl-2 Ölçülü Stratigrafik Kesiti

Kesit Kaşağıl köyü G'inde yer almakta olup kesitin toplam uzunluğu 22,10 m.'dir (Şekil 3b ve 5). Başlangıç koordinatı, 35 S 536075 D / 4368275 K (365 m.)'dir ve K20°D doğrultuludur. Kesit alt seviyelerinde koyu gri kalsit damarlı ince tabakalı serilerle başlamaktadır. Üst seviyelerinde ise gri renkli kalın tabakalar hakimdir. Kesitin bitiş koordinatı 35 S 536135 D / 4368830 K (385 m.)'dir.

Yaş	Formasyon	Litoloji	Örnek Numarası	Fosiller						
				<i>Hemigordius</i> sp.	<i>Hemigordius</i> sp. <i>H. irregularis</i>	<i>Permocalculus</i> sp. (Alg)	<i>Gelinitzina</i> sp.	<i>Glomospira</i> sp.	<i>Glomospirella</i> sp.	<i>Schwagerinidae</i> <i>Lagenidae</i>
Geç Permien	Kaşağıl Kireçtaşı		•İKT1560	■						■
			•İKT1559		■					
			•İKT1558	■		■	■	■	■	
			•İKT1557		■					
			•İKT1556		■					■
			•İKT1555	■	■					■
			•İKT1554	■						■

Şekil 5. Kaşağıl-2 ölçülü stratigrafi kesiti.

Figure 5. Kaşağıl-2 measured stratigraphic section.

Kaşağıl-3 Ölçülü Stratigrafik Kesiti

Kesit Kaşağıl köyü GB'sında yer almakta olup kesitin toplam uzunluğu 100 m.'dir (Şekil 3c ve 6). Başlangıç koordinatı, 35 S 535695 D / 4368745 K (335 m.)'dir ve K35°B doğrultuludur. Kesit alt seviyelerinde breşik kireçtaşları ile başlamaktadır. Üst seviyelere doğru ince ve kalın tabakalanmalı seviyelerin ardalanmalı seriler sunduğu istif bu seviyelerde bol miktarda makro fosiller içermektedir. Kesitin bitiş koordinatı 35 S 535755 D / 4368875 K (348 m.)'dir.

Kaşağıl-4 Ölçülü Stratigrafik Kesiti

Kesit Kaşağıl köyü GB'sında yer almakta olup kesitin toplam uzunluğu 32,90 m.'dir (Şekil 3d ve 7). Başlangıç koordinatı, 35 S 535675 D / 4368265 K (355 m.)'dir ve K65°B doğrultuludur. Kesit alt seviyelerinde breşik kireçtaşları ile başlamakta olup üst seviyelere doğru ince ve kalın tabakalanmalı seviyelerin ardalanmalı serilerden oluşan monoton bir istif sunmaktadır. Kesitin bitiş koordinatı 35 S 535805 D / 4368210 K (376 m.)'dir.

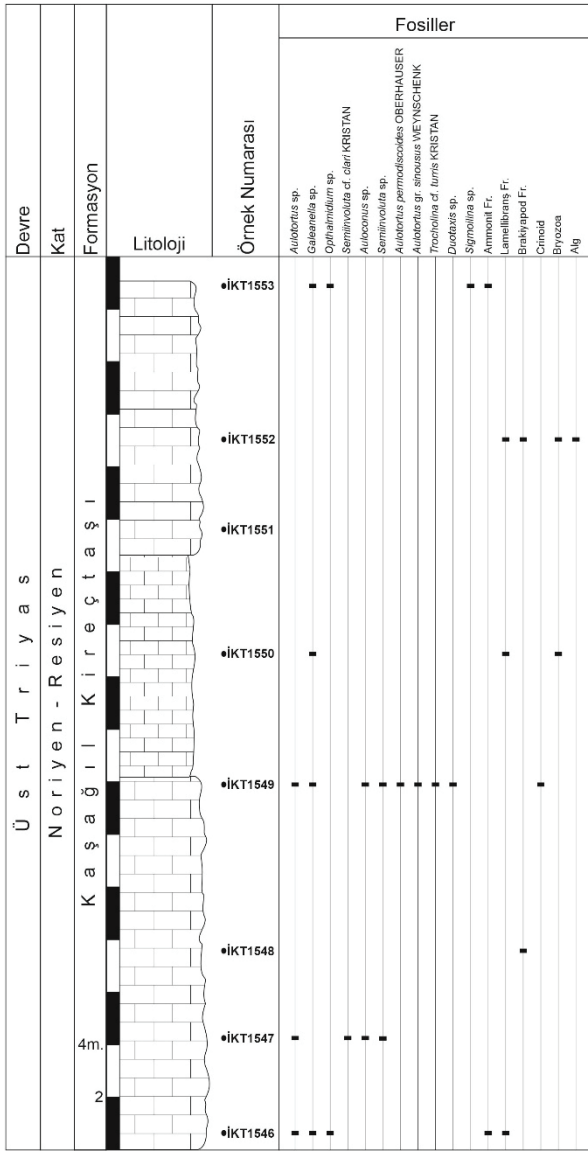
Kaşağıl-5 Ölçülü Stratigrafik Kesiti

Kesit Kaşağıl köyü KD'inde yer alan Çakıllıüstü Tepe G'inde ölçülmüş olup kesitin toplam uzunluğu örtülü seviyelerin fazla olmasından dolayı verilememektedir (Şekil 3e ve 8). Başlangıç koordinatı, 35 S 536680 D / 4368055 K (390 m.) olan kesit K40°D doğrultulu ve kesikli olarak ölçülmüştür. Kesit alt seviyelerinde koyu gri ince tabakalı serilerle başlamış ve üste doğru kalın tabakalı istiflerle son bulmuştur. Kesitin bitiş koordinatı 35 S 536755 D / 4368215 K (430 m.)'dir.

Devre	Kat	Formasyon	Litoloji	Örnek Numarası	Fosiller	
Üst Triyas	Noriyen - Resiye	Kaşağıl-3		•İKT1545	Semivoluita cf. clari KRISTAN Trocholina turris FRENTZEN Aulotortus sp. Miliolipora sp. Ophthalmodium sp. Semivoluita sp. Duotaxis sp. Galeanella sp. Ophthalmodium cf. LEISCHNERI Earlaudia sp. Sigmollina sp. Fondularia sp. Galeanella cf. holmanni KRISTAN Ophthalmodium cf. triadicum KRISTAN Miliolipora cuneata BRONN & ZANINETTI Triasina hanikeni MAJZON Trocholina umbo FRENTZEN Galeanella tollmanni KRISTAN Reophax sp. Triasina sp. Aulotortus permodiosoides OBERHAUSER Aulotortus gr. friedly KRISTAN-TOLMANN Aulotortus gr. sinuatus WEYNSCHENK	
				•İKT1544		
				•İKT1543a •İKT1543b		
				•İKT1542		
				•İKT1541		
				•İKT1540		
				•İKT1539		
				•İKT1538		
				•İKT1537		
				•İKT1536		
				•İKT1535		
				•İKT1534		
				•İKT1533 •İKT1532a •İKT1532b		
				•İKT1531		
				•İKT1530		
				•İKT1529		
				•İKT1528		

Şekil 6. Kaşağıl-3 ölçülü stratigrafi kesiti.

Figure 6. Kaşağıl-3 measured stratigraphic section.

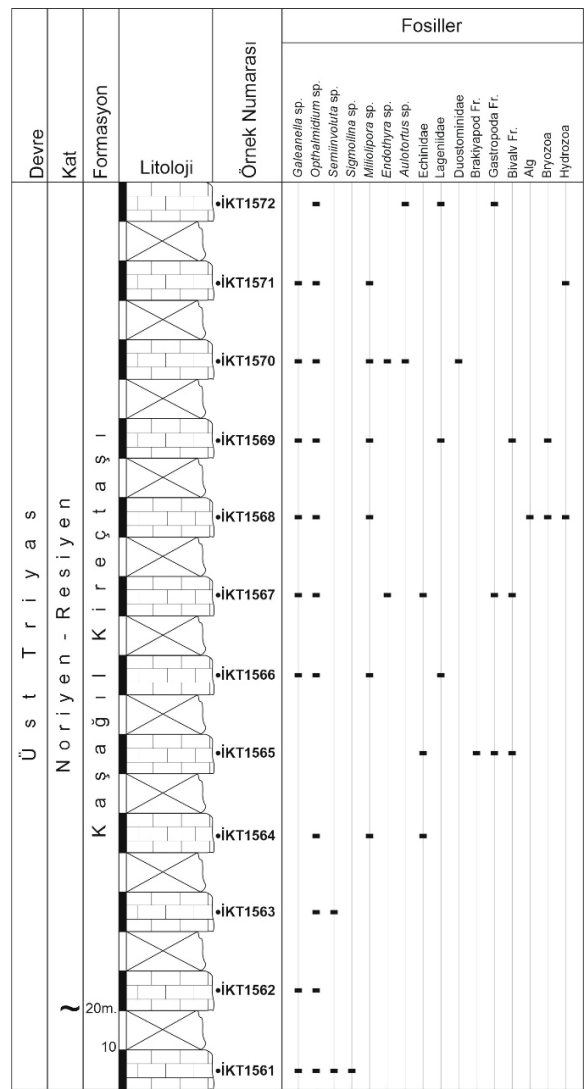


Şekil 7. Kaşağıl-4 ölçülü stratigrafi kesiti.

Figure 7. Kaşağıl-4 measured stratigraphic section.

JEOLOJİ

Karakaya Kompleksi, Biga yarımadasında düzenli bir istif olarak ve formasyon mertebesinde ilk olarak Bingöl (1968) tarafından Karakaya serisi, Bingöl vd. (1973) tarafından ise Karakaya Formasyonu adıyla tanımlanmış sonraki çalışmalarda Karakaya Grubu (Yalçinkaya ve Afşar, 1980; Ergül vd. 1980), Karakaya Formasyonu (Ergül vd., 1986; Ercan vd., 1990) ve



Şekil 8. Kaşağıl-5 ölçülü stratigrafi kesiti.

Figure 8. Kaşağıl-5 measured stratigraphical section

Karakaya Kompleksi (Okay vd., 1990; Akyüz ve Okay, 1998) olarak adlandırılmıştır.

Karakaya Kompleksi (Permo-Triyas) Ege Denizi'nden İran'a kadar uzanan (> 1100 km; Pickett ve Robertson, 2004) Pontidler'de güçlü bir şekilde deforme olmuş ve lokal olarak metamorfizmaya uğramış Permo-Triyas orojenik serileri için kullanılan genel bir tektonostratigrafik terimdir (Şekil 2).

Kompleks egzotik bloklar içeren spilitik bazalt, diyabaz, gabro, çamurtaşları, çört ve radyolaritler ve bunlarla yer yer girik olarak gözlenen feldispatlı kumtaşı, kuvarsit, konglomera ve silttaşı ardalanmasından meydana gelen farklı litolojik birimleri içerir. İçerisinde Permiyen ve Karbonifer fosilleri içeren kireçtaşı bloklarına da rastlanan birimin, bölgede daha önceleri yapılan detaylı bölgesel çalışmalar, klastik sedimanter kaya ağırlıklı bir birim olduğunu göstermiştir (Şekil 9; Okay vd., 1990).

İvrindi-Balya-Gönen arasında, Edremit Kuzeyinde, Kalkım-Yenice ve Hodul arasında, genel olarak KD-GB yönlü topografik yükseltilerin yamaçlarında yüzeylemeleri gözlenen birimin tipik özellikleri Zeytinli Köyü kuzeydoğusunda Karakaya mevkii civarında gözlenmektedir.

Bingöl (1968), içinde barındırdığı Permiyen yaşlı kireçtaşı blokları ve üzerini uyumsuzlukla örttüğü ileri sürülen Orta Triyas yaşlı kireçtaşı bloklarından dolayı Karakaya Kompleksine Erken Triyas yaşını vermiştir. Okay vd. (1996), kompleksin benzer yaşta fakat değişik havza koşulları ve tektonik ortamları yansıtan dört farklı tektonostratigrafik birimden meydana geldiğini belirtmişlerdir. Bunlar; Nilüfer birimi, Hodul birimi, Orhanlar Grovağı ve Çal birimidir.

Nilüfer birimi - Akyüz ve Okay (1998) altta volkano-sedimanter kayalardan oluşan Kiraz Metamorfiti ve olasılıkla bunları üzerleyen Çataltepe Mermeri olmak üzere iki formasyondan meydana gelen birimi Karakaya Kompleksine ait Nilüfer birimi olarak belirtmişlerdir (Şekil 2 ve 9). Çoğunlukla metabazit ve metakumtaşı türü kayalardan ve az oranda da kuvarslı kalkışistlerden meydana gelen Kiraz metamorfiti iyi derecede foliasyon ve lineasyonlar sunmaktadır. Kiraz metamorfiti bazı kesimlerinde Hodul birimi ile tektonik dokanaklı olarak gözlenirken çoğu yerde Çataltepe mermeri tarafından muhtemel bir uyumsuzlukla üzerlenmektedir (Akyüz ve Okay, 1998). Yazarlar, Manyas güneyinde geniş

yüzeylemelerini tespit ettikleri birimin metabazit ve mikaşistlerindeki mineral parajenezlerini de dikkate alarak Kiraz metamorfisinin yeşilışt fasiyesinde metamorfizma geçirmiş olabileceğini belirtmektedirler. Metabazitlerle ardalanmalı olarak gözlenen karbonatlı ara seviyelerde saptanan konodont fosillerine göre Orta Triyas yaşı verilen birim, KB Anadolu'nun değişik kesimlerinde Liyas yaşlı kırıntılılar ile örtülü oluşu nedeniyle (Okay vd., 1990) çökelim yaşının Triyas, metamorfizma yaşının ise Geç Triyas olduğu kabul görmüştür (Akyüz ve Okay, 1998). Nilüfer birimi, KB Anadolu'da Biga Yarımadası'ndan başlayıp Doğu Karadeniz bölgesine kadar uzanan ve İzmir-Ankara Erzincan Sütur Zonu'nun kuzeyinde gözlenen Sakarya Zonu'nda oldukça geniş bir mostra alanına sahiptir (Okay vd., 1990, 1996). Bu şekilde kalın ve yaygın volkano-sedimanter istiflerin aktif ada yaylarıyla ilişkili komşu havzalarda çökeldiği bazı yazarlar tarafından önerilmektedir (Dickinson ve Seely, 1979; Akyüz ve Okay, 1998).

Hodul birimi - Karakaya Kompleksi içinde en yaygın gözlenen birim olan Hodul Birimi, açık gri, beyaz feldispatlı kumtaşı ve bunlarla ardalanmalı koyu gri, siyah şeyl ve silttaşlarından meydana gelmekte ayrıca değişik boyutlarda spilit ve seyrek rekristalize kireçtaşı blokları, siyah çört ve rekristalize kireçtaşı seviyeleri de içermektedir (Şekil 2 ve 9). Doğusunda Nilüfer birimi ile dik bir tektonik dokanakla yan yana gelmiş, kuzey ve güneyden Miyosen volkanik ve çökel kayalarıyla örtülü olan ve tipik bir türbiditik istif özelliği taşıyan birimde dereceli tabakalanma gösteren feldispatik kumtaşları, ince laminalı şeyllerle ardalanmalı olarak izlenmektedir. Türbiditik istifin yakınsak kesimlerini birkaç metre kalınlıktaki kumtaşı tabakaları, ıraksak kesimlerini ise birkaç santimetre mertebesindeki kumtaşı-şeyl ardalanması oluşturmuştur. İstifin taban kesimlerinde orta tabakalı kumtaşları ve bunlarla ara katkılı şekilde ince şeyl seviyeleri ve mikritik kireçtaşları gözlenmektedir.

ÜST SİSTEM	SİSTEM	SERİ	BİRİM	KALINLIK (m)	LİTOLOJİ	AÇIKLAMALAR
SENOZOYİK				?		Ayrılmamış volkanitler Karasal kırıntılılar Volkanitler Granit, granodiyorit
MESOZOYİK	KRETASE	Üst	Gölpazarı Grubu	>1000		Kireçtaşı ve serpantinli olistolitli volkanitli filiş
		Orta	Vezirhan Fm.	30		İnce- orta tabakalı beyaz-pembe renkli pelajik killi kireçtaşı
		Alt	Bilecik Kireçtaşı	800		Açık-koyu renkli orta-kalın tabakalı kireçtaşı
	JURA	Üst				
		Alt	Bayırköy Fm.	500		Sarımsı kahverengi kumtaşı, silttaşı ve marn, yer yer Ammonitico Rosso seviyeli
	PERMO-TRİYAS		Çal	220-585		Beyaz renkli kireçtaşı bloklu ve karbonat arakatlı bordo-kahve renkli şeyl, gri-yeşil renkli kumtaşı ve spilitik bazalt Tektonik Uyumsuzluk
			Orhanlar	270-285		Metakireçtaşı olistolitli, kahve-siyah renkli şeyl, silttaşı ve sarı-yeşil-kahve renkli seyrek tabakalı kumtaşı Tektonik Uyumsuzluk
			Hodul	375-385		Sarı-yeşil renkli silttaşı, gri renkli çamurtaşı, şeyl ve kireçtaşlarıyla ardalanmalı, seyrek metakireçtaşı blokları içeren beyaz-sarı renkli kumtaşı Tektonik Uyumsuzluk
			Nilüfer	1280		Gri-yeşil-bordo renkli, foliasyonlu şist, sleyt, metakumtaşı ile mermer ve metatüf arakatlıları içeren yeşil renkli metabazalt Tektonik Uyumsuzluk
PALEOZOYİK	PERMO-TRİYAS ÖNCESİ		Manyas	?		Beyaz renkli mermer Tektonik Uyumsuzluk
			Çamlık	?		Metagranodiyorit
			Kalabak	~2000		Sleyt, sleyt laminalı kumtaşı
			Kazdağ	1200-1500		Gnays, amfibolit, mermer

Şekil 9. Kuzeybatı Anadolu’da Karakaya Kompleksi öncesi ve sonrası birimlerinin genelleştirilmiş stratigrafik dikme kesiti (Okay vd. 1990’dan değiştirilerek).

Figure 9. Generalized stratigraphic section of the pre- and post-Karakaya Complex units in Northwestern Anatolia (modified after Okay et al., 1990).

Orta kesimlere doğru küçük boyutlu kireçtaşı ve spilit blokları yer almakta olup, bu seviyelerde gözlenen kumtaşları litik bileşimli olup, şeyl seviyelerinin kalınlığı ve oranı ise artmaktadır. Birimin arkozik kumtaşları, %10 oranında kil boyutlu matriks içinde yarı-köşeli, orta-iyi boylanmış kuvars, feldispat, mika, çört ve litik tanelerden oluşur. Üst kesimlerde ise kumtaşlarında gözlenen litik taneler çoğunlukla volkanik az oranda ise sedimanter kökenlidir (Akyüz ve Okay, 1998). İvrindi yakın çevresinde gözlenen arkozik kumtaşı seviyesindeki *Halobia* parçaları içeren makrofaunaya göre bu seviyeye Geç Triyas (Noriyen) yaşı verilmiştir (Leven ve Okay, 1996; Okay ve Altınır, 2004). Birimin kumtaşlarının petrografik olarak kuvvetli diyajeneze uğramış olduğunu kuvars ve ayrılmış feldispattan meydana geldiğini belirten Okay vd. (1990) kumtaşları içindeki feldispatların çoğunun alkali feldispat olmasına dayanarak, birimin kıtasal granitik bir kaynaktan beslenen kalın bir klastik kamayı temsil ettiğini söylemişlerdir. Boyutları birkaç cm'den 600 m'ye kadar değişen kireçtaşı blokları üst kesimlere doğru sayıları, boyutları artarken olistostromal bir karakter kazanırlar. Gri-açık mavi renkli olan bu sparitik kireçtaşı blokları orta-kalın tabakalı ve yersel olarak masiftir. Birim ayrıca az miktarda, yeşil-kahverengi amigdaloidal dokulu spilit blokları içerir. Kireçtaşı bloklarından elde edilen en genç yaş üst Permien (Akyüz ve Okay, 1998) olup, kuşağın güneye doğru devamında ise (Balya ve İvrindi civarı) istifin üst kesimlerine karşılık gelen şeyl ve silttaşlarında Leven ve Okay (1996) Noriye yaşı veren makrofosiller tanımlamışlardır. Ayrıca Hodul Dağı'nın doğusunda gözlenen birim içerisinde rastlanan olistostromal seri içerisindeki kireçtaşı örneklerinde Akyüz ve Okay vd. (1998) tarafından geç Permien yaşlı *Geinitzina* sp. fosillerine rastlanmıştır. Liyas çökelleriyle uyumsuz olarak örtülen (Aygen, 1956; Genç, 1986; Okay vd. 1990)

Hodul biriminin yaşı Geç Triyas'tır (Akyüz ve Okay, 1998).

Orhanlar Grovağı - Karakaya Kompleksi içerisinde monoton grovak ve şeyl matriksi içinde yer alan kireçtaşı ve ender spilit bloklarından oluşan Orhanlar Grovağı, Okay vd. (1990) tarafından adlandırılmıştır (Şekil 2 ve 9). Birim, ilk kez Brinkmann (1971) tarafından Orhanlar Tabakaları, Kaya vd. (1986, 1989) tarafından Hodul birimini de içeren Dışkaya Formasyonu olarak adlandırılmıştır. Tipik özellikleri Orhanlar ve Danişment Köyleri arasındaki dağ yolunda gözlenen Orhanlar Grovağı, sarımsı kahverengi, çoğunlukla altere olmuş, çok parçalanmış, seyrek tabakalanma gösteren, yer yer küresel ayrışmalı grovaklardan oluşmaktadır. Tabakasız veya kabaca tabakalanmalı grovaklar ince-orta taneli, kötü tane tane boyu dağılımlı, köşeli kuvars, feldispat ve metamorfik kayaç parçalı taneler killi ve serizitli bir matriksle bağlanmıştır (Okay vd. 1990). Orhanlar Grovağı içerisindeki kuvars mineralleri yaygın olarak polikristalin daha az oranda da monokristalin özelliktedir. Alkali feldispatlardan ortoklaz ve plajiyoklazlar birbirine yakın oranlarda gözlenmekte olup kumtaşları gri-kahverengi şeyl ara seviyeleri içerirler. Kaya parçalarının çoğunluğunu volkanik parçalar, onlara oranla daha az bulunan metamorfik ve sedimanter kayalardan türemiş parçalar oluşturur (Akyüz ve Okay, 1998). Birim ayrıca gri-mavi, orta tabakalı kireçtaşı ve daha seyrek spilit blokları ayrıca yer yer Alt Karbonifer yaşlı kireçtaşı olistolitleri içermektedir. Orhanlar ile Danişment Köyleri arasında sık rastlanan 2-10m. boyutlu bu kireçtaşları, genellikle gri-siyah renkli, bol makrofosilli (ekinit, mercan, krinoid ve alg) bloklardan oluşmaktadır (Duru vd., 2012). Grovaklar içerisinde yer yer gözlenen çört seviyeleri fosilsiz olup, kireçtaşı bloklarından Geç Devonien yaşlı konodontlar ve bazı kireçtaşı bloklarından Erken Karbonifer (olasılı Vizeen) yaşlı *Archæodiscus* ex. gr. *moelleri* RAUSER, *Pseudoammodiscus* ex. gr. *volgensis*

(RAUSER-CHERNOUUSOVA), *Endothyra* sp., *Eotuberitina* sp., *Valvulinella* ? sp., *Girvanella* sp. tanımlanmıştır (Duru vd., 2012). Tabakalanma izlenemediği için kalınlık tespitinin zor olduğu birim topografyaya göre muhtemelen birkaç yüz metre ile 1000 metrenin üzerinde değişen bir kalınlığa sahiptir (Okay vd., 1990). Orhanlar Grovağı Liyas yaşlı çökellerle uyumsuzlukla örtülü olduğundan (Aygen, 1956; Okay vd., 1990) birimin yaşı geç Permien-Triyas aralığına sınırlandırılabilir (Akyüz ve Okay, 1998). Açıkça gözlenebilen stratigrafik bir temelinin bulunmaması, yaygın makaslama zonları gözlenen ve monoton grovaplardan yapıları birim, muhtemelen hendek eksenli çökellerinin yoğun olduğu bir eklenir prizmayı temsil etmektedir (Okay vd. 1990).

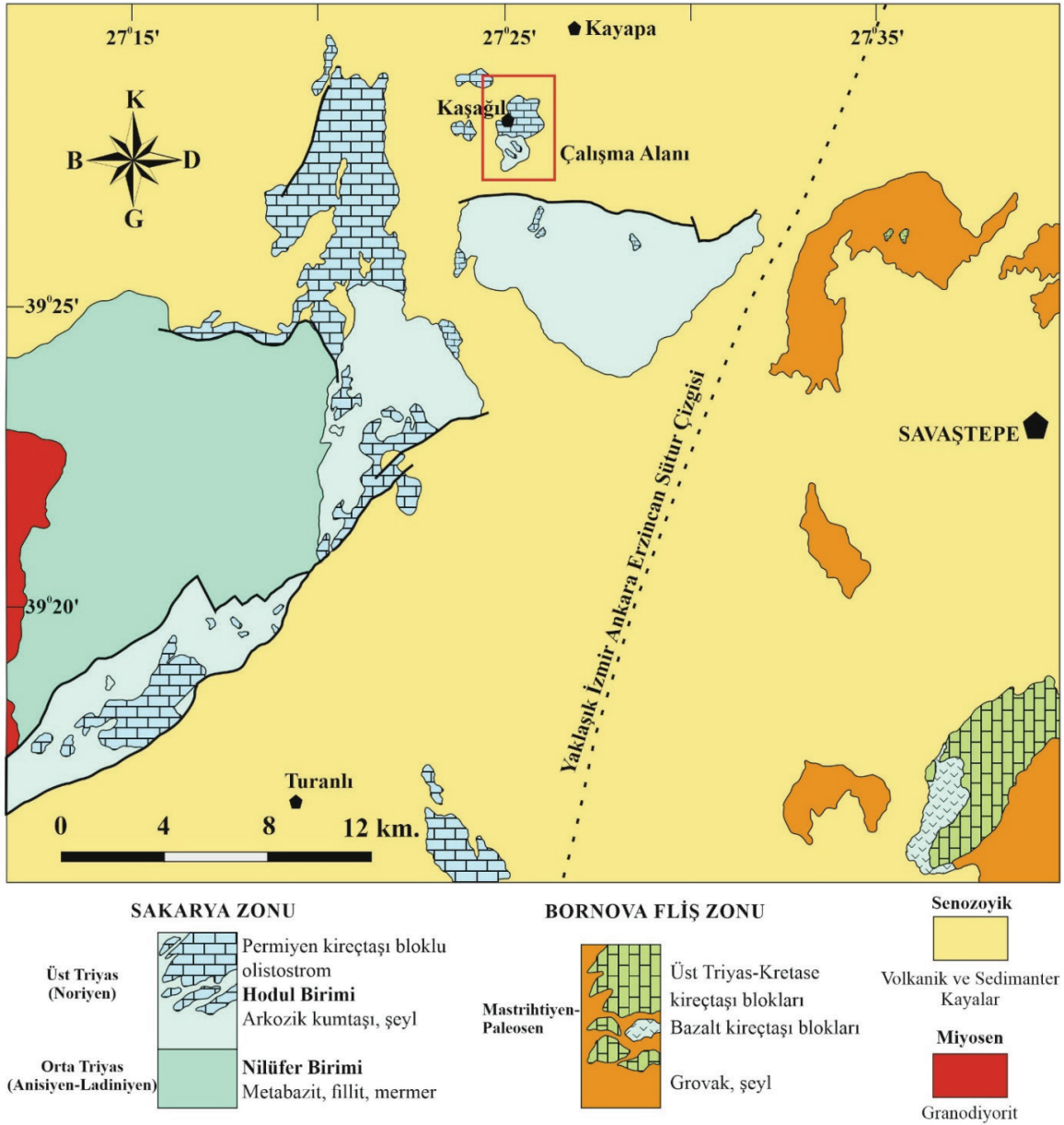
Çal birimi - Okay vd. (1990) tarafından Çal Birimi olarak adlandırılmış ve ilk kez Blanc (1965) tarafından Çalköy Serisi, Bingöl vd. (1973) tarafından Karakaya Formasyonu içerisinde, Akyürek vd. (1984) tarafından Ortaköy Formasyonu olarak tanımlanmıştır (Şekil 2 ve 9). Birim genel olarak Çan, Yenice ve Biga arasında yüzeylemekte ve birimin tipik özellikleri Çalköyü yolu boyunca izlenmektedir. Çal birimi içinde yer yer izlenen pelajik kireçtaşı ve bordomsu kahve renkli radyolaritler ve çamurtaşı ara seviyeleri ile yaygın olarak kireçtaşı (Permien) olistolitlerinden oluşmaktadır. Yoğun alterasyona uğramış koyu yeşil-siyah renkli, yastık yapıları bazaltik lavların az da olsa korunduğu kesimler mevcuttur. Spilitlerde bölgesel tektonizmaya uygun bir şekilde belirgin yönelimler görülmesine rağmen metamorfizma etkileri gözlenmemektedir. Birim içerisinde Permien yaşlı kireçtaşları değişik boyutlarda olistolit ve olistostrom halinde yer alır ve birimi oluşturan litolojilerin yayılımı ve oranı yanal yönde çok sık değişim göstermektedir (Okay vd. 1990). İstif altta ince tabakalı mikritik kireçtaşları ile başlar ve üste doğru kilitaşları azalmakta,

buna karşılık kireçtaşı oranı ve kalınlığı artarak devam etmektedir. Orta-üst düzeylerinde tüf-tüfit, volkanojenik kumtaşı, aglomera, olistostromal kanal dolguları ve yer yer kireçtaşları arasında spilitik bazaltlar ve birimin üst seviyelerinde ise kalın altere tüf ve aglomeralar yer almaktadır (Duru vd., 2012). Çal Köyü civarında formasyon içerisindeki olistolit ve olistostromlardaki kireçtaşlarının yaşı içerdiği foraminiferlerle Permien (çoğunluğu geç Permien) olarak belirlenmiştir (Duru vd., 2012). Sakarya zonu içerisinde değişik lokasyonlarda görülen birim içerisindeki pelajik kireçtaşlarında Anisiyen yaşlı fosiller saptanmıştır (Akyürek vd. 1984; Genç, 1986; Koçyiğit, 1987). Stratigrafik yorumlara dayanarak birimin yaşı Erken Triyas (Bingöl vd. 1973), Permien-Orta Triyas (Okay vd. 1990, 1996) olarak önerilmiştir.

Kaşağıl ve Çevresinin Jeolojisi

Kaşağıl Köyü civarında gözlenen kireçtaşı blokları Okay ve Altınar (2004) tarafından Hodul Birimi içerisinde incelenmiştir. İvrindi'nin 15 km GB'sında bulunan Kaşağıl Köyü çevresinde Permien ve Geç Triyas yaşlı kireçtaşı blokları bulunmaktadır (Şekil 10). Kaşağıl bölgesinde Neojen öncesi kayalardan oluşan yüzlekler yaklaşık 2 km²'lik küçük bir alanda Miyosen volkano-sedimanter kayalar tarafından sarılmış olarak görülmektedir. Kaşağıl Köyü ve çevresinin jeolojisi, karakteristik olarak klastik bir matriks ile kireçtaşı bloklarından oluşur ve tümüyle Hodul birimine bağlıdır (Şekil 11).

Kırıntılı matriks yeşilimsi gri silttaşları ve şeyl, orta boylu, kötü boylanmış, sarımsı kahve kumtaşları, kireçtaşı çakılları ve kömürleşmiş ağaç parçaları içerir. Bu kayaçlar birkaç metre ve birkaç dekametre halinde zayıflık zonları tarafından kesilir. Bu yüzden stratigrafiyi kurmak zorlaşmaktadır (Okay ve Altınar, 2004).

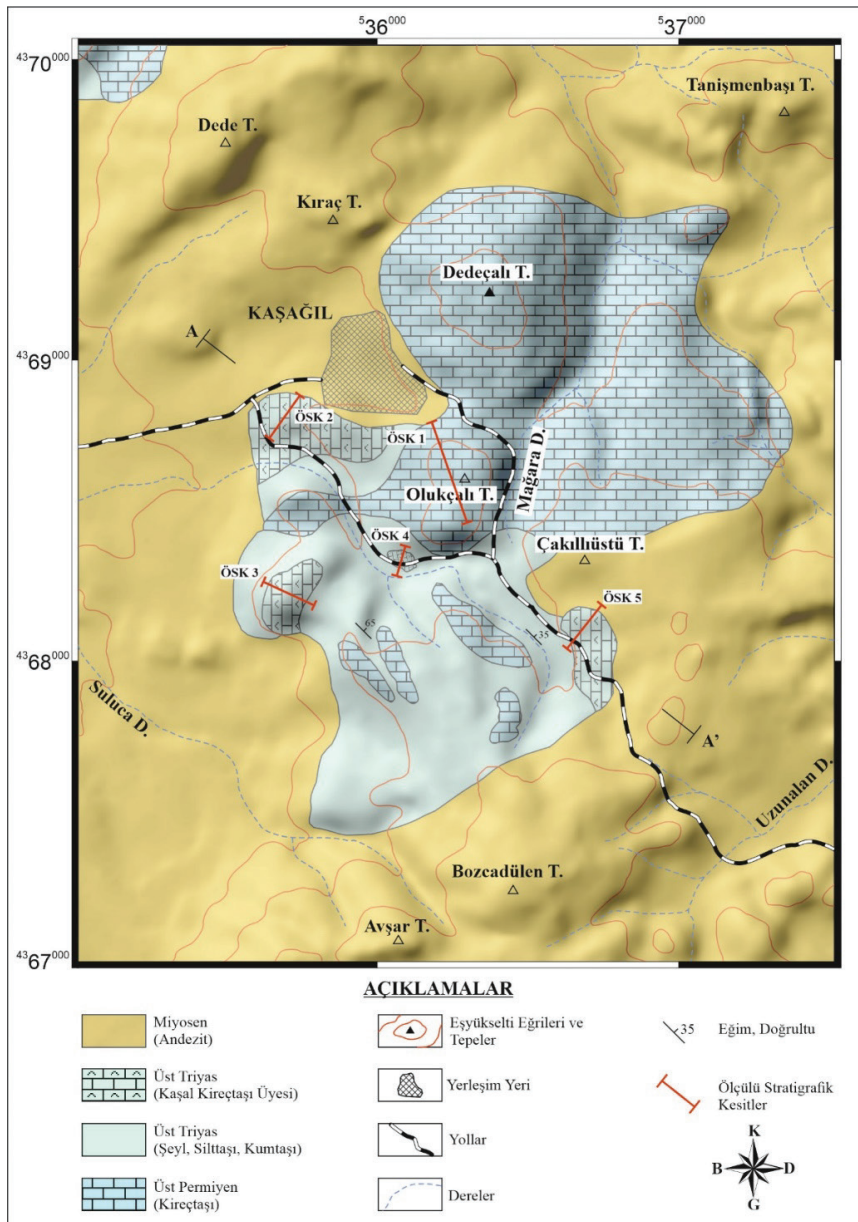


Şekil 10. Kuzeybatı Anadolu'da Kozak - Savaştepe bölgesinin basitleştirilmiş jeoloji haritası (Okay ve Altın, 2004'ten değiştirilerek).

Figure 10. Simplified geological map of the Kozak-Savaştepe region in Northwest Anatolia (modified after Okay and Altın, 2004).

Hodul biriminin matriksini oluşturan Noriye yaşlı matriksin içindeki kumtaşlarında iki lokalitede muhtemelen Orta ve Geç Noriye'yi veren brakiyopod ve natuloid fosilleri bulunmuştur. Buna benzer Noriye yaşını veren

makrofosil içeren kumtaşları ve silttaşları yine Hodul Birimi içerisinde Balya, Havran (Gümüş 1964; Aslaner 1965; Krushensky vd. 1980), Bursa (Erk, 1942) bölgelerinde de görülmektedir (Aygen 1956; Okay vd. 1990; Leven ve Okay 1996).



Şekil 11. Kaşağıl Köyü ve yakın çevresinin jeoloji haritası (Okay ve Altınar, 2004'ten değiştirilerek).

Figure 11. Geological map of Kaşağıl Village and its surroundings (modified after Okay and Altınar, 2004)

Kaşağıl Köyü ve çevresinde iki tip kireçtaşı bulunmaktadır (Şekil 12). Bunlardan ilki beyazdan koyu griye doğru, kalın tabakalı ve masif, bölümsel olarak rekristalize fusulinid fosilleri içeren mikritik Permien kireçtaşlarıdır. Olistolitler şeklindeki bu kireçtaşları Türkiye'nin KB'sı boyunca Hodul biriminin üst kesimlerinde

yayılım gösterir (Okay ve Altınar, 2004). Kaşağıl bölgesinde ise bu Permien kireçtaşlarının bloklarının boyutları birkaç santimetreden, birkaç yüz metreye kadar değişir. Okay ve Altınar (2004) köy yakınlarındaki bloklardan örneklemeler yapmış ve bazı kireçtaşlarında geç Permien faunası bulmuştur.

İkinci tip kireçtaşları ise litolojik olarak farklıdır. Permo-Karbonifer yaşlı bu kireçtaşı olistolitleri sadece üç blok halinde görülmekte ve aralarındaki mesafe 100-500 m arasındadır. Hodul Birimi içindeki bu geç Triyas kireçtaşı, bölgede Kaşal Kireçtaşı Üyesi olarak isimlendirilmiştir ve etrafı silttaşları ve şeyllerle çevrilidir (Şekil 12 ve 13).

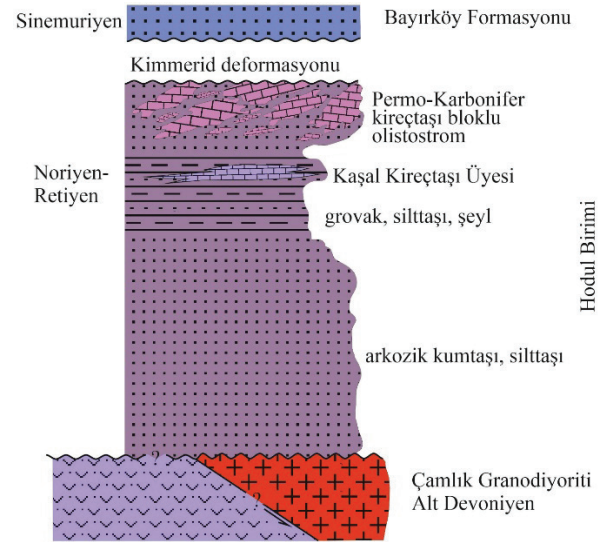
Kaşal Kireçtaşı Üyesi, çok renkli ve orta-kalın tabakalı olup mercan, brakiyopod, lamellibrans, krinoid, gastropod, alg, bryozoa ve sünger spikülleri içermektedir. Okay ve Altınar (2004), birimin muhtemelen dar ve kesintili bir alanda, mercer biçiminde yersel resif tepelikleri ya da bankları şeklinde çamurlu bir deniz tabanında çökelmiş olduğunu belirtir.

PALEONTOLOJİ

Kaşağıl Köyü civarında yer alan Kaşal Kireçtaşı Üyesi içindeki bloklarda yapılan çalışmalardan, toplamda beş stratigrafik kesit ölçülmüş olup, bu kesitlerden 72 adet örnek alınmıştır (Şekil 14, 15 ve 16).

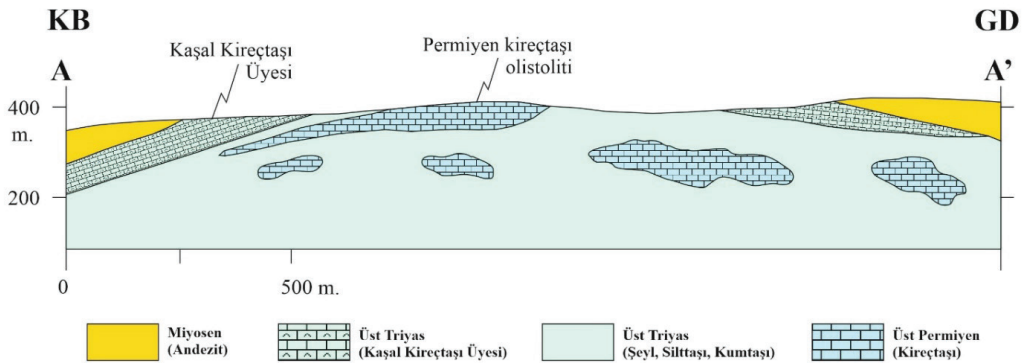
Bu ölçülü stratigrafik kesitlerden, Kaşağıl-1 ÖSK'dan elde edilen; brakiyopod, krinoid, gastropod, hidrozoa, gibi makro formların yanı sıra, *Archaediscus* sp., *Endothyra* sp., *Geinitzina* sp., *Globivalvulina* sp., *Glomospira* sp., *Glomospirella* sp., *Hemigordiopsis* sp.,

Hemigordius cf. *renzi* REICHEL, *Hemigordius* sp., *Lageniidae*, *Mizzia velebitana* SCHUBERT, *Mizzia* sp., *Neoschwagerina* sp., *Pachyphloia* sp., *Palaeotextularia* sp., *Permocalculus* sp., *Schwagerinidae*, *Sichotenella* sp., *Tetrataxis* sp., *Tuberitina* sp. foraminifer türleri üst Permiyen yaşını verir.



Şekil 12. Kaşağıl Köyü çevresinde Hodul birimi içerisinde gözlenen Kaşal Kireçtaşı Üyesi (Okay ve Altınar, 2004).

Figure 12. Kaşal Limestone Member observed within the Hodul Unit around the Kaşağıl Village (Okay and Altınar, 2004).



Şekil 13. Kaşağıl Köyü ve yakın çevresi jeoloji enine kesiti (Okay ve Altınar, 2004).

Figure 13. Geological cross-section of Kaşağıl Village and its surroundings (Okay and Altınar, 2004).

Kaşağıl-2 ÖSK'dan elde edilen; *Hemigordius* sp. *H. irregularis*, *Geinitzina* sp., *Glomospira* sp., *Glomospirella* sp., *Hemigordius* sp., *Lageniidae*, *Schwagerinidae*, *Permocalculus* sp. foraminifer türleri üst Permien yaşını verir.

Kaşağıl-3 ÖSK'dan elde edilen; ammonit, brakiyopod, bryozoa, ekinit, bivalv gibi makro formların yanı sıra, *Aulotortus* gr. *friedly* KRISTAN-TOLLMAN, *Aulotortus* gr. *sinuosus* WEYNSCHENK, *Aulotortus* sp., *Duostominidae*, *Duotaxis* sp., *Fronicularia* sp., *Galeanella* cf. *tolmanni* KRISTAN, *Galeanella* sp., *Lageniidae*, *Miliolipora* *cuvilleri* BRÖNNIMANN & ZANINETTI, *Miliolipora* sp., *Ophthalmidium* cf. *triadicum*, *Ophthalmidium* cf. *leischneri*, *Ophthalmidium* sp., *Semiinvoluta* cf. *clari* KRISTAN, *Sigmoilina* sp., *Triasina* sp., *Triasina hantkeni* MAJZON, *Trocholina* *turris* FRENTZEN, *Trocholina umbo* FRENTZEN, foraminifer türleri Noriyen-Resiyen yaşını verir.

Kaşağıl-4 ÖSK'dan elde edilen; ammonit, brakiyopod, bryozoa, krinoid, gibi makro formların yanı sıra, *Auloconus* sp., *Aulotortus* *permodiscoides* OBERHAUSER, *Aulotortus* gr. *sinuosus* WEYNSCHENK, *Aulotortus* sp., *Duostominidae*, *Duotaxis* sp., *Endothyra* sp., *Fronicularia* sp., *Galeanella* cf. *tolmanni* KRISTAN, *Galeanella* sp., *Geinitzina* sp., *Globivalvulina* sp., *Glomospira* sp., *Glomospirella* sp., *Hemigordiopsis* sp., *Hemigordius* cf. *renzi* REICHEL, *Hemigordius* sp., *Lageniidae*, *Miliolipora* *cuvilleri* BRÖNNIMANN & ZANINETTI, *Miliolipora* sp., *Mizzia* *velebitana* SCHUBERT, *Mizzia* sp., *Neoschwagerina* sp., *Ophthalmidium* cf. *triadicum* KRISTAN, *Ophthalmidium* cf. *LEISCHNERI*, *Ophthalmidium* sp., *Pachyphloia* sp., *Palaeotextularia* sp., *Permocalculus* sp., *Schwagerinidae*, *Semiinvoluta* cf. *clari* KRISTAN, *Sichotenella* sp., *Sigmoilina* sp., *Tetrataxis* sp., *Triasina* sp., *Triasina hantkeni* MAJZON, *Trocholina* cf. *turris* KRISTAN, *Trocholina umbo* FRENTZEN, *Tuberitina* sp. foraminifer türleri Noriyen-Resiyen yaşını verir.

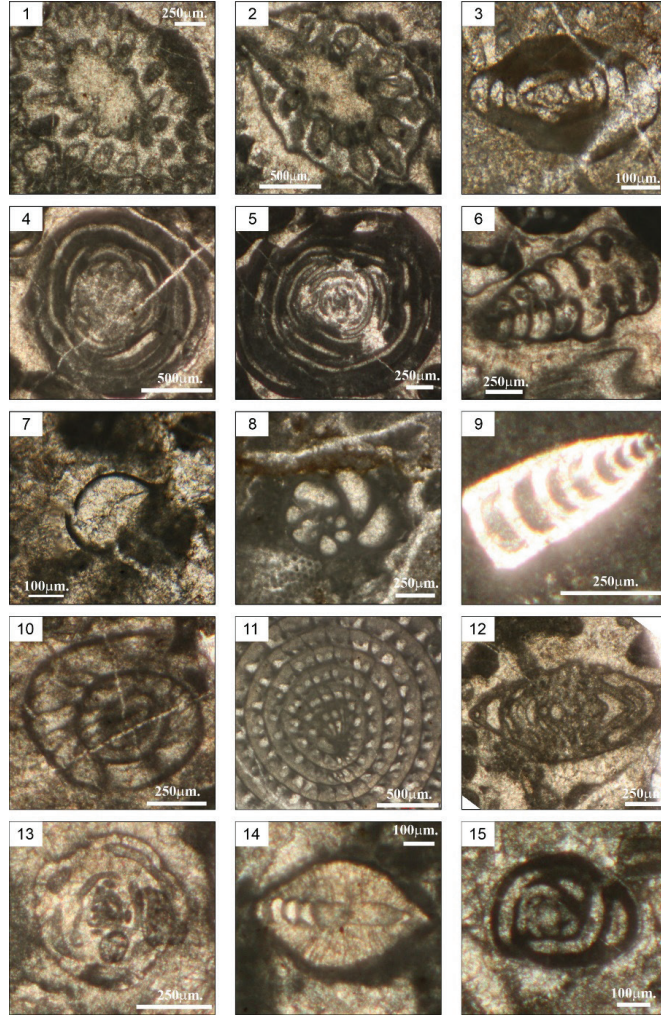
Kaşağıl-5 ÖSK'dan elde edilen; brakiyopod, bryozoa, ekinit, gastropod, hidrozoa, bivalv gibi makro formların yanı sıra, *Galeanella* cf. *tolmanni* KRISTAN, *Aulotortus* sp., *Endothyra* sp., *Galeanella* sp., *Ophthalmidium* sp., *Semiinvoluta* sp., *Sigmoilina* sp., *Duostominidae*, *Lageniidae*, *Miliolipora* sp. foraminifer türleri Noriyen-Resiyen yaşını verir.

Ölçülen stratigrafi kesitlerinin en genç seviyelerini oluşturan tabakalar içerisinde tespit edilen formlardan birinin *Involutina ? jurassica* JONES formu ile olan benzerliği nedeniyle yakın gelecekte bu çalışmaların devam ettirilmesi hedeflenmektedir.

SONUÇ ve ÖNERİLER

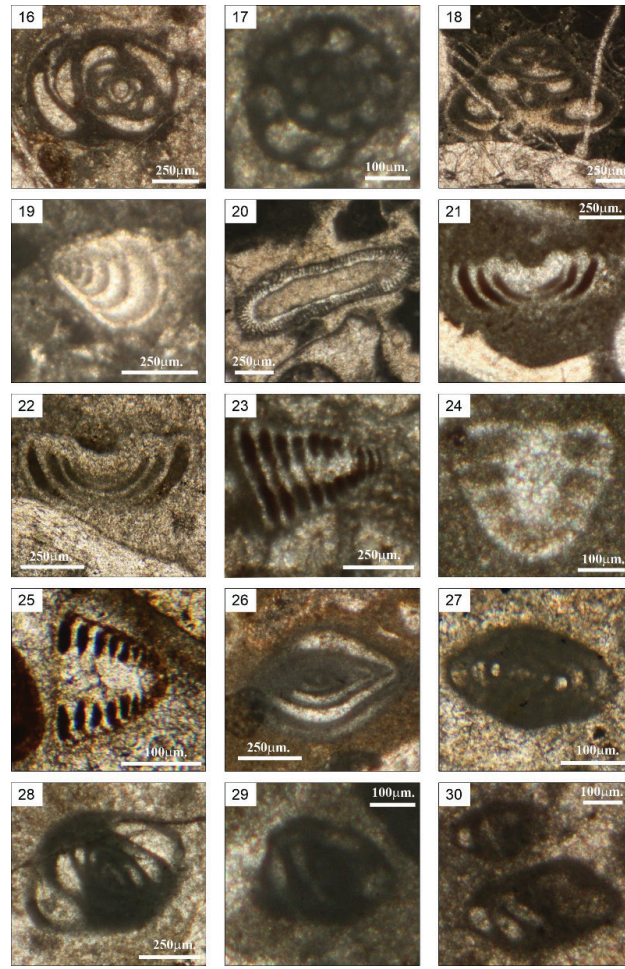
Balıkesir-İvrindi ilçesinin BGB'sında yer alan Kaşağıl Köyü civarında yer alan Kaşal Kireçtaşı Üyesi içindeki bloklarda yapılan çalışmalardan, toplamda beş stratigrafik kesit ölçülmüş olup, 72 örnek alınmıştır. Daha sonra alınan bu örneklerden 144 ince kesit yaptırılıp mikroskopta incelenmiştir. Yapılan mikroskop çalışmaları sonucunda; ammonit, brakiyopod, bryozoa, krinoid, ekinit, gastropod, hidrozoa, bivalv gibi makrofosillerin yanı sıra, Permo-Triyas yaşlı;

Archaeodiscus sp., *Auloconus* sp., *Aulotortus* gr. *friedly* KRISTAN-TOLLMAN, *Aulotortus* *permodiscoides* OBERHAUSER, *Aulotortus* gr. *sinuosus* WEYNSCHENK, *Aulotortus* sp., *Duostominidae*, *Duotaxis* sp., *Endothyra* sp., *Fronicularia* sp., *Galeanella* cf. *tolmanni* KRISTAN, *Galeanella* sp., *Geinitzina* sp., *Globivalvulina* sp., *Glomospira* sp., *Glomospirella* sp., *Hemigordiopsis* sp., *Hemigordius* cf. *renzi* REICHEL, *Hemigordius* sp., *Lageniidae*, *Miliolipora* *cuvilleri* BRÖNNIMANN & ZANINETTI, *Miliolipora* sp., *Mizzia* *velebitana* SCHUBERT, *Mizzia* sp., *Neoschwagerina* sp., *Ophthalmidium* cf. *triadicum* KRISTAN, *Ophthalmidium* cf. *LEISCHNERI*, *Ophthalmidium* sp., *Pachyphloia* sp., *Palaeotextularia* sp., *Permocalculus* sp., *Schwagerinidae*, *Semiinvoluta* cf. *clari* KRISTAN, *Sichotenella* sp., *Sigmoilina* sp., *Tetrataxis* sp., *Triasina* sp., *Triasina hantkeni* MAJZON, *Trocholina* cf. *turris* KRISTAN, *Trocholina umbo* FRENTZEN, *Tuberitina* sp. foraminifer türleri elde edilmiştir.



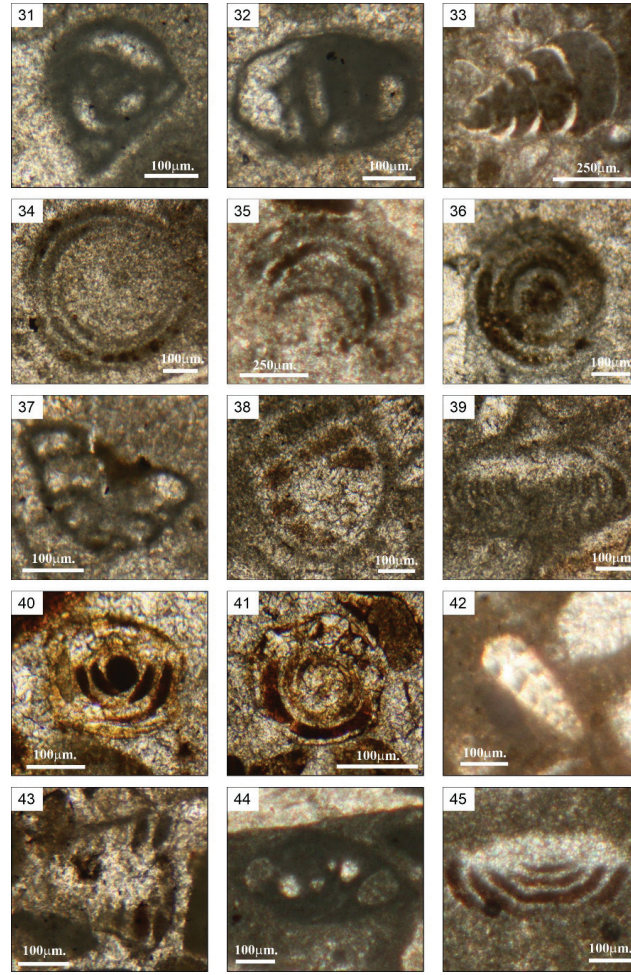
Şekil 14. Ölçülü stratigrafik kesitlerden elde edilen foraminifer türleri. 1) *Mizzia* sp.; ÖSK 1, İKT1510 (Ölçek 250 µm.), 2) *Mizzia velebitana* SCHUBERT; ÖSK 1, İKT1523 (Ölçek 500 µm.), 3) *Hemigordius* cf. *renzi* REICHEL; ÖSK 1, İKT1501 (Ölçek 100 µm.), 4) *Hemigordius* sp.; ÖSK 1, İKT1516 (Ölçek 500 µm.), 5) *Hemigordiopsis* sp.; ÖSK 1, İKT1522 (Ölçek 250 µm.), 6) *Palaeotextularia* sp.; ÖSK 1, İKT1522 (Ölçek 250 µm.), 7) *Tuberitina* sp.; ÖSK 1, İKT1508 (Ölçek 100 µm.), 8) *Globivalvulina* sp.; ÖSK 1, İKT1524 (Ölçek 250 µm.), 9) *Lageniidae*; ÖSK 3, İKT1529 (Ölçek 250 µm.), 10) *Schwagerinidae*; ÖSK 1, İKT1513 (Ölçek 250 µm.), 11) *Neoschwagerina* sp.; ÖSK 1, İKT1522 (Ölçek 500 µm.), 12) *Sichotenella* sp.; ÖSK 1, İKT1527 (Ölçek 250 µm.), 13) *Archaediscus* sp.; ÖSK 1, İKT1505 (Ölçek 250 µm.), 14) *Pachyphloia* sp.; ÖSK 1, İKT1516 (Ölçek 100 µm.), 15) *Glomospira* sp.; ÖSK 2, İKT1558 (Ölçek 100 µm.).

Figure 14. Foraminiferal species from the measured stratigraphical sections. 1) *Mizzia* sp.; ÖSK 1, İKT1510 (Ölçek 250 µm.), 2) *Mizzia velebitana* SCHUBERT; ÖSK 1, İKT1523 (Ölçek 500 µm.), 3) *Hemigordius* cf. *renzi* REICHEL; ÖSK 1, İKT1501 (Ölçek 100 µm.), 4) *Hemigordius* sp.; ÖSK 1, İKT1516 (Ölçek 500 µm.), 5) *Hemigordiopsis* sp.; ÖSK 1, İKT1522 (Ölçek 250 µm.), 6) *Palaeotextularia* sp.; ÖSK 1, İKT1522 (Ölçek 250 µm.), 7) *Tuberitina* sp.; ÖSK 1, İKT1508 (Ölçek 100 µm.), 8) *Globivalvulina* sp.; ÖSK 1, İKT1524 (Ölçek 250 µm.), 9) *Lageniidae*; ÖSK 3, İKT1529 (Ölçek 250 µm.), 10) *Schwagerinidae*; ÖSK 1, İKT1513 (Ölçek 250 µm.), 11) *Neoschwagerina* sp.; ÖSK 1, İKT1522 (Ölçek 500 µm.), 12) *Sichotenella* sp.; ÖSK 1, İKT1527 (Ölçek 250 µm.), 13) *Archaediscus* sp.; ÖSK 1, İKT1505 (Ölçek 250 µm.), 14) *Pachyphloia* sp.; ÖSK 1, İKT1516 (Ölçek 100 µm.), 15) *Glomospira* sp.; ÖSK 2, İKT1558 (Scale 100 µm.).



Şekil 15. Ölçülü stratigrafik kesitlerden elde edilen foraminifer türleri. 16) *Glomospirella* ? sp.; ÖSK 2, İKT1558 (Ölçek 250 µm.), 17) *Endothyra* sp.; ÖSK 1, İKT1523 (Ölçek 100 µm.), 18) *Tetrataxis* sp.; ÖSK 1, İKT1521 (Ölçek 250 µm.), 19) *Geinitzina* sp.; ÖSK 1, İKT1520 (Ölçek 250 µm.), 20) *Permocalculus* sp.; ÖSK 1, İKT1522 (Ölçek 250 µm.), 21) *Involutina* ? *jurassica* JONES; ÖSK 3, İKT1528 (Ölçek 250 µm.), 22) *Semiinvoluta clari* KRISTAN; ÖSK 3, İKT1543 (Ölçek 100 µm.), 23) *Trocholina turris* FRENTZEN; ÖSK 3, İKT1528 (Ölçek 250 µm.), 24) *Trocholina umbo* FRENTZEN; ÖSK 3, İKT1528 (Ölçek 100 µm.), 25) *Trocholina* cf. *turris* KRISTAN; ÖSK 4, İKT1549 (Ölçek 100 µm.), 26) *Ophthalmidium* cf. *LEISCHNERI*; ÖSK 3, İKT1531 (Ölçek 250 µm.), 27) *Ophthalmidium* cf. *triadicum* KRISTAN; ÖSK 3, İKT15233 (Ölçek 100 µm.), 28) *Ophthalmidium* sp.; ÖSK 3, İKT1533 (Ölçek 250 µm.), 29) *Miliolipora* sp.; ÖSK 3, İKT1534 (Ölçek 100 µm.), 30) *Miliolipora cuvillieri* BRÖNNIMANN&ZANINETTI; ÖSK 3, İKT1535 (Ölçek 100 µm.).

Figure 15. Foraminiferal species from the measured stratigraphical sections. 16) *Glomospirella* ? sp.; ÖSK 2, İKT1558 (Scale 250 µm.), 17) *Endothyra* sp.; ÖSK 1, İKT1523 (Scale 100 µm.), 18) *Tetrataxis* sp.; ÖSK 1, İKT1521 (Scale 250 µm.), 19) *Geinitzina* sp.; ÖSK 1, İKT1520 (Scale 250 µm.), 20) *Permocalculus* sp.; ÖSK 1, İKT1522 (Ölçek 250 µm.), 21) *Involutina* ? *jurassica* JONES; ÖSK 3, İKT1528 (Scale 250 µm.), 22) *Semiinvoluta clari* KRISTAN; ÖSK 3, İKT1543 (Scale 100 µm.), 23) *Trocholina turris* FRENTZEN; ÖSK 3, İKT1528 (Scale 250 µm.), 24) *Trocholina umbo* FRENTZEN; ÖSK 3, İKT1528 (Scale 100 µm.), 25) *Trocholina* cf. *turris* KRISTAN; ÖSK 4, İKT1549 (Scale 100 µm.), 26) *Ophthalmidium* cf. *LEISCHNERI*; ÖSK 3, İKT1531 (Scale 250 µm.), 27) *Ophthalmidium* cf. *triadicum* KRISTAN; ÖSK 3, İKT15233 (Scale 100 µm.), 28) *Ophthalmidium* sp.; ÖSK 3, İKT1533 (Scale 250 µm.), 29) *Miliolipora* sp.; ÖSK 3, İKT1534 (Scale 100 µm.), 30) *Miliolipora cuvillieri* BRÖNNIMANN & ZANINETTI; ÖSK 3, İKT1535 (Scale 100 µm.).



Şekil 16. Ölçülü stratigrafik kesitlerden elde edilen foraminifer türleri. 31) *Galeanella tolmanni* KRISTAN; ÖSK 3, İKT1543 (Ölçek 100 µm.), 32) *Galeanella* sp.; ÖSK 4, İKT1553 (Ölçek 100 µm.), 33) *Duotaxis* sp.; ÖSK 3, İKT1529 (Ölçek 250 µm.), 34) *Triasina hantkeni* MAJZON; ÖSK 3, İKT1534 (Ölçek 100 µm.), 35) *Triasina* sp.; ÖSK 3, İKT1539 (Ölçek 250 µm.), 36) *Triasina hantkeni* KRISTAN; ÖSK 3, İKT1543 (Ölçek 100 µm.), 37) *Duostominidae*; ÖSK 3, İKT1534 (Ölçek 100 µm.), 38) *Aulotortus* gr. *friedly* KRISTAN-TOLMANN; ÖSK 3, İKT1545 (Ölçek 100 µm.), 39) *Aulotortus permodiscoides* OBERHAUSER; ÖSK 3, İKT1545 (Ölçek 100 µm.), 40) *Aulotortus* gr. *sinuosus* WEYNSCHENK; ÖSK 4, İKT1549 (Ölçek 100 µm.), 41) *Aulotortus* sp.; ÖSK 4, İKT1549 (Ölçek 100 µm.), 42) *Frondicularia* sp.; ÖSK 3, İKT1541 (Ölçek 100 µm.), 43) *Auloconus* sp.; ÖSK 4, İKT1549 (Ölçek 100 µm.), 44) *Sigmolilina* sp.; ÖSK 5, İKT1561 (Ölçek 100 µm.), 45) *Semiinvoluta* sp.; ÖSK 3, İKT1528 (Ölçek 100 µm.).

Figure 16. Foraminiferal species from the measured stratigraphical sections. 31) *Galeanella tolmanni* KRISTAN; ÖSK 3, İKT1543 (Scale 100 µm.), 32) *Galeanella* sp.; ÖSK 4, İKT1553 (Scale 100 µm.), 33) *Duotaxis* sp.; ÖSK 3, İKT1529 (Scale 250 µm.), 34) *Triasina hantkeni* MAJZON; ÖSK 3, İKT1534 (Scale 100 µm.), 35) *Triasina* sp.; ÖSK 3, İKT1539 (Scale 250 µm.), 36) *Triasina hantkeni* KRISTAN; ÖSK 3, İKT1543 (Scale 100 µm.), 37) *Duostominidae*; ÖSK 3, İKT1534 (Scale 100 µm.), 38) *Aulotortus* gr. *friedly* KRISTAN-TOLMANN; ÖSK 3, İKT1545 (Scale 100 µm.), 39) *Aulotortus permodiscoides* OBERHAUSER; ÖSK 3, İKT1545 (Scale 100 µm.), 40) *Aulotortus* gr. *sinuosus* WEYNSCHENK; ÖSK 4, İKT1549 (Scale 100 µm.), 41) *Aulotortus* sp.; ÖSK 4, İKT1549 (Scale 100 µm.), 42) *Frondicularia* sp.; ÖSK 3, İKT1541 (Scale 100 µm.), 43) *Auloconus* sp.; ÖSK 4, İKT1549 (Scale 100 µm.), 44) *Sigmolilina* sp.; ÖSK 5, İKT1561 (Scale 100 µm.), 45) *Semiinvoluta* sp.; ÖSK 3, İKT1528 (Scale 100 µm.).

Ölçtüğümüz stratigrafi kesitlerinin en genç seviyelerini oluşturan tabakalar içerisinde tespit edilen formlardan birinin *Involutina ? jurassica* JONES formu ile olan benzerliği nedeniyle yakın gelecekte bu çalışmaların devam ettirilmesi hedeflenmektedir.

EXTENDED SUMMARY

Karakaya Complex is a general tectonostratigraphic term used for the strongly deformed and locally metamorphosed Permo-Triassic orogenic series in the Pontides, extending >1100 km from Iran to the Aegean Sea (Pickett and Robertson, 2004). The Karakaya Complex contains different lithological units consisting of blocks of spilitic basalt, diabase, gabbro, mudstones, chert and radiolarites, and intercalated feldspar sandstone, quartzite, conglomerate and siltstone.

For the Karakaya Complex, Bingöl (1968) gave an Early Triassic age for the Permian-aged limestone blocks it contains and the Middle Triassic-aged limestone blocks claimed to unconformably cover it. Then Okay et al. (1995) investigated the region and stated that the complex consists of four different tectonostratigraphic units of similar age, but reflecting different basin conditions and tectonic environments. These are the Nilüfer unit, Hodul unit, Orhanlar greywacke, and Çal unit.

Akyüz and Okay (1998) determined that the Nilüfer unit consisted of two formations: Kiraz Metamorphite, which consists of volcano-sedimentary rocks at the bottom, and the Çaltepe Marble overlying them, as in the Nilüfer unit. The Nilüfer unit has a wide outcrop area in the Sakarya Zone, which starts from the Biga peninsula in NW Anatolia and extends to the Eastern Black Sea region and is observed in the north of the İzmir-Ankara Erzincan Suture Zone (Okay et al., 1990, 1996). The Middle Triassic age of the unit, which was given a Middle Triassic-age based on

the conodont fossils detected in the carbonate intermediate levels observed intercalated with metabasites, is covered by Liassic-aged clasts in different parts of NW Anatolia (Okay et al., 1990). Its sedimentation age was accepted as Triassic and its metamorphism age was accepted as Late Triassic (Akyüz and Okay, 1998).

The Hodul unit, the most commonly observed unit within the Karakaya Complex, consists of light grey and white feldspar sandstone intercalated with dark grey and black shale siltstones and Kaşal Limestone, which was probably deposited on a muddy seabed in the form of lens-shaped local reef mounds or banks in a narrow, discontinuous area. The Hodul unit consists of members which also contain spilite and sparse recrystallized limestone blocks of varying sizes, black chert and recrystallized limestone levels. Feldspathic sandstones, which are aligned side by side with a steep tectonic contact with the Nilüfer unit in the east, are covered with Miocene volcanic and sedimentary rocks in the north and south, and show unit-grade bedding with a typical turbiditic stacking feature, seen intercalated with thin laminated shales.

The unit consisting of rare limestone spilite blocks within a monotonous greywacke and shale matrix within the Karakaya Complex was first described as the Orhanlar layers by Brinkmann (1971), the Dışkaya Formation including the Hodul Unit by Kaya et al. (1986, 1989), and later Okay et al. (1990) named it as Orhanlar Greywacke. The Orhanlar Greywacke consists of greywacke that is yellowish brown in colour, mostly altered, very sparsely layered, and has spherical weathering in places.

The unit which was first called the Çalköy series by Blanc was included in the Karakaya Formation by Bingöl et al. (1973), and in the Ortaköy Formation by Akyürek et al. (1984) and Okay et al. (1984). Okay et al. (1990) named it as Play Unit. The Çal unit generally crops out in

the area between Çan, Yenice and Biga. Pelagic limestone and burgundy-brown radiolarites and mudstone interlayers are observed occasionally within the Çal unit, and limestone (Permian) olistoliths. Within the unit, Permian-aged limestones are located in the form of olistoliths and olistostromes of different sizes, and the distribution and ratio of the lithologies forming the unit change very frequently in the lateral direction (Okay et al., 1990).

Although a lot of data has been produced since the Karakaya Complex was first described by Bingöl et al. (1973), Tekeli (1981) put forward the "Subduction-Subduction Model" in his study. Two important and widely accepted models were suggested, as follows:

1. *The Rift Model.* Previously, Bingöl et al. (1973) assumed that the Karakaya rift was only intracontinental, but Şengör and Yılmaz (1981) demonstrated the definitive existence of crustal lithologies within the Karakaya Complex and accepted that the Karakaya lift formation developed in an Oceanside basin. In the Rift Formation model, they assumed that Permian-Carboniferous exotic limestone blocks were derived from the edges of the rift during uplift.

2. *The Subduction Accretion Model.* The model suggests that the Karakaya Complex was formed as a result of subduction and accretion of oceanic crust during the Late Paleozoic and Triassic periods. It is accepted that the various units of the complex are formed by the formation of the oceanic crust at the edges or during subduction, oceanic plateaus in sub-ocean seamounts, or narrow continental margin pieces (Okay, 2000).

In this study, based on the Subduction-Subduction Model defined by Okay and Göncüoğlu (2004), the biostratigraphic characteristics of the blocks around Kaşagıl Village were studied, and field and laboratory studies were carried out in this context.

A total of five stratigraphic sections were measured and 72 samples were taken from the studies carried out in the blocks within the Kaşal Limestone Member, located around the Kaşagıl Village in the BSW of Balıkesir-İvrindi district. Following this, 144 thin sections were made from these samples and examined under a microscope.

As a result of the microscope studies, Permo-Triassic-aged macro forms such as ammonite, brachiopod, briozoa, crinoid, echinite, gastropod, hydrozoa and bivalve were found, and the following foraminiferal fauna were identified:

Archaediscus sp., *Auloconus* sp., *Aulotortus* gr. *friedly* KRISTAN-TOLLMAN, *Aulotortus* *permodiscoides* OBERHAUSER, *Aulotortus* gr. *sinuosus* WEYNSCHENK, *Aulotortus* sp., *Duostominidae*, *Duotaxis* sp., *Endothyra* sp., *Fronicularia* sp., *Galeanella* cf. *tolmanni* KRISTAN, *Galeanella* sp., *Geinitzina* sp., *Globivalvulina* sp., *Glomospira* sp., *Glomospirella* sp., *Hemigordiopsis* sp., *Hemigordius* cf. *renzi* REICHEL, *Hemigordius* sp., *Lageniidae*, *Miliolipora* *cuvilleri* BRÖNNIMANN & ZANINETTI, *Miliolipora* sp., *Mizzia* *velebitana* SCHUBERT, *Mizzia* sp., *Neoschwagerina* sp., *Ophthalmidium* cf. *triadicum* KRISTAN, *Ophthalmidium* cf. *LEISCHNERI*, *Ophthalmidium* sp., *Pachyphloia* sp., *Palaeotextularia* sp., *Permocalculus* sp., *Schwagerinidae*, *Semiinvoluta* cf. *clari* KRISTAN, *Sichotenella* sp., *Sigmoilina* sp., *Tetrataxis* sp., *Triasina* sp., *Triasina* *hantkeni* MAJZON, *Trocholina* cf. *turris* KRISTAN, *Trocholina* *umbo* FRENTZEN, *Tuberitina* sp.

One of the forms detected in the layers that constitute the youngest levels of the stratigraphic sections we measured is due to its similarity with *Involutina* ? *jurassica* JONES form. This study is aimed to be continued in the future.

KATKI BELİRTME

Makalenin hazırlanması aşamasında Paleontolojik determinasyonlardaki katkılarından ötürü Sayın Jeoloji Yük. Müh. Kemal Erdoğan'a (MTA Gen. Müd.) teşekkür ederiz.

ORCID

Nagihan Çağlar  <https://orcid.org/0000-0002-5379-6546>

Ali Murat Kılıç  <https://orcid.org/0000-0003-4679-1111>

KAYNAKÇA / REFERENCES

- Akyürek, B., Bilginer, E., Akbaş, B., Hepşen, N., Sunu, O., Soysal, Y. (1984). Ankara-Elmadag-Kalecik dolayının temel jeoloji özellikleri. *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, 20, 31-46.
- Akyüz, S. ve Okay, A.İ. (1998). Manyas güneyinin (Balıkesir) jeolojisi ve mavi şistlerin tektonik konumu. *Maden Tetkik ve Arama Dergisi*, 120, 105-120.
- Aslaner, M. (1965). Etude geologique et petrographiques de la region d'Edremit-Havran. *MTA Yayınları no. 110*, 98.
- Aygen, T. (1956). Etude geologique de la region de Balya. *Publ. de l'Institut d'Etudes et de Research. Mineral en Turquie, Serie D*, No 11.
- Bailey, E. B. & McCallien, W. J. (1950). The Ankara Melange and the Anatolian Thrust. *Nature* 166, 938-941.
- Bailey, E.B. & McCallien, W.J. (1953). Serpentine lavas, the Ankara melange and the Anatolian thrust. *Transactions of the Royal Society of Edinburgh* 62, 403-442.
- Bingöl, E. (1968). Contribution à l'étude geologique de la partie Centrale et Sud-Est du massif de Kazdağ (Turquie). These du Doctorat, Faculty of Scientific University Nancy, 191 p., Fransa.
- Bingöl, E., Akyürek, B. ve Korkmazer, B. (1973). Biga Yarımadası'nın jeolojisi ve Karakaya Formasyonunun bazı özellikleri. *Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü, Cumhuriyetin 50. Yılı Yerbilimleri Kongresi Tebliğleri*, (s.:70-77).
- Blanc, P. (1965). Serie stratigraphique de Çal Köy (Anatolie Occidentale, Turquie): presence de spilites dans le Permien. *Societe Geologique de France, Comptes Rendus*, 3, 100-102.
- Brinkmann, R. (1971). Jungpalaeozoikum und alteres Mesozoikum in NW Anatolien. *Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü (MTA) Dergisi*, 76, 56-67.
- Dickinson, W. R. & Seely, D. R. (1979). Structure and stratigraphy of forearc regions. *American Association of Petroleum Bulletin*, 63, 2-31.
- Duru, M., Pehlivan, Ş., Okay, A.İ., Şentürk, Y. ve Kar, H. (2012). Biga Yarımadası'nın Tersiyer öncesi jeolojisi. Biga Yarımadası'nın Genel ve Ekonomik Jeolojisi, *Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Özel Yayın Serisi*, 28, 7-74.
- Ercan, T., Ergül, E., Akçaören, F., Çetin, A., Granit, S. ve Asutay, J. (1990). Balıkesir-Bandırma arasının jeolojisi, Tersiyer volkanizmasının petrolojisi ve bölgesel yayılımı. *Maden Tetkik ve Arama Dergisi*, 110, 113-130.
- Ergül, E., Öztürk, Z., Akçaören, F. ve Gözler, M.Z. (1980). *Balıkesir ili-Marmara Denizi arasının jeolojisi* (Rapor No: 6760). Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü.
- Ergül, E., Gözler, M.Z. ve Akçaören, F. (1986). 1/100000 ölçekli açınama nitelikli Türkiye jeoloji haritaları serisi Balıkesir-F6 paftası. *Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Yayınları*.
- Erol, O. (1956). Ankara Güneydoğusundaki Elma Dağı ve Çevresinin Jeolojisi ve Jeomorfolojisi Üzerinde Bir Araştırma [A study of the Geology and Geomorphology of the Region of Elmadag, Southeast of Ankara]. *Special Publication, Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü*, Ankara, Serie D 9.
- Erk, A. S. (1942). Etude geologique de la region entre Gemlik et Bursa (Turquie), Special Publication. *Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü (MTA), Serie B* 9, 295.
- Genç, Ş. C. (1986). *Uludağ-İznik Gölü arasının jeolojisi* (Rapor No: 7853). Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü.
- Gümüş, A. (1964). Contribution a l'étude geologique du secteur septentrional de Kalabak Köy - Eymir Köy (region d'Edremit), Turquie. Special Publication. *Maden Tetkik Arama Enstitüsü*, 117, 109.
- Kaya, O., Wiedmann, J. and Kozur, H. (1986). Preliminary report on the stratigraphy, age and structure of the so-called Late Paleozoic and/or

- Triassic “melange or “suture zone complex” of Northwestern and western Turkey. *Yerbilimleri*, 13, 1-16.
- Kaya, O., Özkoçak, O. and Lisenbee, A. (1989). Stratigraphy of the pre Jurassic blocky sedimentary rocks to the south of Bursa, NW Turkey. *Mineral Research and Exploration of Turkey (MTA) Bulletin*, 109, 15-24.
- Koçyiğit, A. (1987). Hasanoğlan (Ankara) yöresinin tektono-stratigrafisi: Karakaya orojenik kuşağının evrimi. *Yerbilimleri*, 14, 269-294.
- Krushensky, R., Akçay, Y. and Karaege, E. (1980). Geology of the Karalar-Yeşiller area, Northwest Anatolia, Turkey. *Bulletin, U.S.A., Geological Survey*, 1461. <https://doi.org/10.3133/b1461>
- Leven, E. J. & Okay, A. İ (1996). Foraminifera from the exotic Permo-Carboniferous limestone blocks in the Karakaya Complex, northwest Turkey. *Rivista Italiana Paleontologia e Stratigrafia*, 102, 139-174.
- Okay, A.İ. (2000). Was the Late Triassic orogeny in Turkey caused by the collision of an oceanic plateau?. In E. Bozkurt, J. A. Winchester, & J. A. D. Piper D. (Eds.), *Tectonics and Magmatism in Turkey and Surrounding Area. Geological Society, Special Publications* (pp. 25-41), London.
- Okay, A.İ. & Altınır, D. (2004). Uppermost Triassic limestone in the Karakaya Complex - stratigraphic and tectonic significance. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 13, 187-199.
- Okay, A. İ. & Göncüoğlu, M. C. (2004). The Karakaya Complex: A review of data and concepts. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 13, 77-95.
- Okay, A.İ., Siyako, M. ve Bürkan, K. A. (1990). Biga yarımadasının jeolojisi ve tektonik evrimi. *Türkiye Petrol Jeologları Derneği Bülteni*, 2(1), 83-121.
- Okay, A. İ., Satır, M., Maluski, H., Siyako, M., Monie, P., Metzger, R., et al. (1996). Paleo and Neo-Tethyan events in NW Turkey: Geologic and geochronologic constraints. A. Yin and T.M. Harrison (Eds.), *The Tectonic Evolution of Asia, World and Regional Geology* (pp. 420-441).
- Okay, A.D., Siyako, M. ve Bürkan, K.A. (1990). Biga Yarımadasının jeolojisi ve tektonik evrimi. *Türkiye Petrol jeologlar; Derneği Bülteni*, 2(1), 83-121.
- Pickett, E. A. & Robertson, A. H. F. (2004). Significance of the Triassic volcanogenic Nilüfer Unit for Paleotethys and the Karakaya suture zone in NW Turkey. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 13, 97-143.
- Şengör, A. M. C. (1984). The Cimmeride Orogenic System and the Tectonics of Eurasia. *Geological Society of America, Special Paper*, 195, 82. <https://doi.org/10.1130/SPE195-p1>
- Şengör, A.M.C. & Yılmaz, Y. (1981). Tethyan evolution of Turkey: A plate tectonic approach. *Tectonophysics*, 75, 181-241.
- Tekeli, O. (1981). Subduction complex of pre-Jurassic age, northern Anatolia, Turkey. *Geology*, 9, 68-72.
- Yalçinkaya, S. ve Avşar Ö.P. (1980). *Mustafakemalpaşa (Bursa) ve dolayının Jeolojisi* (Rapor No:6717). Amden Tetkik Arama Enstitüsü.



TÜRKİYE JEOLojİ BÜLTENİ

AMAÇ ve KAPSAM

Türkiye Jeoloji Bülteni (*Türkiye Jeol. Bül.*) 1947 yılından beri yayınlanan, Türkiye'nin en eski ve en çok tanınan dergilerinden biridir. Jeoloji Mühendisleri Odası (JMO) tarafından yılda üç sayı olarak yayınlanmaktadır. Dergi mühendislik jeolojisi dışındaki yerbilimleri konularında yayın kabul etmektedir. Bilhassa jeoloji, tektonik, yapısal jeoloji, jeokronoloji, jeokimya, sedimantoloji, biyostratigrafi, paleontoloji, mineraloji, magmatik ve metamorfik petroloji, maden yatakları, jeofizik, jeomorfoloji yanı sıra Çevre ve Kent Jeolojisi ile Ekonomik Jeoloji öncelikli konulardır. Bu konularda güncel bilim düzeyinde hem Türkçe hem de İngilizce dillerinde yayın kabul edilmektedir. Yayınlarda öncelik Türkiye ve çevresi, Doğu Akdeniz, Orta Doğu, Balkanlar, Karadeniz ve Hazar Denizi çevresi olmakla birlikte Dünya'nın diğer tüm kritik bölgelerinde yapılan düzeyli yayınlara da açıktır. Bu kapsamda yapılan araştırmaların bilimsel düzeyi yüksek sonuçlarını içeren makaleler hiçbir ücret almadan yayınlanmaktadır. Açık erişimli bir dergidir. Derginin hedef okuyucu kitlesi bu konu ve kapsamla ilgili tüm yerbilimcilerdir. Dergide daha çok orijinal araştırma makaleleri ve daha az sayıda derleme ve diğer bilimsel nitelikli yayınlara yer verilmektedir. Türkiye Jeoloji Kongresi ve diğer Ulusal ve uluslararası toplantıların seçilen oturumları, hakemli yayın işlemlerinden sonra özel sayı(lar)da yayınlanabilmektedir.

YAZILARIN HAZIRLANMASI

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

MAKALE SUNUM SÜRECİ ve ETİK BİLDİRİMİ

Tüm makaleler internet üzerinden <http://dergipark.gov.tr/tjb> adresindeki "Makale Gönder" menüsü aracılığıyla Türkiye Jeoloji Bülteni'ne elektronik ortamda gönderilmelidir. Bunun için önce DergiPark 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.

YAZIM KURALLARI

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 puntuyla (Times New Roman) yazılmalı, ayrıca tüm sayfalara numara verilmelidir.

Başlıklar şu şekilde olmalıdır:

ÖZ

ABSTRACT

GİRİŞ

ANA BAŞLIK

Birinci Derece Alt Başlık

İkinci derece alt başlık

Üçüncü derece alt başlık

SONUÇLAR VE TARTIŞMA

EXTENDED SUMMARY

KATKI BELİRTME

ORCID

KAYNAKLAR / REFERENCES

Kapak Sayfası

Yazıdan ayrı olarak sunulacak kapak sayfasında aşağıdaki bilgiler yer almalıdır:

- a. Yazının başlığı
- b. Yazar(lar)ın ad(lar)ı (ad ve soyadı kısaltılmadan)
- c. 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 örneklerle uygun olarak verilmelidir.

Ahmet Ahmetoğlu

Ankara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği
Bölümü, Tandoğan 06100 Ankara
e-posta: a_ahmetoglu@ankara.edu.tr
ORCID Numarası: 0000-0001-1458-0820

A. Hüsni Hüsnoğlu

MTA Genel Müdürlüğü, Jeolojik Etütler Dairesi, 06520 Ankara
e-posta: husnu56@mta.gov.tr
ORCID Numarası: 0000-0001-1458-0830

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 de İngilizce olarak verilmelidir. Türkçe hazırlanmış yazılarda Özden sonra “Abstract” (İtalik) yer almalı, İngilizce yazılarda ise italik yazılmış Türkçe Öz Abstract’ı izlemelidir.

Anahtar Kelimeler

Öz ve Abstract’ın altında en az 2-7 kelimeyi aşmayacak şekilde ve yazının 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

Metin İçinde Atıfların Yazılması

A. Yayında tek yazar varsa

Parantez içinde yazılması gerekiyorsa:

(Yazar1, Tarih) Ör: (Sönmez, 1996)

Metin içinde yazılması gerekiyorsa:

Yazar1 (Tarih) Ör: Sönmez (1996)

B. Yayında 2 yazar varsa

Parantez içinde yazılması gerekiyorsa:

(Yazar1 ve Yazar2, Tarih) Ör: (Merriman ve Frey, 1999)

Metin içinde yazılması gerekiyorsa:

Yazar1 ve Yazar2 (Tarih) Ör: Merriman ve Frey (1999)

C. Yayında 2’den fazla yazar varsa

Parantez içinde yazılması gerekiyorsa:

(Yazar1 vd., 1987) Ör: (Pettijohn vd., 1987)

Metin içinde yazılması gerekiyorsa:

Yazar1 vd. (1987) Ör: Pettijohn vd. (1987)

D. Arka arkaya birden fazla atıfta bulunulacaksa

Parantez içinde yazılması gerekiyorsa:

(Merriman ve Frey, 1999; Pettijohn vd., 1987; Sönmez, 1996)

Metin içinde yazılması gerekiyorsa:

Merriman ve Frey (1999), Pettijohn vd. (1987), Sönmez (1996)

E. Aynı yazarların aynı yıl içinde birden fazla yayınına atıfta bulunulduysa

Bu durumda Kaynaklar **bölümünde** makalelerin tarihlerinden sonra a, b, c gibi harfler verilir, metin içindeki atıflarda da tarihlerden sonraki harfler kullanılır.

Kaynakçada:

Ahmetoğlu, A. ve Hüsnuoğlu, H. (2022a). Makale Adı 1. *Sürelî yayının/derginin adı (kısaltılmamış)*, Cilt No(Sayı No), sayfa numaraları. Varsa DOI bilgisi

Ahmetoğlu, A. ve Hüsnuoğlu, H. (2022b). Makale Adı 2. *Sürelî yayının/derginin adı (kısaltılmamış)*, Cilt No(Sayı No), sayfa numaraları. Varsa DOI bilgisi

Metin içindeki atıflarda:

Parantez içinde yazılması gerekiyorsa: (Ahmetoğlu ve Hüsnuoğlu, 2022a)

Metin içinde yazılması gerekiyorsa: Ahmetoğlu ve Hüsnuoğlu (2022a)

Kaynaklar Bölümü

Aşağıdaki örnekler ile kesinlikle uyumlu olmalıdır

- TJB’de Türkçe yayınlanacak makalelerde: Kaynak çok isimli bir çalışma ise: Son isimden önce “ve” gelmelidir eğer kaynak İngilizce ise “&” kullanılmalıdır.
- Editörün belirtilmesi gereken çalışmalarda: Tek isim ise (Ed.) çoklu editör ise: Son isimden sonra (Ed. ler) eğer kaynak İngilizce ise (Eds.) yazılmalıdır.

A. Sürelî yayınlar:

A.1. Sürelî yayınların gösterilmesi:

Yazar ad(lar)ı, (Tarih). Makalenin başlığı. *Sürelî yayının/derginin adı (kısaltılmamış)*, Cilt No (Sayı No), sayfa numaraları. Varsa DOI bilgisi

Hoek, E. & David, M. (1990). Estimating Mohr – Coulomb friction and cohesion values from Hoek – Brown failure criterion. *International Journal of Rock Mechanics*, 27 (3), 220-229. [https://doi.org/10.1016/0148-9062\(90\)94333-O](https://doi.org/10.1016/0148-9062(90)94333-O)

A.2. Özel durumlar:

A.2.1. Eğer makale serbest erişimli bir internet sayfasından alındıysa:

Ketin, İ. (1949). Son on yılda Türkiye’de vukua gelen büyük depremlerin tektonik ve mekanik neticeleri hakkında. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 2(1), 1-13. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/tjb/issue/50279/650044>

A.2.2. Eğer makalenin makale numarası varsa:

Açlan, M., Oyan, V. & Köse, O. (2020). Petrogenesis and the evolution of Pliocene Timar basalts in the east of Lake Van, Eastern Anatolia, Turkey: A consequence of the partial melting of a metasomatized spinel-rich lithospheric mantle source. *Journal of African Earth Sciences*, 168, Article 103844. <https://doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2020.103844>.

B. Bildiriler:

Yazar ad(lar)ı, (Tarih). Bildirinin başlığı. Editör(ler), *Sempozyum veya Kongrenin Adı*, (bildirinin sayfa aralığı). Yayınevi. Varsa DOI bilgisi veya internet erişim bilgisi

Şanlıyüksel Yücel, D., İleri, B. (2019). Characterization of weak, stratified and clay bearing rock masses. H. Sözbilir, Ç. Özkaymak, B. Uzel, Ö. Sümer, M. Softa, Ç. Tepe, S. Eski (Ed.ler), 72. *Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiri Özleri ve Tam Metin Bildiriler Kitabı*, (s.63-64). Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları. https://www.jmo.org.tr/resimler/ekler/174e0f6fa731893_ek.pdf

C. Kitaplar:

C.1. Kitapların gösterilmesi:

Yazar ad(lar)ı, (Tarih). *Kitabın Adı* (ilk harfleri Büyük). Yayınevi. Varsa DOI bilgisi veya internet erişim bilgisi

Pettijohn, F. J., Potter, P. E. & Siever, R. (1987). *Sand and Sandstones* (2nd ed.). Springer-Verlag New York. <https://www.doi.org/10.1007/978-1-4612-1066-5>

Ketin, İ. (2016). *Genel Jeoloji, Yerbilimlerine Giriş* (9. Baskı). İTÜ Vakfı Yayınları.

C.2. Çeviri Kitapların Gösterilmesi:

Yazar ad(lar)ı, (Tarih). *Kitabın Çeviri Adı* (Çevirenlerin adı). Yayınevi. (Orijinal yayın tarihi). Varsa DOI bilgisi veya internet erişim bilgisi

Komatina, M. M. (2011). *Tıbbi Jeoloji: Jeolojik Ortamların İnsan Sağlığı Üzerindeki Etkileri* (Çev: Y. Örgün ve D. Bayrak). TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası (Orijinal yayın tarihi: 2001).

D. Kitapta Bölüm ise:

Yazar ad(lar)ı, (Tarih). Bölüm Adı. Editör(ler) *Kitap adı* (Bölümün sayfa aralığı). Yayınevi.

Merriman, R. J. & Frey, M. (1999). Patterns of very low-grade metamorphism in metapelitic rocks. In M. Frey & D. Robinson (Eds.), *Low Grade Metamorphism*, (pp. 61-107). Blackwell Sciences Ltd.

E. Raporlar ve Tezler:

E.1. Raporlar:

Yazar ad(lar)ı, Tarih. *Raporun başlığı* (Varsa rapor no). Kurum adı (Yayımlanma durumu).

Kellogg, H. E. (1960). *Stratigraphic report, Derik-Mardin area Petroleum District V, Southeast Turkey* (Rapor no: 1367). TPAO (yayımlanmamış).

E.2. Tezler:

Yazar adı, (Tarih). *Tezin başlığı* [Yayımlanma durumu ve derecesi]. Kuruluşun veya Üniversitenin Adı.

Sönmez, H. (1996). *TKİ ELİ Soma Linyitleri açık işletmelerinde eklemli kaya kütlesi içindeki şevlerin duraylılığının değerlendirilmesi* [Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi]. Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

F. Kişisel Görüşme:

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

G. İnternette İndirilen Bilgiler:

Kurumun veya internet sayfasının adı, (Erişim tarihi). Web adresi.

KRDAE, (2020, 02 Ocak). Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü. Deprem Bilgileri, Büyük Depremler. <http://www.koeri.boun.edu.tr/sismo/2/deprem-bilgileri/buyuk-depremler/>

H. Kaynak olarak kullanılan haritalar:

Konak, N. ve Ercan, T., 2002. *1/500.000 Türkiye Jeoloji Haritası Van Paftası*, (Şenel, M., (Ed.)). Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara.

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.

Eşitliklerde kullanılan alt ve üst indisler belirgin şekilde ve daha küçük karakterle yazılmalıdır. 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 CO_3^{--} yerine $Ca(2+)$ ve $CO_3(2-)$ tercih edilmelidir. Metinde eşitliklere “eşitlik (1)” şeklinde atıfta bulunulmalıdır. Gerekliyse, bilgisayar programı listeleri de net ve okunur şekilde ekte verilmelidir.

Çizelgeler

Çizelgeler, başlıklarıyla birlikte, Dergi’nin sayfalarındaki baskı alanını (15,8 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 dikey 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 EDITÖRLÜĞE GÖNDERİLMESİ

Makaleler yazım kurallarına uygun şekilde hazırlandıktan sonra DergiPark Akademik (dergipark.gov.tr/tjb) adresi üzerinden elektronik olarak sisteme yüklenmelidir.

TÜRKİYE JEOLojİ BÜLTENİ EDITÖRÜ

Prof. Dr. Erdiç YİĞİTBAŞ

Tel: 286 2180018-20088

e-posta: eyigitbas@comu.edu.tr

YAYIMA KABUL EDİLEN MAKALELERİN SUNUMU

Yazarlar, makalelerinin yayıma kabulü halinde, makalenin düzeltilmiş son halini DergiPark Sistemi üzerinden Editör'e göndermelidir. Makaleler *DOCX biçiminde hazırlanmalıdır. Tüm şekiller Corel Draw ile çizilmelidir. Bununla birlikte, şekillerin çözünürlükleri 300 dpi den az olmamalıdır. Hem çizim (CDR) hem de resim (JPG) dosyaları DergiPark Sistemi üzerinden 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.

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, yazarların 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.

ETİK İLKELER VE YAYIN POLİTİKASI

Türkiye Jeoloji Bülteni (*Türkiye Jeol. Bül.*) yayıncı ve kullanıcıları (Baş Editör, editörler, alan editörleri, yazarlar, hakemler, okuyucular vb.) Yayın Etiği Komitesi (COPE) tarafından belirlenen etik kurallara ve sorumluluklara uymalıdır.

Dergi Politikası:

Açık Erişim Politikası: *Türkiye Jeol. Bül.* hakemli bir dergidir. Basılı ve elektronik ortamda çevrimiçi yayın yapmakta olup açık erişim sistemine sahiptir. Dergi sayıları Ocak, Nisan ve Ağustos aylarında yılda üç kez yayınlanır. Yayın süreçlerinde, bilimsel yöntemle özgürce ve yansız biçimde üretilen bilginin paylaşılması gözetilir. Makale değerlendirme sürecinde kör hakemlik sistemi uygulanır. *Türkiye Jeol. Bül.*'nin 1947 yılından itibaren yayınlanan tüm sayıları gerek yayıncı kuruluş olan Jeoloji Mühendisleri Odası (JMO) tarafından basılı ve elektronik versiyonları ve TUBITAK - DergiPark tarafından ise elektronik versiyonları arşivlenmektedir.

Ücret Politikası: *Türkiye Jeol. Bül.*'nin yayıncı kuruluşu JMO'dır. JMO ve/veya *Türkiye Jeol. Bül.* derginin basılı ve elektronik versiyonları için herhangi bir ücret ya da abonelik bedeli, yazarlar için ise yayın ücreti ya da benzeri bir ödeme talep etmez.

Telif Hakkı Devri: JMO ve/veya *Türkiye Jeol. Bül.*, yayınlanacak makalelerin telif haklarının alınması için yazarlardan yazılı onay alır. İlgili yazar, dergiye sunulan makalenin yazarı/sahibi olduğunu ve kendisi ve diğer yazar(lar) adına telif hakkını JMO ve/veya *Türkiye Jeol. Bül.*'ne devreder. **Telif Hakkı Devri Formu**'nun doldurularak, makale sunumu esnasında dergi sistemine yüklenmesi zorunludur. Sorumlu yazar, gönderilen bu makalenin başka bir yerde benzer bir formda yayınlanmadığını, makalenin orijinal olduğunu ve yayınlanmak üzere başka bir yere gönderilmeyeceğini garanti etmelidir. Sunulan makalenin tüm yazarları, yazının tüm haklarını ve tüm telif haklarını imzalayarak JMO ve/veya *Türkiye Jeol. Bül.*'ne devretmelidir. JMO ve/veya *Türkiye Jeol. Bül.*'nin, ilgili makalenin tamamını veya bir kısmını dersler/ders notları, raporlar ve ders kitapları/basılı kitaplar gibi gelecekteki eserlerinde herhangi bir ödeme yapmadan kullanma hakkı ve ilgili makalenin kendi kullanımı için kopyasını alma hakkı vardır. JMO ve/veya *Türkiye Jeol. Bül.*; ticari amaçlar dışında patent hakları gibi telif hakkı dışındaki tüm haklarını saklı tutar.

Makale sunumu: *Türkiye Jeol. Bül.*'ne değerlendirilmek üzere makale gönderecek yazar(lar), öncelikle DergiPark'a üye olmak zorundadır. Sorumlu yazar çalışmalarını (orijinal makale, derleme, vb) *Türkiye Jeol. Bül.*'ne Dergipark sistemi üzerinden göndermelidir.

İntihal Politikası: Makaleden sorumlu yazarın dergiye yeni makale gönderimi için "iThenticate İntihal Tespit Yazılımı" veya "Turnitin" veya eşdeğeri bir intihal programı kullanarak benzerlik raporu yanı sıra, imzalanan "**Telif Hakkı Devri Formu**" ve "**Etik Bildirim Formu**"nu DergiPark sistemine yüklemesi gerekmektedir. Gönderilen makalenin benzerlik endeksi oranı, referans listesi hariç, % 20'nin altında olmalıdır.

Yazar Katkısı Beyanı ve Çıkar Çatışması/Çakışması Beyanı: Makale yazarlarının her biri makaleye önemli bilimsel katkıda bulunmuş olması gerektiğinden her yazarın eşit etik sorumluluk taşıdığı kabul edilir. Makalenin tüm yazarları, hatalı durumlarda geri çekme veya düzeltme yapmakla yükümlüdür.

Yazarlar, yazılarını sisteme yükleme aşamasında gerek benzer konularda araştırma yapan diğer araştırmacılar bakımından ve gerekse potansiyel hakemlik konularında her türlü çıkar çatışmasını/çakışmasını açıkça belirtmelidir. Çıkar çatışması/çakışması bulunmadığını düşündüğü durumda ise bu husus açıkça belirtilmelidir.

Kör hakemlik: *Türkiye Jeol. Bül.*'nde tüm bilimsel yayınların objektif değerlendirilmesini sağlamak amacıyla kör hakemlik sistemi uygulanmaktadır. Makaleye hakem atama aşamasında hakem ve yazar(lar) arasında herhangi bir çıkar çatışması/çakışması bulunmamasına özen gösterilmektedir. Bu amaçla hakem ve yazar(lar) arasında bilhassa; a) Tez danışmanı/öğrenci ilişkisi olmaması, b) Yazar(lar) ve hakem arasında yakın geçmişte (son 2 yıl) ortak araştırma ve yayın yapılmış olması, c) Aynı kurumda görev yapıyor olmaması, d) Dergiye sunulan yazıya biçim ya da içerik yönünden katkı yapmamış olması, e) Yazar(lar) ve hakem arasında yargıya ya da etik kurullara intikal eden ihtilafların olmaması, f) Hakem ve yazar(lar) arasında akrabalık ilişkisinin olmaması g) Hakemin yazar(lar) hakkında kamuoyuna intikal etmiş önyargılarının bulunmaması, h) Hakem ve yazar(lar) arasında herhangi bir ticari ilişkisinin olmaması vb durumlar dikkate alınır. Dergi editörlüğünün gözünden kaçan durumların olması ihtimaline karşı hakemlerin de böyle bir durumda editörlüğü uyarması gerekir. Ayrıca hakemlerin;

- Sadece uzmanlık alanlarına giren makaleleri değerlendirmeleri,
- Değerlendirmeyi tarafsız, objektif ve gizlilik içinde yapmaları,
- Değerlendirmede milliyet, cinsiyet, dini inanç, siyasal düşünce, ticari kaygılar vb nedenlerle tarafsızlıklarını kaybetmemeleri,

- Görüş ve önerilerini akademik görgü kuralları içinde, yapıcı ve akademik bir dille yapmaları, kişisel polemik yaratacak üsluptan kaçınmaları,
- Yayın sürecini sebepsiz uzatacak şekilde değerlendirmelerini geciktirmemeleri istenir.

Değerlendirme İşlemi:

Ön Kontrol (Hakem değerlendirme öncesi) Süreci: *Türkiye Jeol. Bült.*'ne sunulan makale ilk olarak, Baş Editör tarafından dergi amaç ve kapsamına uygunluğu açısından gözden geçirilir. Gönderilen makale, derginin amaç ve kapsamına uymuyorsa en geç 15 gün içerisinde reddedilir ve yazara bilgi verilir. Amaç ve kapsamı uygun bulunan makale, yapılan hakem değerlendirmesi öncesi yazım kuralları, dil ve anlatım açısından ve çalışmanın planlanması açısından incelenir. Bu konularda eksiklikleri bulunan makalelerin yazar tarafından düzeltilmesi istenir. Değerlendirme sürecinde yazarlar editör ve hakemlerin görüş, öneri ve eleştirilerine cevap vermekle yükümlüdürler. Yazarlar, hakem görüşlerini dikkate alarak sorulan soruları cevaplamak, görüş ve önerileri değerlendirmek, eleştirilere karşı olumlu ya da olumsuz karşılık vererek bunlara dair kanıtlarını ayrıntılı bir mektupla editöre bildirmek zorundadır. Bu karşı mektupta akademik üslup kullanılmalı, kişisel tartışmalardan kaçınılmalıdır. Hakem görüşleri doğrultusunda düzeltilmesi istenen makalelerin düzeltilmiş kopyası geçerli bir neden olmaksızın 30 gün içerisinde tekrar editöre gönderilmediği takdirde editörün makaleyi reddetme hakkı vardır. Yeniden düzenleme sonrası, düzeltilmiş makale editör tarafından gerekirse yeniden hakem değerlendirmesine gönderilir veya editör tarafından doğrudan kabul veya reddedilir.

Hakem Değerlendirme Süreci: Makalelerin tüm bölüm içerikleri incelenip hakem değerlendirmesi için uygun bulunduğu makaleler hakem değerlendirmesine alınır. Ancak, herhangi bir nedenle hakem değerlendirmesine uygun bulunmayan makaleler, editörün değerlendirme raporuyla birlikte reddedilir. Yazara en geç 15 gün içerisinde bilgi verilir. Hakem değerlendirmesinde makaleler, editör tarafından içerik ve uzmanlık alanlarına göre dergi hakem havuzundan ve/veya havuz dışından olmak üzere, en az üç hakeme gönderilir. Makale hakemlerinin belirlenmesinde yukarıda açıklanan çıkar çatışması/çakışması hususlarına özen gösterilir. Hakemler değerlendirme süreciyle ilgili hiçbir kimseyle bilgi ve belge paylaşmayacaklarını garanti etmek zorundadır. Hakem değerlendirme süreci için hakemlere verilen süre 30 gündür. Hakemler veya editörden gelen düzeltme önerilerinin yazarlar tarafından 30 gün içerisinde tamamlanması zorunludur. Hakemler makale için düzeltmelerini inceleyerek uygunluğuna karar verebilir veya gerekliyse birden çok defa düzeltme talep edebilir. Değerlendirme sonucu, hakemlerden gelen görüşler, editör tarafından en geç 15 gün içerisinde incelenir. İnceleme sonucunda, editör makaleye ilişkin nihai kararını vererek yazara iletir. Ret kararı verilen makaleler arşivlenir.

Makale Geri Çekme: Değerlendirme aşamasındaki makalesini geri çekme isteğinde bulunan yazar(lar), konuyu içeren ıslak imzalı dilekçeyi dergi e-mail adresi tjbdergi@gmail.com üzerinden yayın kuruluna iletirler. Yayın Kurulu, geri çekme dilekçesini inceleyerek en geç 15 gün içerisinde cevap verir. Yayın Kurulu tarafından dilekçesi onaylanmayan bir makalenin yazar(lar)ı, makalelerini başka bir dergiye gönderemezler. Yazar(lar)ın yayınlanmış, erken görünüm veya değerlendirme aşamasındaki çalışmasıyla ilgili bir yanlış ya da hatayı fark etmesi durumunda, dergi editörüyle işbirliği yapma yükümlülüğü bulunmaktadır. Yazar(lar), bizzat kendilerine ait olmayan verileri kullanma hakkına sahip olduklarını, araştırma/analiz ile ilgili gerekli olabilecek izinleri gösteren belgelere sahip olmalıdır.

Editörler, derginin gelişimi ve yayınlanan çalışmaların kalitesini geliştirmeye yönelik süreçleri dikkatle takip eder. *Türkiye Jeol. Bült.* Yayın Kurulu basım aşamasında, değerlendirme aşamasında veya yayınlanmış bir makale için telif hakkı ve intihal şüphesi oluşması durumunda, makaleyle ilgili bir soruşturma başlatır. Yapılan soruşturma sonucunda, makalede telif hakkı ve intihal şüphesi tespit edilmesi durumunda, Yayın Kurulu makaleyi detaylı açıklama yaparak değerlendirme aşamasından geri çekme işlemini yazar(lar)a en geç 15 gün içerisinde bildirir.

Gizlilik: *Türkiye Jeol. Bült.* sistemindeki tüm kişisel bilgiler bilimsel amaçlarla kullanılmakta olup, üçüncü taraflarla paylaşılmamaktadır.

Sorumluluk Reddi: Baş Editör ve Yayın Kurulu üyeleri, yazarların görüşlerinden ve yazı içeriğinden sorumlu değildir. Yazarlar, yazılarındaki etik özgünlük ve olası hatalardan sorumludur. Son okuma (düzeltme okuması) öncesi ve sayfa düzenleme aşamasında oluşabilecek tüm hatalardan yazarlar sorumludurlar. Son okuma sonrası meydana gelen hatalar dergi yetkililerinin sorumluluğundadır.



GEOLOGICAL BULLETIN OF TURKEY

AIM and SCOPE

The Geological Bulletin of Turkey (*Geol. Bull. Turkey*) is one of the oldest and best-known journals in Turkey, published since 1947. It is published by the Chamber of Geological Engineers (CGE) with three issues every year. The journal accepts articles about earth science topics apart from engineering geology. Primary topics include geology, tectonics, structural geology, geochronology, geochemistry, sedimentology, biostratigraphy, paleontology, mineralogy, magmatic and metamorphic petrology, mineral deposits, geophysics and geomorphology, in addition to environmental and urban geology along with economic geology. Articles are accepted in both Turkish and English at current scientific levels in relation to these topics. Articles include primarily Turkey and surroundings, eastern Mediterranean, Middle East, Balkans, Black Sea and Caspian Sea areas, along with ranked articles from all other critical regions of the world. Articles including results with high scientific level from research completed within this scope are published without any fee. The journal is open access. The target audience for the journal is all earth scientists interested in these topics and this scope. The journal includes mainly original research articles and lower numbers of reviews and publications with other scientific qualities. Selected sessions at the Geological Congress of Turkey and other national and international meetings may later be published as special issues after reviewed publication processes.

PREPARATION OF MANUSCRIPTS

The language of the GEOLOGICAL BULLETIN OF TURKEY is both Turkish and English. For manuscripts submitted in English “Genişletilmiş Özet”, for manuscripts submitted in Turkish “Extended Summary” should be given. If the author(s) are residents of a non-Turkish speaking country, titles, abstracts and captions of figures and tables are translated into Turkish by the Editors. It is strongly recommended that authors whose native language is not English, should ask a person whose native language is English to check the grammar and style of manuscript before submission. 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 DergiPark at <http://dergipark.gov.tr/tjb>. 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.

INSTRUCTIONS FOR CONTRIBUTORS

Manuscripts should generally be structured as follows:

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

The various levels of headings used in the manuscript should be clearly differentiated. All headings should be in left-aligned. Major headings should be bold capitals. Secondary headings should be considered as sub-headings. Primary- and secondary-subheadings should be given in lower-case and tertiary headings in italics. Headings should not be preceded by numerals or letters. Manuscripts (abstract, main text, 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

GENİŞLETİLMİŞ ÖZET / EXTENDED SUMMARY

ANCKNOWLEDGEMENTS

ORCID

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

Narrative citations: Author1 et al. (Year) e.g.: Pettijohn et al., (1987)

D. Citing Multiple Works

Parenthetical citations: (Merriman & Frey, 1999; Pettijohn et al., 1987; Sönmez, 1996)

Narrative citations: Merriman and Frey (1999), Pettijohn et al. (1987), Sönmez (1996)

E. If more than one publication of the same authors published in the same year is cited

In this case, letters such as a, b, c are given after the years of the articles in the References section. In the same way, these letters are used in the citations in the text.

In References:

Ahmetoğlu, A. & Hüsnuoğlu, H. (2022a). Article 1. *Full Name of Journal*, Vol.(No), pages. DOI number (if available)

Ahmetoğlu, A. & Hüsnuoğlu, H. (2022b). Article 2. *Full Name of Journal*, Vol.(No), pages. DOI number (if available)

Citations in the text:

Parenthetical citations: (Ahmetoğlu & Hüsnuoğlu, 2022a)

Narrative citations: Ahmetoğlu & Hüsnuoğlu (2022a)

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.

A. Journals

Bundan sonrasında bir değişiklik yok araya yukarıdakileri ekleyeceğiz

A.

A.1. Citing the periodicals:

Author(s), (Date). Title of paper. *Full Name of Journal*, Vol. (No), pages. DOI number (if available)

Hoek, E. & David, M. (1990). Estimating Mohr – Coulomb friction and cohesion values from Hoek – Brown failure criterion. *International Journal of Rock Mechanics*, 27 (3), 220-229. [https://doi.org/10.1016/0148-9062\(90\)94333-O](https://doi.org/10.1016/0148-9062(90)94333-O)

A.2. Special cases:

A.2.1. If the article was taken from an open (free) access website:

Ketin, İ. (1949). Son on yılda Türkiye’de vukua gelen büyük depremlerin tektonik ve mekanik neticeleri hakkında. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 2(1), 1-13. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/tjb/issue/50279/650044>

A.2.2. If the article has an article number:

Açlan, M., Oyan, V. & Köse, O. (2020). Petrogenesis and the evolution of Pliocene Timar basalts in the east of Lake Van, Eastern Anatolia, Turkey: A consequence of the partial melting of a metasomatized spinel-rich lithospheric mantle source. *Journal of African Earth Sciences*, 168, Article 103844. <https://doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2020.103844>.

B. Proceedings and Abstracts:

Author(s), (Date). Title of paper. Name of Editor(s), *Title of Symposium or Congress*, (pages). Name of Publisher. DOI number & internet address (If available).

Şanlıyüksel Yücel, D., İleri, B. (2019). Characterization of weak, stratified and clay bearing rock masses. In H. Sözbilir, Ç. Özkaymak, B. Uzel, Ö. Sümer, M. Softa, Ç. Tepe, S. Eski (Eds.), *72nd Geological Congress of Turkey The Proceedings and Abstracts Book*, (s.63-64). Chamber of Geological Engineers of Turkey Publications No: 140. https://www.jmo.org.tr/resimler/ekler/174e0f6fa731893_ek.pdf

C. Books:

C.1. Citing of books:

Author(s), (Date). *Name of the Book*. Name of the Publisher. DOI number & internet address (if available).

Pettijohn, F. J., Potter, P. E. & Siever, R. (1987). *Sand and Sandstones* (2nd ed.). Springer-Verlag New York. <https://www.doi.org/10.1007/978-1-4612-1066-5>

Ketin, İ. (2016). *Genel Jeoloji, Yerbilimlerine Giriş* (9. Baskı). İTÜ Vakfı Yayınları.

C.2. Citing of translated books:

Author(s), (Date). *Name of the Translated Book*. Name of the Publisher. (Original publishing date). DOI number & internet address (If available).

Komatina, M. M. (2011). *Tıbbi Jeoloji: Jeolojik Ortamların İnsan Sağlığı Üzerindeki Etkileri* (Translator: Y. Örgün ve D. Bayrak). TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası (Original publication date: 2001).

D. Chapter in book:

Author(s), (Date). Chapter Name. Name of Editors, *Name of Book* (Page numbers of the chapter). Name of Publisher.

Merriman, R. J. & Frey, M. (1999). Patterns of very low-grade metamorphism in metapelitic rocks. In M. Frey & D. Robinson (Eds.), *Low Grade Metamorphism*, (pp. 61-107). Blackwell Sciences Ltd.

E. Reports and Thesis:

E.1. Reports:

Author(s), (Date). *Title of report* (If any report no). Name of the Organization or Institution, (published or unpublished).

Kellogg, H. E. (1960). *Stratigraphic report, Derik-Mardin area Petroleum District V, Southeast Turkey* (Rapor no: 1367). TPAO (unpublished).

E.2. Thesis:

Author, (Date). *Title of Thesis* [published or unpublished & PhD or Msc Thesis]. Name of the Institution or University.

Sönmez, H. (1996). *TKİ ELİ Soma Linyitleri açık işletmelerinde eklemli kaya kütlesi içindeki şevlerin duraylılığının değerlendirilmesi* [Unpublished Msc Thesis]. Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

F. Personal Communications:

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

G. Information Downloaded from the Internet

Name of the Organization, (Date). Web address, date of access to website.

KRDAE, (2020, 02, January). Boğaziçi University Kandilli Observatory and Earthquake Research Institute Regional Earthquake-Tsunami Monitoring Center, <http://www.gov.tr>.

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.

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-} instead of 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 DergiPark Academics (dergipark.gov.tr/tjb)

EDITOR IN-CHIEF

Prof. Dr. Erdinç YİĞİTBAŞ

Tel: 286 2180018-20088

e-mail: eyigitbas@comu.edu.tr

SUBMITTING ARTICLES ADMITTED TO PUBLICATION

In cases where authors’ manuscripts are admitted to publication, authors should send revised final copies of their manuscripts to Editor through the DergiPark System. Manuscripts should be issued in *DOCX format. All images, should be issued in Corel Draw. Besides, the resolution of the figures should not be less than 300 dpi. Both drawing (CDR) and image (JPG) files must be submitted through the DergiPark System.

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.

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.

ETHICAL PRINCIPLES AND PUBLICATION POLICY

The publisher and users (chief editor, editors, field editors, authors, reviewers, readers, etc.) of the Geological Bulletin of Turkey (*Geol. Bull. Turkey*) must abide by the ethical rules and responsibilities determined by the Committee of Publication Ethics (COPE).

Journal Policy:

Open Access Policy: The *Geol. Bull. Turkey* is a peer-reviewed journal. It publishes in print and online in the electronic environment and has an open-access system. Journal issues are published three times per year in the months of January, April and August. Publication processes ensure sharing of information produced freely and objectively with the scientific method. The review process for articles applies a blind review system. All issues of the *Geol. Bull. Turkey* published since 1947 are archived as both print and electronic versions by the publishing organization, the Chamber of Geological Engineers (CGE), and as electronic versions by TUBITAK – DergiPark.

Price Policy: The publishing organization of the *Geol. Bull. Turkey* is the CGE. The CGE and/or *Geol. Bull. Turkey* do not demand any fee or subscription costs for printed and electronic versions of the journal or any publishing costs or similar from authors.

Copyright Transfer: The CGE and/or *Geol. Bull. Turkey* receive written permission from authors to obtain the copyrights of articles that will be published. The relevant authors, as writer/owner in their own name and the name of other authors, transfer copyright of the article offered to the journal to the CGE and/or *Geol. Bull. Turkey*. It is mandatory to complete the **Copyright Transfer Form** and upload it to the journal system when submitting the manuscript. The responsible author must guarantee that this manuscript has not been published in similar form in other places, that the manuscript is original and that it will not be sent for publication elsewhere. All authors of the submitted manuscript must sign and transfer all rights and all copyright for the article to the CGE and/or *Geol. Bull. Turkey*. The CGE and/or *Geol. Bull. Turkey* receive the right to use all or part of the relevant article in future works like lessons/lesson notes, reports and textbooks/printed books without any payment and to copy the relevant manuscript for their own use. The CGE and/or *Geol. Bull. Turkey* reserve all rights apart from copyright, such as patent rights, except for commercial purposes.

Article submission: The authors of articles submitted for assessment by *Geol. Bull. Turkey* must first be members of DergiPark. The corresponding author must submit the study (original article, review, etc.) to *Geol. Bull. Turkey* through the DergiPark system.

Plagiarism Policy: In addition to the corresponding author submitting the article to the journal, they must upload a similarity report using “iThenticate Plagiarism Detection Software” or “Turnitin” or equivalent plagiarism program, along with the signed **Copyright Transfer Form** and the **Ethics Report Form** to the DergiPark system. The similarity index rate for articles must be below 20%, excluding the reference list.

Author Contribution Statement and Conflict / Conflict of Interest Statement: Each of the authors need to have made significant scientific contributions to each article, so every author is accepted as carrying equal ethical responsibility. All authors of an article are obliged to recall or make corrections in situations involving mistakes.

The authors must clearly state all types of conflict/conflict of interest in relation to topics such as other researchers studying similar topics and potential reviewers. In situations where no conflict/conflict of interest is considered to exist, this must be clearly stated.

Blind review: *Geol. Bull. Turkey* applies a blind review system with the aim of ensuring objective assessment of all scientific publications. In the stage of assigning reviewers for an article, care is taken that there is no conflict/conflict of interest between reviewers and author(s). With this aim, care is taken that between reviewers and author(s) a) there are no thesis advisor/student relationships, b) no common research or publications between author(s) and reviewers in the recent past (last 2 years), c) they are not employed in the same organization, d) they have not contributed to the manuscript submitted to the journal in terms of form or content, e) author(s) and reviewer have no disputes that were referred to judiciary or ethical committees, f) there is no kinship between reviewer and author(s), g) no publicly stated prejudice of the reviewer toward the author(s), h) no commercial relationship between reviewer and author(s), etc. In case of situations missed by the journal editors, the reviewers must warn the editors of such a situation. Additionally, reviewers are requested;

- To only assess articles that are within their field of expertise,
- To perform assessments unbiased, objectively and confidentially,
- To avoid bias in assessments due to reasons such as nationality, sex, religious beliefs, political leanings, commercial concerns, etc.,
- To provide opinions and recommendations within academic etiquette, with constructive and academic language, avoiding language which will create personal polemic,
- To avoid delaying assessments in a way which lengthens the publication process without reason.

Evaluation Process:

Preliminary Check (before reviewer assessment): Firstly, manuscripts submitted to *Geol. Bull. Turkey* are reviewed by the chief editor for suitability in terms of the aims and scope of the journal. If manuscripts do not abide by the aim and scope of the journal, they are rejected within 15 days maximum and information is sent to the author. Manuscripts which are suitable for the aim and scope are first investigated for spelling, language and expression and study plan before reviewer assessment. Authors of manuscripts which are inadequate in this regard will be requested to revise the manuscript. During assessment, authors are responsible for responding to the opinions, recommendations and criticisms of the editor and reviewers. The authors must respond to questions asked based on reviewer opinions, assess opinions and recommendations, and provide positive or negative responses to criticisms with evidence in a detailed letter to the editor. Academic etiquette must be used in the letter, personal discussions should be avoided. If a corrected copy of manuscripts with revision requested in line with reviewer opinions is not received without a valid reason within 30 days, the editor reserves the right to reject the manuscript when it is re-submitted. After revisions, the revised manuscript may be sent by the editor for reviewer assessment again or may be directly accepted or rejected by the editor.

Peer Review Process: Manuscripts found suitable for peer review after investigating the content of all sections will be sent to the reviewers. However, articles that are not suitable for peer review for any reason will be rejected with the editor's assessment report. Information will be given to the authors within 15 days. Manuscripts sent for reviewer assessment will be sent to at least three reviewers by the editor from within or outside the journal pool according to content and area of expertise. Care will be taken about elements within the scope of conflict/conflict of interest mentioned above when determining reviewers for manuscripts. Reviewers must guarantee that they will not share any information or documents related to the review process with anyone. The duration for the review process is 30 days. Revision recommendations from the reviewers or editor must be completed by the authors within 30 days. Reviewers will investigate corrections on the article and decide on suitability or if necessary, request more revisions. The review result and opinions of reviewers will be investigated by the editor within maximum 15 days. As a result of the investigation, the editor will communicate the final decision about the manuscript to the author. Rejected manuscripts will be archived.

Article Withdrawal: Author(s) who wish to withdraw their manuscript during assessment must communicate a memo related to the topic with wet signature to the publication board via the journal email address tjbdergi@gmail.com. The Publication Board will investigate the withdrawal request and respond within maximum 15 days. Author(s) of manuscripts with request denied by the Publication Board will not be able to send their manuscript to another journal. If the author(s) become aware of any mistakes or errors related to the study after publication, in the early submission or review stages, they are obliged to cooperate with the journal editor. The author(s) must have the right to use any data which does not belong to themselves and must have documents showing necessary permissions related to the research/analysis.

The editors carefully manage processes to ensure development of the journal and increase the quality of published studies. In situations with suspicions raised about copyright or plagiarism for any manuscript in the publication stage, review stage or as unpublished manuscripts, the Publication Board of *Geol. Bull. Turkey* will begin an investigation related to the manuscript. If the investigation identifies copyright and plagiarism suspicions related to the manuscript, the Publication Board will withdraw the manuscript in the review stage making a detailed explanation and report to the author(s) within 15 days.

Confidentiality: All personal information in the *Geol. Bull. Turkey* system is used for scientific purposes and will not be shared with third parties.

Disclaimer: The chief editor and Publication Board members are not responsible for the opinions of authors or manuscript content. The authors are responsible for the ethical originality and possible errors in their manuscripts. The authors are responsible for all errors before final reading (proofreading) and that may occur when formatting pages. Errors occurring after final proofreading are the responsibility of the journal authorities.

TÜRKİYE JEOLojİ BÜLTENİ

Geological Bulletin of Turkey

Nisan 2024 Cilt 67 Sayı 2
April 2024 Volume 67 Issue 2

Mehmet Furkan Şener

Bozdağ (Karaburun Yarımadası) Kütlesi Üzerinde Dolinlerin Morfotektonik Gelişimi

Morphotectonic Development of Dolines on Mt. Bozdag (Karaburun Peninsula)153

Fikret Göktaş

Menteş Yarımadası'nın Neojen Jeolojisi, Batı Anadolu

Neogene Geology of the Menteş Peninsula, Western Anatolia169

Fatih Köroğlu

Doğu Karadeniz'in Karstik Oluşumları: Karaca (Torul, Gümüşhane) ve Çal (Düzköy, Trabzon) Mağaralarının Jeoturizm Potansiyeli

Karstic Formations of the Eastern Black Sea: Geotourism Potential of Karaca (Torul, Gümüşhane) and Çal (Düzköy, Trabzon) Caves195

Selahattin Polat, İsmail Ege

Diyadin (Ağrı) Doğal Traverten Köprülerinin Jeomorfolojisi ve Oluşumları, Doğu Anadolu, Türkiye
Geomorphology and Formation of Natural Travertine Bridges in Diyadin (Agri), Eastern Anatolia, Turkey ... 231

Murat Hatipoğlu, Gürsel Yanık, Evrim Çoban

Dünya'nın En Değerli Süstaşlarından Biri Olan Painit Mineralinin, Jeolojik ve Mineralojik Olarak Bulunabilirliğinin İrdelenmesi; Türkiye'de Painit Var mıdır?

Examining the Geological and Mineralogical Availability of the Mineral Painite, One of the Most Valuable Gemstones in the World; Is there Painite in Türkiye?253

Nagihan Çağlar, Ali Murat Kılıç

Kaşağıl Köyü (İvrindi, Balıkesir) Civarında Yüzeyleyen Karakaya Kompleksi İçerisindeki Permiyen-Triyas Yaşlı Kireçtaşı Bloklarının Biyostratigrafik Önemi

Stratigraphic Importance of Permian-Triassic Limestones in Karakaya Complex Outcropped Around Kaşağıl Village (İvrindi, Balıkesir)267

Türkiye Jeoloji Bülteni makale dizin ve özleri:

Emerging Sources Citation Index (ESCI), Georef, Geotitles, Geoscience Documentation,
Geo Archive, Geo Abstracts, Mineralogical Abstracts, EBSCO, SOBIAD ve
ULAKBİM TR Dizin Veri Tabanlarında yer almaktadır.

Geological Bulletin of Turkey is indexed and abstracted in:

Emerging Sources Citation Index (ESCI), Georef, Geotitles, Geoscience Documentation,
Geo Archive, Geo Abstracts, Mineralogical Abstracts, EBSCO, SOBIAD 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: tjb@jmo.org.tr
URL: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/tjb>

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: tjb@jmo.org.tr
URL: <https://dergipark.org.tr/en/pub/tjb>