

TÜRKİYE JEOLojİ BÜLTENİ

Geological Bulletin of Turkey

Mayıs 2026 Cilt 69 Özel Sayı
May 2026 Volume 69 Special Issue

ISSN 1016-9164



Özel Sayı / Special Issue

Jeolojik Miras ve Kültürel Jeoloji / *Geological Heritage and Cultural Geology*

Misafir Editör / Guest Editor: Mehmet Özkul, Vedat Toprak, Ercan Aksoy, Mustafa Avcıoğlu

TMMOB JEOLojİ MÜHENDİSLERİ ODASI
Chamber of Geological Engineers of Turkey

TMMOB
JEOLOJİ MÜHENDİSLERİ ODASI
Chamber of Geological Engineers of Turkey

YÖNETİM KURULU / EXECUTIVE BOARD

Düzgün ESİNA
Seçkin GÜLBUDAK
Çetin KURTOĞLU
Özgür DEĞİRMENCI
Gökhan ATICI
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 YİĞİTBAS
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

Sercan Hamza BAĞLAMA

Editör Kurulu / Editorial Board

AKSOY Ercan (Elazığ, Türkiye)
ALDANMAZ Ercan (Kocaeli, Türkiye)
AYDOĞAN Mustafa Selman (Balıkesir, Türkiye)
BABA Alper (İzmir, Türkiye)
BOULTON, Sarah J. (Plymouth, Birleşik Krallık)
BOZKURT Erdin (Ankara, Türkiye)
ÇEMEN, İBRAHİM (Alabama, ABD)
EKİNCİ, Yunus Levent (Bitlis, Türkiye)
ERGİNAL, Ahmet Evren (Çanakkale, Türkiye)
EYÜBOĞLU Yener (Trabzon, Türkiye)
GÜRİSOY Halil (Sivas, Türkiye)
HELVACI Cahit (İzmir, Türkiye)
KAYSERİ-ÖZER Mine Sezgül (İzmir, Türkiye)
KAZANCI Nizamettin (Ankara, Türkiye)
MÜLAYİM, Oğuz (Ankara, Türkiye)
NAZİK Atike (Adana, Türkiye)

OKAY, Nilgün (İstanbul, Türkiye)
ÖZDEN Süha (Çanakkale, Türkiye)
ÖZKUL Mehmet (Denizli, Türkiye)
ÖZSAYIN, Erman (Ankara, Türkiye)
PARLAK Osman (Adana, Türkiye)
ROJAY Bora (Ankara, Türkiye)
SEYİTOĞLU Gürol (Ankara, Türkiye)
SÖZBİLİR Hasan (İzmir, Türkiye)
TAGLİASACCHI Ezher (Denizli, Türkiye)
TATAR, Orhan (Sivas, Türkiye)
ÜNLÜGENÇ Ulvi Can (Adana, Türkiye)
YALÇIN Hüseyin (Sivas, Türkiye)
YALÇIN Gürhan (Antalya, Türkiye)
YILMAZ İsmail Ömer (Ankara, Türkiye)
ZABÇI, Cengiz, (İstanbul, Türkiye)
ZAGORCHEV Ivan (Sofya, Bulgaristan)

Yazışma Adresi

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

Corresponding Address

UCTEA Chamber of Geological Engineers of Turkey
PO Box 464 Yenişehir, TR-06410 Ankara
Phone: +90 312 434 36 01
Fax: +90 312 434 23 88
E-Mail: tjb@jmo.org.tr
URL: <https://dergipark.org.tr/en/pub/tjb>

Yayın Türü : Yaygın Süreli Yayın
Yayın 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
Yayın İdari Adresi : Hatay 2 Sokak No: 21 Kocatepe / Ankara Tel: 0 312 432 30 85 Faks: 0 312 434 23 88
Baskı (Printed by) : ERS Matbaacılık Kazım Karabekir Cad. Altıntop İşhanı No: 87/7 İskitler / Ankara Tel: 0 312 384 54 88
Baskı Tarih : Mayıs 2026
Baskı Adedi : 500

TÜRKİYE JEOLJİ BÜLTENİ

Geological Bulletin of Turkey

Mayıs 2026 Cilt 69 Özel Sayı
May 2026 Volume 69 Special Issue

İÇİNDEKİLER CONTENTS

Oğuz Mülayim Adıyaman İlinin Jeolojik Miras ve Jeoturizm Potansiyeli <i>Geological Heritage and Geotourism Potential of Adıyaman Province</i>	1
Atike Nazik, Mustafa Akyıldız, Mehmet Tatar Kapıkaya Kanyonu'nun (Adana, Karaisalı) Jeolojik Miras ve Jeoturizm Potansiyeli <i>Geological Heritage and Geotourism Potential of Kapıkaya Canyon (Adana, Karaisalı)</i>	27
Hükmü Orhan, Aral I. Okay, Nizamettin Kazancı, Lütfi Nazik, Murat Poyraz, Berna Alpagut, Yakup Çelik Bursa İlinin (KB Türkiye) Önemli Jeositleri <i>Significant Geosites in Bursa Province (NW Türkiye)</i>	45
Gözde Zorlu DüNDAR, Selahattin Polat Uşak İlinin Jeosit Potansiyeli ve Jeomiras Değerleri <i>Geosite Potential and Geoheritage Assets of Uşak Province</i>	81
Bekir Levent Mesci Delikkaya (Bakırcıoğlu, Yıldızeli, Sivas) Doğal Traverten Köprüsü: Korunması Gereken Bir Jeolojik Miras <i>Delikkaya (Bakırcıoğlu, Yıldızeli, Sivas) Natural Travertine Bridge: A Geological Heritage to Preserve</i>	119
Sultan Murat Uzun, Nuriye Garipağaoğlu Bolluk Gölü Çevresinin Jeomiras ve Jeomorfoturizm Potansiyeli (Cihanbeyli-Konya İç Anadolu) <i>Geoheritage and Geomorphotourism Potential of the Surroundings of Lake Bolluk (Cihanbeyli-Konya Central Anadolu)</i>	131
Yakup Çelik, Ezher Tagliasacchi, Mehmet Akif Taş, Pınar Polat Otlukbeli (Erzincan) Travertenlerinin Jeolojik-Kültürel Miras Açısından Önemi (Doğu Anadolu) <i>The Importance of the Otlukbeli (Erzincan) Travertines in Terms of Geological and Cultural Heritage (Eastern Anatolia)</i>	159
Sevgi Dönmez Akarsu Çökellerinde Gelişen Peribacalarının Jeomorfoturizm Açısından Değerlendirilmesi: Uşak-Eşme Örneği <i>Evaluation of Fairy Chimneys Developed in Fluvial Deposits in Terms of Geomorphotourism: The Uşak-Eşme Case</i>	191
Gülin Gençoğlu Korkmaz, Hatice Ünal Ercan Volcanic and Cultural Geoheritage Potential of Erenlerdağ-Alacadağ Volcanism (SW of Konya-Türkiye) <i>Erenlerdağ-Alacadağ Volcanizmasınının (GB Konya-Türkiye) Volkanik ve Kültürel Jeomiras Potansiyeli</i>	219
Korhan Çakır, Çağlar Aslan, Esra Ünal Çakır, Devrim Erşen, Meftun Kerem Sönmez The First Surveyed Lava Tube on Mount Ağrı Volcano (Türkiye): A Geological Heritage Assessment of the Ice Cave <i>Ağrı Dağı Volkanı'nda İlk Kez Araştırılan Lav Tüneli (Türkiye): Buz Mağarası'nın Jeolojik Miras Açısından Değerlendirilmesi</i>	241
Yıldırım Güngör, Direnç Azaz Türkiye'den Yeni Jeomitosit Önerileri <i>New Geomythosite Proposal from Türkiye</i>	255

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.

TÜRKİYE JEOLJİ MÜHENDİSLERİ ODASI
Chamber of Geological Engineers of Turkey

ÖNSÖZ

Kültürel Jeoloji ve Jeolojik Miras Çalışma Grubu, TMMOB(TürkMühendis ve Mimar Odaları Birliği) Jeoloji Mühendisleri Odası çalışma gruplarından birisidir. Grup 5 yıldan uzun bir süredir kültürlerin oluşmasında yerbilimlerinin rolü, yerkürenin oluşumu ve geçirdiği değişimlerin tanıkları olan jeositleri, jeolojik mirası, jeokoleksiyonları, miras taşları, jeoparkları ve jeoturizmi konu alan bilimsel ve mesleki faaliyetlerde bulunmaktadır. Grup öncülüğünde son birkaç yılda, bazı illerin jeolojik mirasını ve jeopark potansiyelini konu alan çalıştaylar ve oturumlar düzenlenmiştir.

Grup çalışmaları kapsamında Türkiye Jeoloji Bülteni'nde yayınlanması gerçekleştirilen bu **Jeolojik Miras ve Kültürel Jeoloji Özel Sayısı**'nın amacı, toplumda ve karar alıcılar üzerinde, yaşadığımız doğal çevreyi tanıma, jeolojik miras ve bu mirası koruma konularında farkındalık oluşturulmasına, koruma bilincinin gelişmesine ve bilgi birikimine katkıda bulunmaktır.

Özel sayıda yer alan makaleler aşağıdaki paragraflarda kısaca tanıtılmıştır.

Mülayim, Adıyaman İlinin Jeolojik Miras ve Jeoturizm Potansiyeli konulu çalışmasında, Bitlis-Zagros Orojenezi'nin karmaşık tektonik yapıları üzerinde yer alan Adıyaman ilinin jeolojik miras (jeosit) envanterini oluşturmayı ve bu mirasın jeoturizm potansiyelini değerlendirmeyi amaçlamıştır. Çalışma kapsamında, il genelindeki ulusal ve uluslararası öneme sahip jeositler sistematik olarak kataloglanmış, coğrafi dağılımları haritalanmış ve bilimsel, eğitimsel, görsel/estetik değerleri açısından sınıflandırılmıştır. İlin yüzölçümüne kıyasla yüksek bir jeoçeşitliliğe sahip olduğu ve jeoturizm potansiyeli taşıdığı vurgulanmasının yanı sıra korumaya yönelik risklere ve alınması gerekli önlemlere dikkat çekilmiştir. Yazar il sınırları içinde bir UNESCO Küresel Jeoparkı kurulması konusunda önerilerde bulunmuştur.

Nazik vd., Kapıkaya Kanyonu'nun (Adana, Karaisalı) Jeolojik Miras ve Jeoturizm Potansiyeli başlıklı makalelerinde Adana Havzası'nın önemli jeolojik ve jeomorfolojik oluşumlarından birisi olan Kapıkaya Kanyonu'nun jeolojik miras değeri ve jeoturizm potansiyelini değerlendirmişlerdir. Kesin Korunacak Hassas Alan statüsündeki kanyon boyunca yerbilimleri eğitimi açısından önemli olan tortul kayaçlar, faylar, kıvrımlar ve fosilleri içeren jeoduraklar tanıtılmıştır. Ayrıca, kanyon çevresindeki biyoçeşitlilik ile kaleler, köprüler ve hanlar gibi doğal ve kültürel mirasa dikkat çekilmiştir.

Orhan vd., Bursa İlinin (KB Türkiye) Önemli Jeositleri başlıklı makalelerinde öncelikle jeolojik-jeomorfolojik yapı, mineral, kayaç ve fosil gibi jeolojik miras unsurlarının yerkürenin geçmişinin aydınlatılmasında, doğa kaynaklı tehlikelerin tanınmasında ve etkilerinin azaltılmasında, iklim değişikliğine uyum gibi küresel sorunların araştırılmasında kullanıldığına vurgu yapmışlardır. Yazarlar, Bursa ve çevresinde jeomiras ve jeoturizm potansiyeline sahip pek çok doğal varlığın olduğunu belirtmişlerdir. Bunlar arasında orta Miyosen Paşalar Memeli Fosil Yatağı, Kocasu Deltası, Karacabey Longozu, İznik ve Uluabat Gölleri, bursait minerali, mor yeşim oluşumları, Uludağ şelit yatağı, çok sayıda kanyon ve mağaralar ile periglasiyal yapılar, buzul gölleri ve granit tor yapılarından söz etmişlerdir.

Zorlu Dünder ve Polat, Uşak İlinin Jeosit Potansiyeli ve Jeomiras Değerleri başlıklı çalışmalarında jeosit, jeomiras gibi genel kavramlar hakkında kısa bir bilgi vermişler; sonrasında Uşak ilinin doğal ve kültürel jeositleri ile bunların jeoturizmin gelişimi için taşıdığı öneme değinmişlerdir. Çalışmada ProGEO'nun jeosit sınıflandırmasına göre, araştırma alanında yedi farklı sınıfa ait toplam 64 jeosit tespit edilmiş, Uşak ilinin jeolojik, jeomorfolojik ve

jeo-arkeolojik açıdan zengin bir doğal ve kültürel miras potansiyeli taşıdığı belirtilmiştir.

Mesci, Delikkaya (Bakırcıoğlu, Yıldızeli, Sivas) *Doğal Traverten Köprüsü: Korunması Gereken Bir Jeolojik Miras* başlıklı çalışmada Delikkaya (Yıldızeli-Sivas) traverten sahasında dört adet üst Pleystosen yaşlı sırt tipi traverten bulunduğunu, KKB-GGD doğrultulu bu sırtların akarsu aşındırması ve blok kopmaları sonucu yeniden şekillendiğini, hem üzerinden hem de altından geçilebilecek boyutlarda doğal bir traverten köprüsü ortaya çıktığını belirtmiştir. Yazar söz konusu sahanın jeosit olarak tescil edilmesi, korunması ve bölgesel doğa turizmi-jeoturizm potansiyelinin değerlendirilmesi açısından önemine değinmiştir.

Uzun ve Garipağaoğlu, Bolluk Gölü Çevresinin Jeomiras ve Jeomorfolojizm Potansiyeli (Cihanbeyli-Konya İç Anadolu) başlıklı makalelerinde Cihanbeyli'nin (Konya) güneyinde yer alan Bolluk Gölü çevresindeki traverten konileri, tufa çökelleri, dolinler, traverten kanalları, Bolluk Gölü ve tuzla alanlarının jeomorfolojizm potansiyelini incelemişlerdir. Koniler ayrıca morfometrik özellikleri, morfolojik görünümleri, hidrografik durumları ve tahrip boyutu açısından irdelemişlerdir. Jeomorfosit değerlendirme kriterlerine göre en yüksek genel ortalama, sayıları 64'ü bulan traverten konilerine aittir. Çalışma ile alanın jeolojik, jeomorfolojik temsil, estetik, bilimsel boyut açısından yüksek potansiyele sahip olduğu ancak tanıtım, hizmet, ulaşım gibi konularda büyük eksikliklerin bulunduğu ve oldukça nadir olan bu jeomorfositlerin korunması ve alternatif turizme kazandırılması için planlamaların yapılması önerisinde bulunulmuştur.

Çelik vd., Otlukbeli (Erzincan) *Travertenlerinin Jeolojik-Kültürel Miras Açısından Önemi* (Doğu Anadolu) konulu çalışmalarında, adı geçen travertenlerin demirce zengin ve oluşumlarının bölgedeki fay ve kırık sistemleri

ile yakından ilişkili olduğunu belirtmişlerdir. Sahada, aktif olmayan 60 kadar koni, 15 sırt tipi depolanma morfolojisi belirlenmiştir. Bunların yanı sıra sedimantolojik açıdan traverten litotipleri ayırt edilmiştir. Çalışmalar sırasında Otlukbeli Travertenleri'nin jeolojik-kültürel miras özellikleri ve sürdürülebilir turizm (jeoturizm) boyutu da ele alınmıştır.

Dönmez, Akarsu Çökellerinde Gelişen Peribacalarının Jeomorfolojizm Açısından Değerlendirilmesi: Uşak-Eşme Örneği başlıklı çalışmada Uşak ili Eşme ilçesi sınırları içerisinde yer alan ve akarsu ortam koşullarında depolanmış tortullarda gelişmiş peribacalarının oluşum mekanizmaları, jeolojik ve jeomorfolojik özellikleri çok katmanlı bir yaklaşımla incelenmiştir. Çalışmaya göre araştırma alanındaki peribacaları, alüvyal kökenli, zayıf tutturulmuş tortullardaki litolojik heterojenlik, farklı ayrışma ve yüzeysel akış erozyonu süreçlerinin etkileşimi sonucu meydana gelmiştir. Yazar, incelediği peribacalarının korunması ve tanıtılması gereken bir jeolojik miras olduğuna vurgu yapmıştır.

Gençoğlu Korkmaz ve Ünal Ercan, Erenlerdağ-Alacadağ Volkanizmasının (GB Konya-Türkiye) Volkanik ve Kültürel Jeomiras Potansiyeli başlıklı çalışmalarında Konya'nın güneybatısında yer alan ve lav domları da içeren mafik-felsik lav akmaları, piroklastik yağma ve akma çökelleri ile dayk ve tıkaç gibi yarı volkanik sokulumlardan oluşan Erenlerdağ-Alacadağ Volkanik Kompleksi'nde temsili jeositler tanımlamışlar ve jeositlerin olası jeoturizm ve eğitim potansiyeli üzerinde durmuşlardır. Yazarlar, çalışma alanındaki yüksek gözenekli ignimbrit ve tuf düzeylerinin tarih boyunca yerleşim ve yapılaşmaya konu olduğunu, dolayısı ile jeo-kültürel miras özelliği taşıdıklarını bildirmişlerdir.

Çakır vd., Ağrı Dağı Volkanı'nda İlk Kez Araştırılan Lav Tüneli (Türkiye): Buz Mağarası'nın Jeolojik Miras Açısından Değerlendirilmesi konulu makalelerinde ilk olarak Türkiye'nin

jeolojik miras olarak nitelendirilebilecek çok sayıda jeolojik değere ev sahipliği yaptığını belirtmişler, bu kapsamda Ağrı Dağı Volkanı'nın bazaltik lav akmaları sonucu gelişmiş bir lav tüpünü konu almışlardır. Araştırmacılar yörede 'Buz Mağarası' adı ile bilinen bu lav tüpünün haritasını yapmışlar, yıllık sıcaklık, nem ve gaz gibi bazı fiziksel özelliklerini ölçerek mağaranın bilimsel araştırma, yerbilimleri eğitimi, sürdürülebilir jeoturizm ve doğa sporları açısından önemine değinmişlerdir. Sonuç olarak makalede, gelecekte Ağrı Dağı ve çevresinde yapılacak çalışmalarla yeni lav tünellerinin bulunabileceği ve dolayısı ile Türkiye'nin volkanik jeomirasına katkı sağlanabileceği ifade edilmiştir.

Güngör ve Azaz, Türkiye'den Yeni Jeomitosit Önerileri başlıklı çalışmalarında mitolojik öykülerin önemli kaynaklarından birinin jeolojik süreçler sonucunda meydana gelmiş doğa olayları olduğuna değinmişler, doğa kaynaklı olayları açıklamakta zorlanan toplumların bunları birtakım efsanelerle birleştirerek birer mitolojiye dönüştürdüklerini belirtmişlerdir. Makalede kültür ve jeolojinin iç içe geçtiği Türkiye'nin farklı

bölgelerinden 10 jeomitosit tanıtılarak jeoloji ile mitoloji arasındaki ilişki ayrıntılı bir şekilde ele alınmıştır.

Kültürel Jeoloji ve Jeolojik miras konusuna giderek artan ilginin doğal bir sonucu olan bu Özel Sayı ile Türkiye'nin jeolojik mirasının tanıtılmasına, korunmasına ve toplumda bu konularda farkındalık oluşmasına katkıda bulunulduğu düşünülmektedir.

Özel Sayı Misafir Editörleri

Mehmet Özkul¹, Vedat Toprak², Ercan Aksoy³, Mustafa Avcıoğlu⁴

ORCID

¹ <https://orcid.org/0000-0002-0949-4225>

² <https://orcid.org/0000-0001-5078-7217>

³ <https://orcid.org/0009-0005-8116-3825>

⁴ <https://orcid.org/0000-0002-1590-0832>

FOREWORD

Introduction to the Special Issue: Geological Heritage and Cultural Geology

The Cultural Geology and Geological Heritage Working Group is one of the working groups of the Chamber of Geological Engineers of TMMOB, the Union of Chambers of Turkish Engineers and Architects. For more than five years, the Group has carried out scientific and professional activities on the role of earth sciences in the formation of cultures, as well as on geosites, geological heritage, geo-collections, heritage stones, geoparks, and geotourism. These activities also address geosites as records of the formation of the Earth and of the transformations it has undergone over geological time. In recent years, the Group has led and contributed to workshops and sessions focusing on the geological heritage and geopark potential of several provinces.

Published in the Geological Bulletin of Turkey as part of the Group's activities, this Special Issue on Geological Heritage and Cultural Geology aims to contribute to the growing body of knowledge in the field, to deepen public and institutional understanding of the natural environment, and to strengthen awareness of geological heritage and the importance of its conservation. It also seeks to support the development of a broader consciousness of conservation.

The articles included in this special issue are briefly introduced in the following paragraphs.

Mülayim, in the study entitled "Geological Heritage and Geotourism Potential of Adıyaman Province", aims to establish an inventory of geological heritage sites, or geosites, in Adıyaman Province, which is located on the complex tectonic structures of the Bitlis–Zagros Orogenic Belt, and to evaluate the geotourism potential of this heritage. Within the scope of the study, geosites of national and international significance throughout

the province are systematically catalogued, their geographical distribution is mapped, and they are classified according to their scientific, educational, visual, and aesthetic values. In addition to emphasising that the province has a high level of geodiversity relative to its surface area and considerable geotourism potential, the study draws attention to conservation-related risks and the measures that need to be taken. The author also proposes the establishment of a UNESCO Global Geopark within the provincial boundaries.

Nazik et al., in their article entitled "Geological Heritage and Geotourism Potential of Kapıkaya Canyon (Adana, Karaisalı)", assess the geological heritage value and geotourism potential of Kapıkaya Canyon, one of the significant geological and geomorphological formations of the Adana Basin. Along the canyon, which has the status of a Strictly Protected Sensitive Area, the authors introduce geo-stops of particular importance for earth-science education, including sedimentary rocks, faults, folds, and fossils. The article also draws attention to the biodiversity of the canyon and its surroundings, as well as to elements of natural and cultural heritage such as castles, bridges, and inns.

Orhan et al., in their article entitled "Significant Geosites in Bursa Province (NW Türkiye)", first emphasise that elements of geological heritage, such as geological and geomorphological structures, minerals, rocks, and fossils, are used to illuminate the Earth's past, to identify and mitigate natural hazards, and to investigate global challenges such as adaptation to climate change. The authors state that Bursa and its surroundings contain many natural assets with geoheritage and geotourism potential. Among these, they refer to the Middle Miocene Paşalar Mammal Fossil Site, the

Kocasu Delta, the Karacabey Floodplain Forest, Lakes İznik and Uluabat, the bursaite mineral, purple jade occurrences, the Uludağ scheelite deposit, numerous canyons and caves, as well as periglacial features, glacial lakes, and granite tor formations.

Zorlu DüNDAR and Polat, in their study entitled “Geosite Potential and Geoheritage Assets of Uşak Province”, provide a brief overview of general concepts such as geosite and geoheritage, before discussing the natural and cultural geosites of Uşak Province and their importance for the development of geotourism. Based on ProGEO’s geosite classification, the study identifies a total of 64 geosites belonging to seven different classes within the research area. It is stated that Uşak Province possesses a rich natural and cultural heritage potential in geological, geomorphological, and geoarchaeological terms.

Mesci, in the study entitled “Delikkaya (Bakırcıoğlu, Yıldızeli, Sivas) Natural Travertine Bridge: A Geological Heritage to Preserve”, states that four Upper Pleistocene ridge-type travertines occur in the Delikkaya travertine area in Yıldızeli, Sivas. These NNW–SSE-trending ridges have been reshaped by fluvial erosion and block detachment, resulting in the formation of a natural travertine bridge large enough to be crossed both over and beneath. The author underlines the importance of the site in terms of its registration and protection as a geosite, as well as the evaluation of its potential for regional nature tourism and geotourism.

Uzun and Garipağaoğlu, in their article entitled “Geoheritage and Geomorphotourism Potential of the Surroundings of Lake Bolluk (Cihanbeyli-Konya Central Anadolu)”, examine the geomorphotourism potential of the travertine cones, tufa deposits, dolines, travertine channels, Bolluk Lake, and salt-pan areas located around Bolluk Lake, south of Cihanbeyli in Konya. The cones are further evaluated in terms of their morphometric characteristics, morphological appearance, hydrographic conditions, and degree

of degradation. According to geomorphosite evaluation criteria, the highest overall average belongs to the travertine cones, which number 64 in total. The study concludes that the area has high potential in terms of geological and geomorphological representation, aesthetic value, and scientific significance. However, it also notes major deficiencies in promotion, services, and accessibility, and recommends planning measures for the protection of these rare geomorphosites and their integration into alternative tourism.

Çelik et al., in their study entitled “The Importance of the Otlukbeli (Erzincan) Travertines in Terms of Geological and Cultural Heritage (Eastern Anatolia)”, state that the Otlukbeli travertines are rich in iron and that their formation is closely related to the fault and fracture systems in the region. Approximately 60 inactive cone-shaped morphologies and 15 ridge-type depositional morphologies were identified in the area. In addition, travertine lithotypes were distinguished from a sedimentological perspective. The study also addresses the geological-cultural heritage characteristics of the Otlukbeli Travertines and their significance for sustainable tourism, particularly geotourism.

Dönmez, in the study entitled “Evaluation of Fairy Chimneys Developed in Fluvial Deposits in Terms of Geomorphotourism: The Uşak–Eşme Case”, examines the formation mechanisms and geological and geomorphological characteristics of fairy chimneys developed in fluvial deposits within the boundaries of Eşme district in Uşak Province through a multi-layered approach. According to the study, the fairy chimneys in the research area were formed as a result of the interaction between lithological heterogeneity, differential weathering, and surface-runoff erosion processes in weakly consolidated sediments of alluvial origin. The author emphasises that the fairy chimneys examined in the study constitute a form of geological heritage which should be protected and promoted.

Gençoğlu Korkmaz and Ünal Ercan, in their study entitled “Volcanic and Cultural Geoheritage Potential of Erenlerdağ-Alacadağ Volcanism (SW of Konya-Türkiye)”, identify representative geosites within the Erenlerdağ–Alacadağ Volcanic Complex, located southwest of Konya, and discuss their potential for geotourism and education. The volcanic complex consists of mafic–felsic lava flows, including lava domes, pyroclastic fall and flow deposits, and subvolcanic intrusions such as dykes and plugs. The authors report that the highly porous ignimbrite and tuff levels in the study area have been used for settlement and construction throughout history and therefore possess geo-cultural heritage value.

Çakır et al., in their article entitled “The First Surveyed Lava Tube on Mount Ağrı Volcano (Türkiye): A Geological Heritage Assessment of the Ice Cave”, first state that Türkiye hosts numerous geological assets that may be regarded as geological heritage. Within this framework, they examine a lava tube formed by basaltic lava flows of the Ağrı Dağı Volcano. The researchers mapped this lava tube, known locally as the “Ice Cave”, and measured several of its physical properties, including annual temperature, humidity, and gas levels. They then discuss the importance of the cave for scientific research, earth-science education, sustainable geotourism, and nature sports. The article concludes that future studies in and around Ağrı Dağı (Mount Ararat) may lead to the discovery of new lava tunnels and thereby contribute to Türkiye’s volcanic geoheritage.

Güngör and Azaz, in their study entitled “New Geomythosite Proposal from Türkiye”, note that one of the important sources of mythological narratives is natural phenomena produced by geological processes. They state that societies which had difficulty explaining natural events transformed them into mythologies by associating them with various legends. The article introduces ten geomythosites from different regions of Türkiye, where culture and geology intersect, and examines in detail the relationship between geology and mythology.

With this Special Issue, which may be regarded as a natural outcome of the growing interest in cultural geology and geological heritage, it is considered that a contribution has been made to the promotion and protection of Türkiye’s geological heritage and to the development of public awareness on these issues.

Guest Editors of the Special Issue

Mehmet Özkul¹, Vedat Toprak², Ercan Aksoy³, Mustafa Avcioğlu⁴

ORCID

¹ <https://orcid.org/0000-0002-0949-4225>

² <https://orcid.org/0000-0001-5078-7217>

³ <https://orcid.org/0009-0005-8116-3825>

⁴ <https://orcid.org/0000-0002-1590-0832>



Adıyaman İlinin Jeolojik Miras ve Jeoturizm Potansiyeli
Geological Heritage and Geotourism Potential of Adıyaman Province

Oğuz Mülayim*

Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı, Adıyaman Bölge Müdürlüğü, 02040, Adıyaman, Türkiye

• Geliş/Received: 27.07.2025 • Düzeltilmiş Metin Geliş/Revised Manuscript Received: 10.10.2025 • Kabul/Accepted: 14.10.2025
• Çevrimiçi Yayın/Available online: 17.05.2026 • Baskı/Printed: 22.05.2026

Araştırma Makalesi/Research Article

Türkiye Jeol. Bül. / Geol. Bull. Turkey

Öz: Bu çalışma, Adıyaman ilinin jeolojik miras (jeosit) envanterini oluşturmayı ve bu mirasın jeoturizm potansiyelini değerlendirmeyi amaçlamaktadır. Çalışma kapsamında, ProGEO (1998) ve Kazancı vd. (2015) sınıflandırmaları temel alınarak il genelindeki jeositler sistematik olarak kataloglanmış, coğrafi dağılımları haritalanmış ve bilimsel, eğitimsel, görsel/estetik değerleri açısından sınıflandırılmıştır. Adıyaman; Afrika, Arap ve Avrasya levhalarının çarpışmasıyla oluşan Bitlis-Zagros Orojenezi'nin karmaşık tektonik yapıları üzerinde yer almaktadır. Bu jeolojik geçmiş, ulusal ve uluslararası öneme sahip çok sayıda jeolojik miras unsurunun ortaya çıkmasını sağlamıştır. Bulgular, Adıyaman'ın coğrafi olarak küçük yüzölçümüne rağmen, olağanüstü bir jeoçeşitliliğe sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Bu zengin jeolojik ve doğal varlık birikimi, bölgenin henüz değerlendirilmemiş önemli bir jeoturizm potansiyeli taşıdığını ortaya koymaktadır. Özellikle, tespit edilen jeolojik mirasın Nemrut Dağı'nın arkeolojik zenginliği ile bütünleştirilmesi, sürdürülebilir bölgesel kalkınma için stratejik bir fırsat sunmaktadır. Ancak, taş ocakçılığı, vandalizm ve yasal boşluklar gibi antropojenik tehditler bu mirası risk altına sokmaktadır. Çalışma, bu tehditlere karşı alan koruma, tampon bölge oluşturma, yerel istihdam, tematik jeorotaların geliştirilmesi ve bir UNESCO Küresel Jeopark'ı kurulmasına yönelik kapsamlı jeokoruma ve jeoturizm stratejileri önermektedir. Sonuç olarak, Adıyaman'ın jeolojik mirasının sürdürülebilir bir şekilde korunması ve jeoturizm yoluyla bölgesel kalkınmaya dönüştürülmesi için kurumlar arası iş birliği, bilimsel araştırmalar ve toplumsal farkındalığın artırılması kritik öneme sahiptir.

Anahtar Kelimeler: Adıyaman, doğal miras, jeokoruma, jeolojik miras, jeosit, jeoturizm.

Abstract: This study aims to establish a geological heritage (geosite) inventory for Adıyaman Province and to evaluate the geotourism potential of this heritage. Within the scope of the study, geosites throughout the province were systematically cataloged based on the ProGEO (1998) and Kazancı et al. (2015) classifications, their geographical distribution was mapped, and they were categorised according to their scientific, educational, and visual/aesthetic values. Adıyaman is located on complex tectonic structures of the Bitlis-Zagros Orogeny, formed by the collision of the African, Arabian, and Eurasian plates. This geological history has led to the emergence of numerous geological heritage features with national and international importance. The findings reveal that despite its geographically small area, Adıyaman possesses extraordinary geodiversity. This rich accumulation of geological and natural assets indicates that the region holds significant, yet untapped, geotourism potential. In particular, integrating the identified geological heritage with the archaeological wealth of Mount Nemrut offers a strategic opportunity for sustainable regional development. However, anthropogenic threats such as quarrying, vandalism, and legal gaps endanger this heritage. The study proposes comprehensive geoconservation and geotourism strategies against these threats, including site protection, buffer zone establishment, local employment, development of thematic georoutes, and the

establishment of a UNESCO global geopark. In conclusion, interdisciplinary cooperation, scientific research, and enhancing public awareness are crucial for the sustainable conservation of Adıyaman's geological heritage and its transformation into regional development through geotourism.

Keywords: *Adıyaman, natural heritage, geoconservation, geological heritage, geosite, geotourism.*

GİRİŞ

Jeolojik miras, salt bilimsel bir ilginin ötesine geçen, derin kültürel, eğitimsel ve ekonomik değerler barındıran çok katmanlı bir hazinedir. 20. yüzyıldan bu yana süregelen disiplinlerarası araştırmalar, jeosit, jeoçeşitlilik, jeokoruma ve jeoturizm gibi kavramların birbirini beslediğini ve sürdürülebilir kalkınma ile doğrudan bağlantılı olduğunu ortaya koymuştur. Bu nedenle, jeolojik mirasın korunması ve toplumsal paylaşımı, artık yalnızca yer bilimlerinin değil, aynı zamanda kamu politikalarının da merkezinde yer alan kritik bir hedef haline gelmiştir.

Bu mirasın sınıflandırılmasına yönelik önemli adımlardan biri, Avrupa Jeolojik Mirası Koruma Birliği (ProGeo) tarafından 1998'de atılmış ve jeositler, yer bilimlerinin çeşitli alt dallarını kapsayacak şekilde on temel kategoride gruplandırılmıştır. Bu çerçeveyi temel alan araştırmacılar (Prosser vd., 2006; Ruban ve Kuo, 2010; Kazancı vd., 2015), jeositleri kapsamlarına, yapısal niteliklerine ve işlevlerine göre daha da detaylandıran sınıflandırmalar geliştirmişlerdir. Türkiye özelinde Kazancı vd. (2015) öncülüğünde hazırlanan "Türkiye Jeositleri Çatı Listesi", gruba'dan grup-j'ye uzanan 85 özgün başlıkla bu çabaları somut bir envantere dönüştürmüştür. Ancak, bu değerli katalog ve sınıflandırma çabalarının pratiğe dökülebilmesi ve etkin koruma politikalarının geliştirilebilmesi için, ülke genelinde ilçe ve il düzeyinden başlayarak detaylı ve kapsamlı bir jeolojik miras envanterinin çıkarılması bir zorunluluktur. Ankara, Bursa, Denizli, Konya gibi illerde yürütülen sistematik çalışmalar bu anlamda önemli örnekler teşkil etmekle birlikte, benzeri çalışmaların tüm yurda yaygınlaştırılması gerekmektedir (Kazancı ve Gençoğlu Korkmaz, 2023; Özkul vd., 2025). Bu

kapsamlı envanter çalışması, mevcut örneklerle Adıyaman gibi jeolojik çeşitlilik ve zenginlik açısından son derece önemli yeni alanları da ekleyecektir. Bu nedenle, böyle bir ulusal envanter çalışması, Adıyaman'ın sahip olduğu jeolojik değerlerin bilimsel olarak tespit edilmesi, belgelenmesi ve koruma altına alınması süreci için de bir başlangıç noktası olacaktır.

Jeosit kavramıyla iç içe geçen bir diğer hayati alan jeokorumdur. Prosser vd. (2018) bu terimi, jeolojik, jeomorfolojik ve toprak kaynaklı değerlerin hem korunmasını hem de tanıtılmasını kapsayan sistematik faaliyetler bütünü olarak tanımlar. Burada devreye giren jeoçeşitlilik kavramı, yalnızca doğal oluşumların çeşitliliğini değil, bu çeşitliliğin taşıdığı miras değerini ve korunma zorunluluğunu da içerir (ProGeo, 1998; Brilha, 2018). Jeolojik miras (jeomiras) ise, jeoçeşitliliğin ancak bütüncül bir koruma yaklaşımıyla geleceğe aktarılacağı fikrine dayanır ve jeolojik unsurlara bir kültürel değer boyutu kazandırır (Dixon, 1996; Gray, 2004; Bruno vd., 2014).

Uluslararası düzeyde geniş kabul gören jeositler hem vazgeçilmez bilimsel laboratuvarlar hem de kültür ve doğa turizmine açılan dinamik kapılar olarak görülmektedir (Cleal vd., 1999; Ruban, 2010; Brilha, 2016; Prosser vd., 2018; Özer ve Mülayim, 2022; Alkaç vd., 2024). Ne var ki gerek küresel ölçekte gerekse Türkiye'de, metodolojik belirsizlikler, yasal boşluklar (Koroğlu, 2025) ve bürokratik engeller, bu alanların etkin tanıtımını ve sürdürülebilir korunmasını ciddi şekilde zorlaştırmaktadır (Kazancı vd., 2015; Brilha, 2016; Herrera-Franco vd., 2023; Koroğlu vd., 2025).

Bu engellerin aşılmasında jeoparklar kilit bir rol üstlenmektedir. Bu yaklaşımın temeli,

1991’de Fransa’nın Digne kentindeki Uluslararası Jeolojik Miras Konferansı’nda yayımlanan Digne Bildirgesi’ne uzanır. Bildirge, jeolojik mirası “*insanlıkla dünya arasında paylaşılan evrensel bir değer*” olarak tanımlayarak önemini vurgulamıştır. UNESCO, IUGS ve ICOMOS gibi önde gelen kuruluşlar da bu mirasın korunmasını kültürel mirasla eşdeğer görmekte ve standartlar, koruma ilkeleri ile yöntemler geliştirmektedir (Patzak ve Eder, 1998; Brilha, 2016; Reynard ve Brilha, 2018).

Korumanın ilk adımı, jeolojik miras alanlarının bilimsel yöntemlerle tespiti ve kapsamlı envanterlenmesidir. Jeositler, önemli yatırımlar gerektirmeyen değerli doğal turizm kaynaklarıdır. Üzerlerinde kurulan jeoparklar ise, etkin koruma ile sürdürülebilir kullanım arasındaki hassas dengeyi sağlamada eşsiz fırsatlar sunar (Global Jeopark Ağı). UNESCO ve IUGS tarafından yürütülen IGCP 731 Projesi (Dünyanın En İyi Jeositleri), bu mirasın toplumsal önemine ve farkındalığına güçlü bir katkı sağlamayı amaçlamaktadır (IUGS, 2022). Öngörülen bir diğer kritik işlevse, bu girişimlerin küresel iklim değişikliği ve doğal afet risklerinin azaltılması konularında doğa temelli eğitim merkezleri olarak hizmet vermesidir.

Türkiye, sahip olduğu zengin jeolojik çeşitliliğe rağmen, bu mirasın sistematik bir envanterinin halihazırda bulunmaması önemli bir eksikliktir. Mevcut çalışmalar çoğunlukla bölgesel veya lokal düzeyde kalmakta, ülke çapında bütüncül bir değerlendirmeyi mümkün kılacak veri tabanından yoksun bulunmaktadır. Bu bağlamda, bu çalışmanın birincil amacı, Adıyaman ilini pilot bölge seçerek, ilçe düzeyinden başlayarak detaylı bir jeolojik miras envanteri oluşturmak ve bu envanteri ulusal/uluslararası sınıflandırma şemaları (ProGeo, Kazancı vd., 2015) doğrultusunda kataloglamaktır. Bu temel amaç doğrultusunda, saha çalışmaları ve değerlendirmeler sonucunda; Bölgedeki jeositlerin jeoturizm potansiyelini ortaya

koymak, öne çıkan jeolojik alanlar için koruma-kullanma dengesini gözetilen yönetim önerileri geliştirmek ve nihai olarak, bölge için bir jeopark kurulumuna altlık teşkil edecek bilimsel veri setini oluşturmak hedeflenmektedir. Dolayısıyla bu araştırma nihai hedefini; yalnızca akademik bir katkı sunmanın ötesine geçerek, bölgesel ölçekte farkındalığı artırmak, etkin koruma stratejilerinin geliştirilmesine rehberlik etmek ve sürdürülebilir kalkınma çerçevesinde jeoturizmin gelişimine somut bir katkı sağlamak olarak belirlemektedir.

BÖLGESEL JEOLJİ

Afrika, Arap ve Avrasya levhalarının dinamik etkileşimi, Türkiye’nin güneydoğusunda Alp-Himalaya dağ oluşum sisteminin en karmaşık tektonik yapılarından birini şekillendirmiştir. Kuzeye eğimli dalma-batma zonu, Neotetis Okyanusu’nun yok oluşunda kilit rol oynamış ve bu süreç, Arap Platformu’nun Paleozoyik sonrasındaki kuzey yönlü hareketinin temel dinamiğini oluşturmuştur (Şengör ve Yılmaz, 1981; Dilek vd., 1990; Cater ve Tunbridge, 1992; Yılmaz, 1993). Okyanusal kabuğun dalmasını takiben, Anatolid/Torid Platformu ile Arap Platformu arasındaki sınıra yakın bölgede çarpışmanın nihai aşaması gerçekleşmiş (Stampfli ve Borel, 2002; Golonka, 2004) ve bu çarpışma, Alp-Himalaya kuşağının en karmaşık kesimlerinden biri olan Bitlis-Zagros Orojenezini meydana getirmiştir (Şengör ve Yılmaz, 1981). Okay ve Tüysüz (1999), Anatolid-Torid Bloğu ile güneydoğu Türkiye’deki Kuzey Arap Platformu parçası arasında bir sütür zonu tanımlamaktadır. Asur Sütürü olarak bilinen bu yapı, Mezozoik ve Senozoyik’te Arap Platformu’nu Anatolid-Torid’lerden ayıran Neotetis’in güney kolunun kalıntısıdır (Şengör ve Yılmaz, 1981). Geç Kretase’den Senozoyik’e uzanan dönemde, ofiyolitik melanjlara ve nap yapıları Arap Platformu üzerine yerleşerek Umman’dan Antakya’ya kadar uzanan devasa bir okyanusal litosfer birikimini

temsil etmiştir. Miyosen’de ise, Arap Platformu üzerine itilen Bitlis Masifi ve altındaki melanj birimleri, Anadolu-Toroslar ile kıtasal çarpışmanın ikincil allokton kütlelerini oluşturmuştur (Şekil 1).

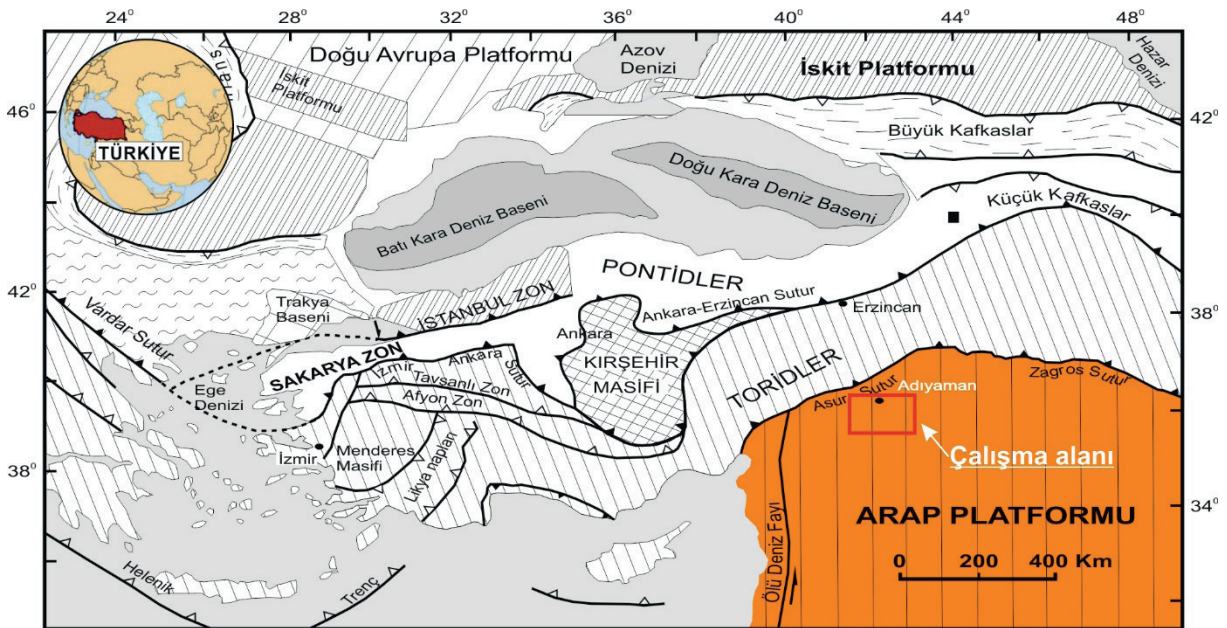
İşte bu olağanüstü jeolojik evrimin izleri, bölgenin jeolojik mirasının temelini oluşturmaktadır. Bu çalışmada tanıtılacak olan jeositler, yukarıda özetlenen milyonlarca yıllık levha hareketleri, okyanusal kabuğun yerüstüne çıkması (ofiyolitler) ve şiddetli kıta çarpışması süreçlerinin somut ve görülebilir kanıtlarını sunmaktadır. Örneğin, ofiyolitik melanj toplulukları, eski bir okyanusun jeolojik envanterini; suture zonları, levhaların kaynaştığı çizgisel hatları; genç volkanik kayalar ise çarpışma sonrası gerilmelere bağlı magmatizmayı yansıtan eşsiz doğa kayıtlarıdır. Dolayısıyla her bir jeosit, Dünya’nın bu dinamik bölgesinin jeolojik hikayesinin anlaşılmasına katkı sağlayan birer anahtar konumundadır.

Çalışma alanı, kuzey Arap Platformu’nun (Doğu Neotetis Kenarı) bir parçası olan güneydoğu Türkiye’de konumlanır ve Adıyaman

civarındaki iyi yüzeylenmiş Arap önülkesine odaklanır. Bölgenin temel jeolojik birimleri şöyledir:

Arap Önülkesi, Tut-Penbeğli bölgesinde (Dean vd., 1997) olan birkaç tektonik pencere ile bitişiktir. Bu tektonik pencereler, Geç Prekambriyen’den Geç Kretase’ye kadar uzanan geniş bir zaman aralığını temsil eden kaya birimlerini ortaya çıkarır ve allokton birimleriyle çevrilidir. Söz konusu pencerelerin konumları ve sınırları, neotektonik dönemin aktif tektoniğini yansıtan bir fay zonu tarafından kontrol edilmektedir.

Karadut Kompleksi, Jura-Kretase yaşlı derin deniz çökellerinden oluşur ve riftleşmiş Arap kıta kenarının yamaç yükseliminde biriktiği düşünülmektedir (Robertson vd., 2014). Geç Kretase’de nap, kırık dilimlenmiş ve melanj formunda Arap platformuna yerleşmiştir (Rigo de Righi ve Cortesini, 1964; Sungurlu, 1973; Perinçek, 1979a ve b; Fourcade vd., 1991; Robertson vd., 2013a ve b).



Şekil 1. Anadolu ve yakın çevresindeki başlıca tektonik unsurlar (Okay ve Tüysüz, 1999’den uyarlanmıştır).
Figure 1. Major tectonic features of Anatolia and adjacent regions (modified from Okay & Tüysüz, 1999).

Koçali Kompleksi, Triyas-Kretase yaşlı derin deniz volkanik ve tortul kayalarını içerir (Karadut Kompleksi'nin uzak eşdeğeri olarak riftleşmiş Arap kenarını temsil eder). Hem sokulum hem de yüzeyleme gösteren ofiyolitik kayalarla iç içe geçmiş volkanik-tortul birimlerden oluşur (Yıldırım vd., 2012). Geç Kretase'deki bölgesel tektonik evre sırasında Arap kıta kenarı üzerine yerleşmiştir (Rigo de Righi ve Cortesini, 1964; Sungurlu, 1973; Perinçek, 1979a ve b; Varol vd., 2007; Uzunçimen vd., 2011; Robertson vd., 2014).

Geç Kretase-Senozoyik Sedimanter İstifi, bölgenin kuzeyinde allokon birimler (Karadut ve Koçali Kompleksleri) üzerinde transgresif (aşınımlı) olarak çökelerken, güneydeki Arap önülkesinde Geç Kretase-Erken Miyosen dönemine ait sedimanter istif büyük ölçüde süreklilik gösterir. Önülke çökeli, Torid allokonunun güneye nihai yerleşiminin tamamlandığı Orta Miyosen'de sona ermiştir. Geç Miyosen, Pliyosen ve Pleyistosen kıtasal çökelleri ise, deforme olmuş Arap kenarını ve üzerindeki allokon birimleri örtmüştür (Rigo de Righi ve Cortesini, 1964; Perinçek, 1979a, b; Yılmaz ve Duran, 1997; Meriç vd., 1985, 1987; Güven vd., 1991; Çoruh vd., 1997). Çalışma alanının kuzey kesimi, Doğu Anadolu Fay Zonu tarafından kesilmektedir (Şengör vd., 1985; Herece, 2008; Duman ve Emre, 2013).

ADİYAMAN'IN ÖNE ÇIKAN JEOLÖJİK MİRASLARI

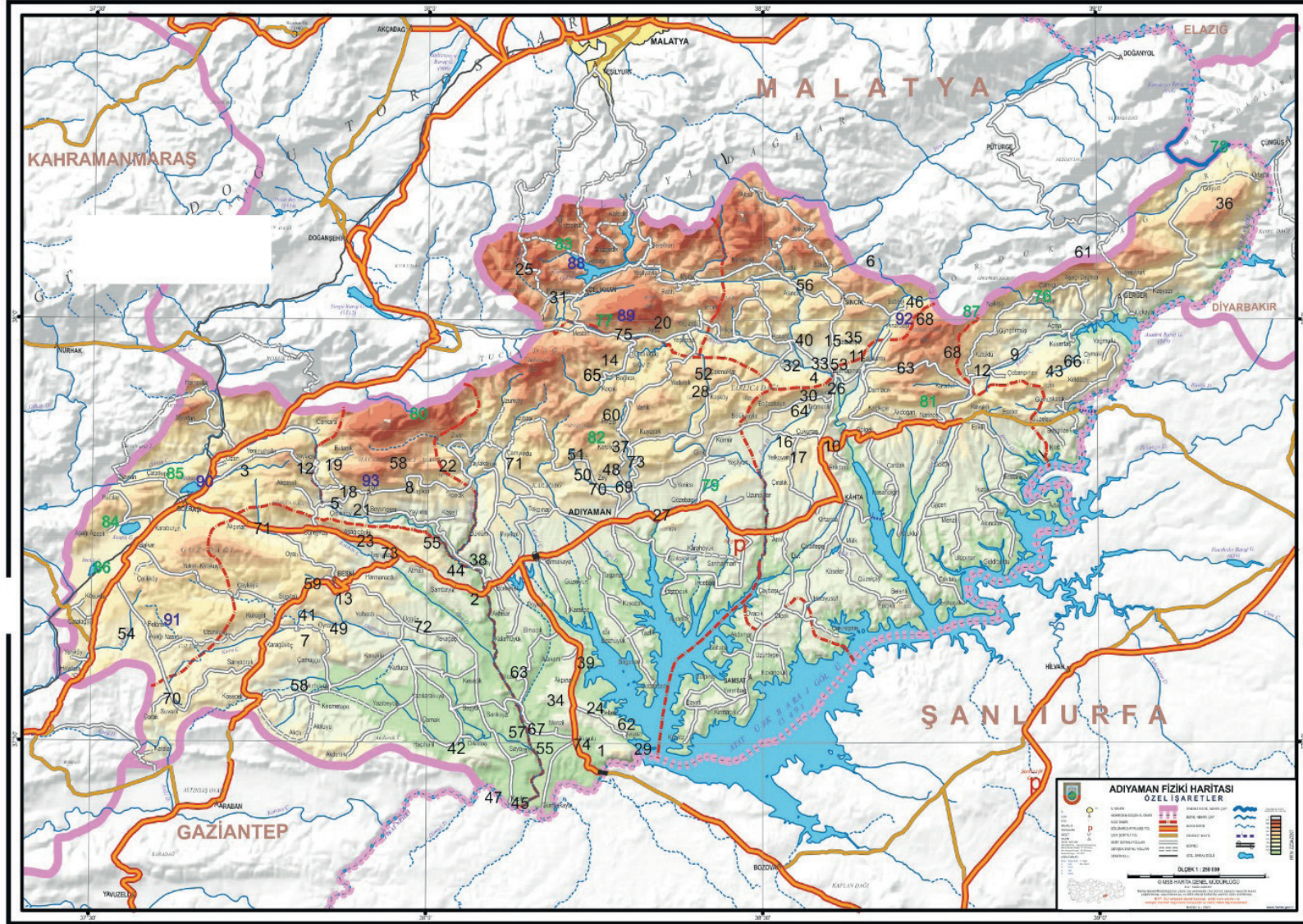
Jeolojik miras, giriş bölümünde de vurgulandığı üzere, stratigrafik istifler, kaya türleri, fosil toplulukları ve jeomorfolojik şekiller gibi unsurlardan oluşur. Her biri, jeolojik geçmişteki önemli olayların eşsiz kanıtlarını ve izlerini taşır. Bu çalışmada, Adıyaman İl merkezi ve çevresindeki jeolojik süreçleri temsil eden bu tür oluşumlar sistematik olarak derlenmiş ve coğrafi konumları harita üzerinde gösterilmiş (Şekil 2 ve 3), detaylı bilgiler Çizelge 1'de sunulmuştur.

Adıyaman'daki jeolojik miras öğeleri, öncelikle ProGEO kategorilerine (Grup A, B, vb.) göre sınıflandırılmış, her grup içinde alfabetik

sıralama yapılmış ve son olarak tümü entegre bir numaralandırmaya tabi tutulmuştur (Çizelge 1). Burada kullanılan numaralandırma sistemi, ProGEO veya JEMİRKO standartlarına bağlı olmayıp, tamamen harita üzerinde görselleştirme kolaylığı amacıyla yazarlarca geliştirilmiş bir uygulamadır.

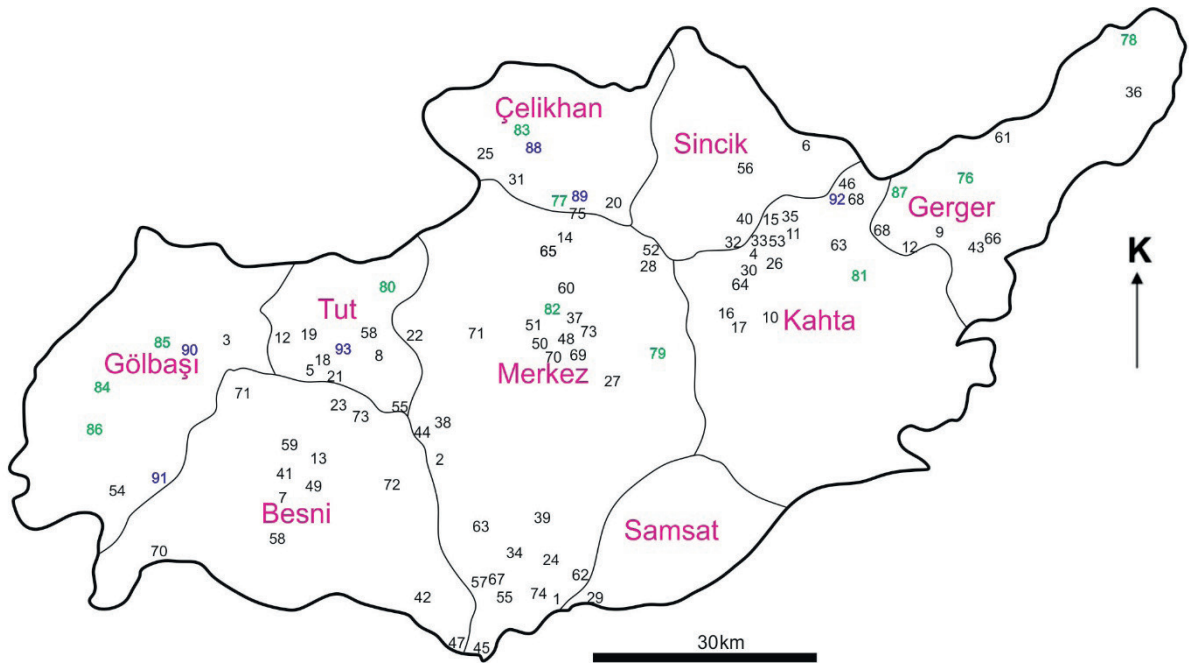
Çalışma kapsamına, ilin doğal zenginliğini bütüncül şekilde yansıtmaya amacıyla, Doğal Miras unsurları (anıt ağaçlar, şelaleler, mevsimsel göller vb.) ve tescilli koruma alanları (milli parklar, tabiat anıtları, sulak alanlar) da dahil edilmiştir. Ancak, Jeolojik Miras ile Doğal Miras'ın kavramsal olarak sıklıkla karıştırıldığı veya birbirinin yerine kullanıldığı gözlemlenmektedir. Bu önemli bir ayrımdır: Doğal miras; oluşumunda insan etkisi bulunmayan, genellikle su varlığına bağımlı, iklim koşullarından doğrudan etkilenen ve çoğunlukla görece genç (Holosen veya güncel dönem) oluşumlardır (Şekil 2 ve 3). Kuraklık veya su kaynağının kesilmesi gibi durumlarda kolayca yok olabilirler. Bu nedenle bunları 'doğal miras' olarak sınıflandırmak daha uygundur. Bununla birlikte, eğer bir gölün oluşum yaşı Holosen öncesine uzanıyorsa veya gölü/şelaleyi besleyen çöküntü/yükselti sistemleri derin jeolojik süreçlerin ürünü ise, bu durumda söz konusu oluşumlar hem jeolojik hem de doğal miras niteliklerini birlikte taşıyabilirler.

Jeolojik miras öğeleri, temsil ettikleri olayın önemine bağlı olarak yerel, ulusal veya küresel ölçekte değerlendirilir ve buna göre sınıflandırılır (Brilha, 2016). Benzer şekilde, bu unsurların öne çıkan nitelikleri de farklılık gösterir: Bilimsel (a), eğitimsel (b), görsel/estetik (c) veya diğer (d) (kültürel, ekonomik vb.) özellikler baskın olabilir. Adıyaman'daki jeolojik miras unsurları bu kriterler doğrultusunda değerlendirilmiş; her bir unsurun öne çıkan nitelikleri ilgili literatür (yayınlar, raporlar, tezler) temel alınarak belirlenmiş ve Çizelge 1 ile Şekil 4, 5 ve 6'da (a, b, c, d, e, f) kodlarıyla gösterilmiştir. Yeni araştırmalar ve keşifler, bir jeositin niteliklerini yükseltebilir (örneğin ulusal öneme sahip bir alanın uluslararası statü kazanması), ancak bu statü asla geriye dönük olarak düşürülemez.



Şekil 2. Adiyaman'da jeoçeşitliliğin il genelindeki dağılımı (HGK'dan değiştirilmiştir).

Figure 2. Distribution of Adiyaman geosites throughout the province (modified from HGK).



Şekil 3. Adıyaman ilçelerindeki Jeolojik Miras, Doğal Miras ve Koruma Statülü Alanların dağılımı. Numaraların karşılıkları Çizelge 1’de verilmiştir. Doğal Miras öğeleri mavi, tescilli doğa koruma bölgeleri ise yeşil renkle gösterilmiştir.

Figure 3. Spatial distribution of geological heritage, natural heritage, and legally protected areas across Adıyaman’s districts. Numeric codes correspond to entries in Table 1. Natural heritage elements are color-coded blue, while designated conservation zones appear in green.

Jeolojik miras envanteri, basit bir listelemekten çok daha kapsamlı ve çok boyutlu bir belgeleme sürecidir. Bu süreç; jeolojik varlıkların tek tek detaylı incelenmesini, oluşum süreçlerinin jeodinamik bağlamda irdelenmesini, bütünlüklerinin ve ulaşılabilirliklerinin değerlendirilmesini, jeolojik olayları temsil etme yeteneklerinin analizini, çevresel tehditlerin belirlenmesini ve mevcut koruma durumlarının kayıt altına alınmasını içerir. Bu kapsamlı kriterler dikkate alındığında, bu çalışmanın Adıyaman’ın jeolojik mirasına yönelik ancak bir ön envanter çalışması niteliği taşıdığı açıktır.

Yüzen Adalar

Yüzen adalar, ülkemizde yaklaşık yirmi yıldır bilimsel çevrelerin ilgi odağı olmuş, son yıllarda

ise yerel yönetimler ve kamu politikalarına dahil edilmiştir. Dünya genelinde ve Türkiye’de bu dinamik ekosistemler hem jeolojik oluşumları hem de biyoçeşitliliği destekleyen özellikleri nedeniyle giderek daha fazla önem kazanmaktadır. Ekolojik denge, biyolojik zenginlik, kültürel miras, ekoturizm ve jeoturizm potansiyeli açısından kritik rol oynayan bu adalar, aynı zamanda jeolojik süreçlerin doğal laboratuvarı niteliğindedir.

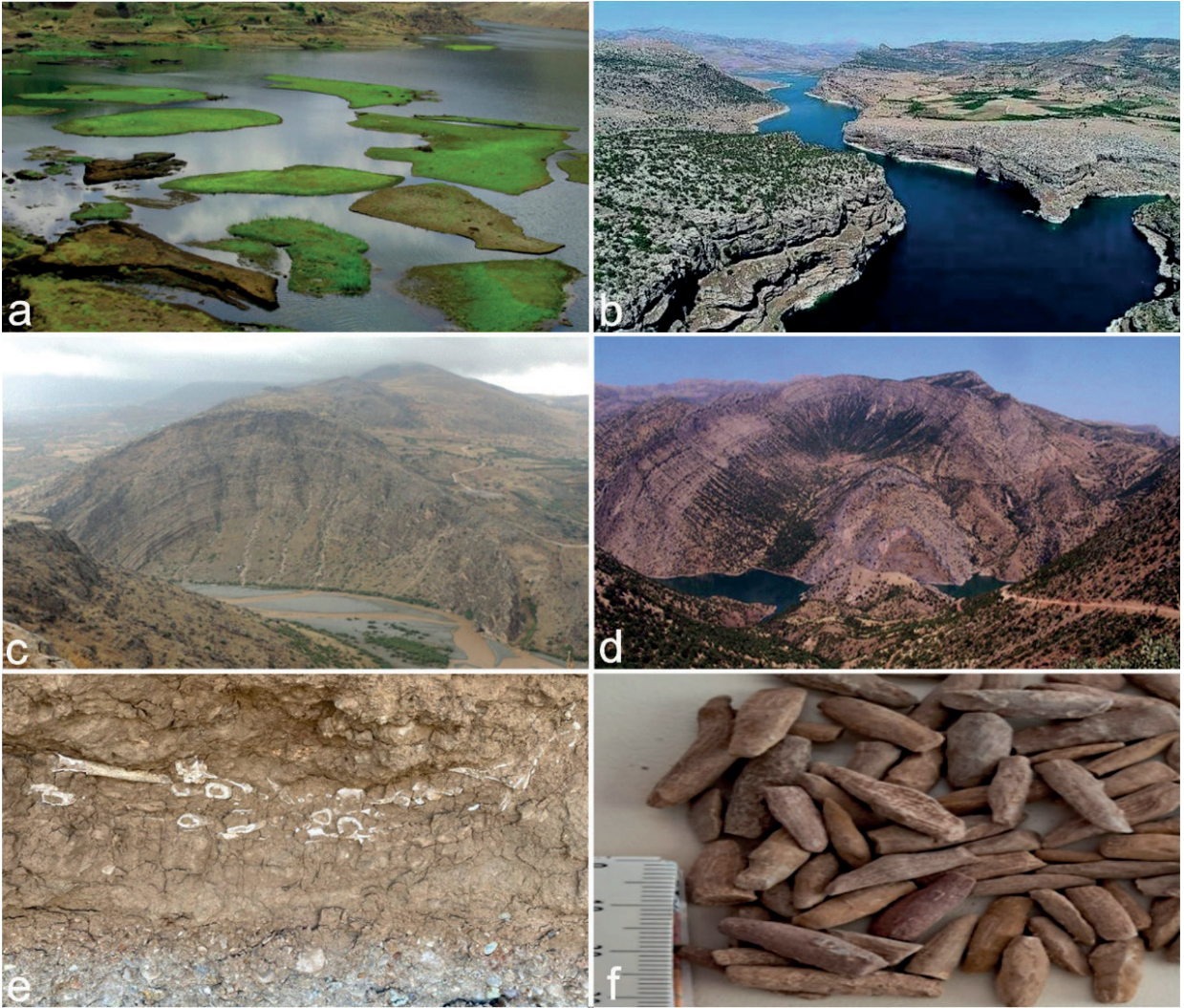
Türkiye’de nispeten yeni bir araştırma konusu olmalarına rağmen, yüzen adaların tanınması, korunması ve sürdürülebilir kullanımına yönelik çalışmalar hız kazanmıştır. Bu çalışmanın amacı; yüzen adaların jeolojik kökeni, hidrolojik dinamikleri, çökel taşınım süreçleri ve bunların ekosistemle etkileşimini bilimsel bir bakış açısıyla ele alarak, bu alanların doğa eğitimi ve jeoturizm/ ekoturizm açısından potansiyelini vurgulamaktır.

Çizelge 1. Adıyaman’da kaydedilen jeositler, koruma statülü alanlar ve değer kategorileri. Nitelikler dört temel kriterle (a-d) sınıflandırılmıştır: **a)** Uluslararası jeolojik öneme sahip, **b)** Ulusal jeolojik öneme sahip, **c)** Yer bilimleri eğitimi açısından önemli, **d)** Jeoturizm ve doğa fotoğrafçılığı için değerli.

Table 1. Documented geosites, protected areas, and their valuation in Adıyaman Province. Attributes are categorised under four criteria (a-d): **a)** Internationally significant geological value, **b)** Nationally significant geological value, **c)** Essential for geoscience education, **d)** Valuable for geotourism and nature photography.

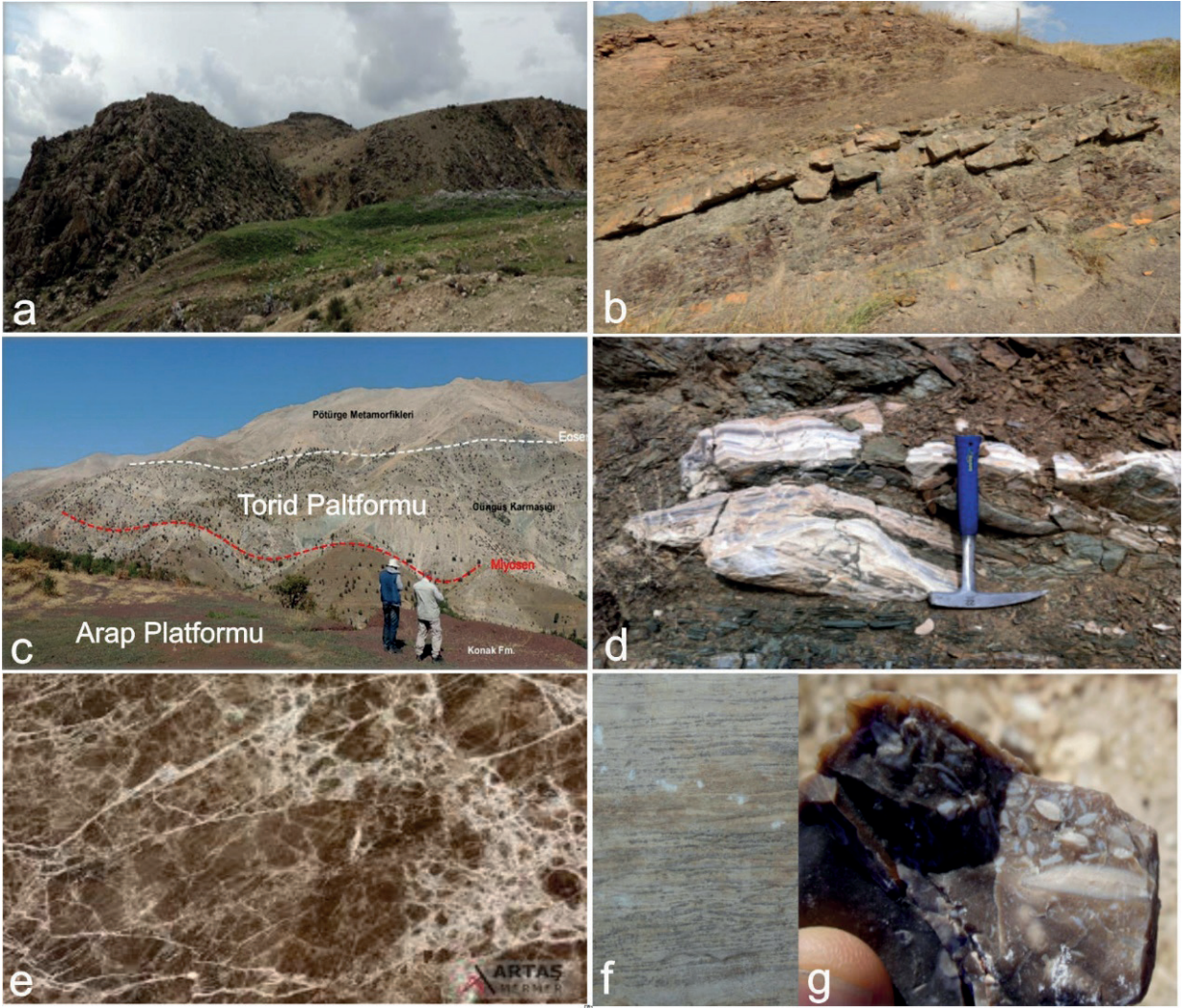
I. JEOLJİK MİRAS-JEOSİT (ProGEO Kategorilerine göre)					
Grup A. Stratigrafik		Grup B. Volkanik, Metamorfik ve Tortul Petroloji, Dokular ve Yapılar, Olaylar ve Provensler	Grup C. Mineralojik, Ekonomik	Grup D. Yapısal	
<p>A.1. KUVATERNER</p> <p>1. Fırat Nehri Taraçaları -b, c 2. Göksu Çayı Taraçaları -b, c, d 3. Harmanlı Kömür (Linyit) Yatakları -b, c 4. Kahta Çayı Taraçaları -b, c, d</p> <p>A. 2. FANEROZOİK</p> <p>5. Alt Paleozoyik İstifi-Meryemuşağı Devrik Kesiti -b, c, d 6. Çat Silüriyen Graptolitleri Fosil -b, c, d 7. Çört içinde nummulit fosilleri-Hoya Fm. – b, c, d 8. İnışdere Kesiti-Güneydoğu Anadolu (Adıyaman) Petrol Sistemi-OAE2 olayı -a, b, c, d 9. Kahta Alıdamı Rudist Fosil Yatağı -a, b, c, d 10. Kahta Erikdere Memeli Fosil Yatağı -b, c, d</p>		<p>11. Kahta Kocahisar <i>Loftusia</i> Fosil Yatağı -b, c, d 12. Kaplandere Kesiti (Kambriyen Tortul İstif)-Koruk Stromatolitleri -b, c, d 13. Kretase-Paleojen Sınırı (K-Pg) -b, c, d 14. Koçalı Karmaşığı-Ofiyolitik seri -b, c, d 15. Neotetisin Kapanması-Cendere Kesiti-Lice Formasyonu -b, c, d 16. Şelmo Formasyonu-Yumuşak Çökel Deformasyon Yapıları -b, c, d 17. Şelmo (Kahta) Gösel Neojen İstifi -b, c, d 18. Zabuk Kırmızı Çapraz Tabakalı Kumtaşları (Kambriyen) -b, c, d</p> <p>A.3. PROTEROZOYİK</p> <p>19. Meryemuşağı Formasyonu (Prekambriyen İstifi) -b, c, d</p>	<p>20. Neotetis Güney Kolu -b, c, d 21. Tut Metamorditleri-Düşük Derece Metamorfizma -b, c, d</p>	<p>22. Akçatepe Çatlaklı Petrol Sızıntıları -a, b, c, d 23. Kastel Petrollü Kumtaşları -a, b, c, d 24. Kuyulu Petrol Sızıntıları -a, b, c, d 25. Pınarbaşı-Bulam Apatitleri -b, c</p>	<p>26. Adıyaman Fay Zonu - b, c 27. Alıdağ Yapısı - b, c, d 28. Artan Tektonik Penceresi - b, c, d 29. Bozova Fay Zonu - b, c 30. Cendere Antiklinali (Çiçek Yapısı) - b, c, d 31. Doğu Anadolu Fayı -a, b, c 32. Halof Ters Fayı ve Dislokasyon Breşleri (Milonitler) - b, c 33. Halof Antiklinali - b, c 34. Kızılın fayı - b, c 35. Kocahisar Fayı, Kahta Çayı Ötelenmesi - b, c 36. Korudağ Antiklinali - b, c, d 37. Palanlı Antiklinali - b, c, d 38. Samsat Fay zonu - b, c</p>

Grup E. Jeomorfolojik Yapılar, Aşınma ve Depolanma Süreçleri, Yerçekilleri ve Arazi Manzaraları	Grup F. Tarihi, Kültürel		Grup H. Kıta ve Okyanus Ölçeğinde Jeolojik Olaylar, Levha İlişkileri
39. Akpınar Köyü-Kırgıbayır - b, c 40. Cendere Kanyonu - b, c, d 41. Çövenek Sugözü Mağarası - b, c 42. Değirmençayı Kanyonu - b, c 43. Gerger Kanyonu - b, c, d 44. Göksu Mağaraları - b, c 45. Gümüşkaya (Palaş) Mağaraları - b, c 46. Hoya Karstlaşmaları (Dolin ve Lapyra) - b, c 47. Kızılin Kanyonu - b, c, d 48. Palanlı Mağarası - b, c, d 49. Sugözü Kanyonu - b, c 50. Zey Kanyonu - b, c 51. Zey Mağaraları - b, c	52. Adıyaman Emperador Taşı - b, c 53. Arsemia Kutsal Alanı- a, b, c, d 54. Belveren Fm. İlk tanım yeri - b, c 55. Burç Kaya Yerleşimleri - b, c 56. Derik Kutsal Alanı (Hereoon) - a, b, c 57. Dikilitaş (Sesönk) - b, c 58. Dolmenler (Kargalı-Oyratlı) - b, c 59. Eski Besni Ören Yeri – a, b, c, d 60. Haydaran Kaya Mezarları - b, c 61. Gerger Kalesi Kaya Anıtı - b, c 62. Karababa Dağı (Antiiklinali)-(Karababa Fm.-Karaboğaz Fm.-Bozova Fm.) İlk tanım yeri -b, c 63. Karadut Karmaşığı, İlk tanım yeri - b, c	64. Karakuş Tümülüsü (Anıtmezar) - a, b, c, d 65. Koçalı Karmaşığı-İlk tanım yeri - b, c 66. Köklüce Kaya Kilisesi - b, c 67. Malpınarı (Kaya Anıtı) - b, c 68. Nemrut Dağı ve Antik Taş Ocağı – a, b, c, d 69. Perre Ören Antik Taş Ocağı - b, c 70. Pirin (Perre) Ören Yeri- a, b, c, d 71. Sayındere Formasyonu İlk tanım yeri -b, c 72. Sofraz (Üçgöz) Tümülüs Mezarları- b, c, d 73. Terbüzek Köyü-Terbüzek Fm.-Besni Fm. İlk tanım yeri -b, c 74. Turuş (Kuyulu) Kaya Mezarları - b,	75. Anadolu-Arap Levhası Bindirme Kuşağı – b, c, d
II. DOĞAL OLUŞUKLAR (GÖL, ŞELELE, KAYNAK SU)		III. TESCİLLİ ALANLAR	
76. Çoğuruk Köyü Şelalesi -b, c, d 77. Erdal-i Şelalesi -b, c, d 78. Haburman Şelalesi -b, c, d 79. İnceler (Tirintil) Köyü Şelalesi -b, c, d 80. Gürlevik Kaynak Suyu -b, c, d 81. Kırkgöz Kaynakları -b, c, d	82. Palanlı Köyü Şelalesi -b, c, d 83. Abdulharap Gölü - c, d 84. Azaplı Gölü - c, d 85. Gölbaşı Gölü -b, c, d 86. İnekli Gölü - c, d 87. Sülüklü Göl (Karagöl) - c, d		88. Çat Barajı-Yüzen adalar -b, c, d 89. Doğanlı Çınarı Tabiat Anıtı -b, d 90. Gölbaşı Gölleri Tabiat Parkı -b, c, d 91. Gölbaşı Y. Nasırlı Çınarı Anıt Ağaç -b,, d 92. Nemrut Dağı Milli Parkı -a, b, c, d 93. Tut Çınarı Anıt Ağaç -b, d



Şekil 4. Adıyaman'ın Jeolojik Mirası ve doğal varlıklarından bazı örnekler. Parantez içindeki rakamlar listedeki numaralarıdır. **a)** Yüzen adalar-Çat Barajı (88); **b)** Gerger Kanyonu (43); **c)** Cendere Antiklinali (Çiçek Yapısı), 30); **d)** Korudağ Antiklinali (Kretase-Miyosen Bindirme Tektoniği), **e)** Kahta Erikdere Memeli Fosil Yatağı (10); **f)** Kahta Kocahisar Loftusia Fosil Yatağı (11) (Mülayim vd., 2025a'dan alınmıştır).

Figure 4. Some examples of Adıyaman's geological heritage and natural assets. The numbers in parentheses are their reference numbers in the list. **a)** Floating Islands-Çat Dam (88); **b)** Gerger Canyon (43); **c)** Cendere Anticline (flower structure) (30); **d)** Korudağ Anticline (Cretaceous-Miocene thrust tectonics); **e)** Kahta Erikdere Mammal Fossil Bed (10); **f)** Kahta Kocahisar Loftusia Fossil Bed (11) (Mülayim et al., 2025a).



Şekil 5. Adıyaman'daki Jeolojik Miras ve doğal değerlerden örnekler. Parantez içindeki rakamlar Çizelge 1'deki ve Şekil 3'teki numaraları gösterir. **a)** Alt Paleozoyik İstifi-Meryemuşağı Devrik Kesiti (5); **b)** Meryemuşağı Formasyonu (Prekambriyen İstifi (19); **c)** Anadolu-Arap Levhası Bindirme Kuşağı (75); **d)** Tut Metamorfizması - Düşük Derece Metamorfizma (21); **e)** Adıyaman Emperador Taşı (52); **f)** Kaplandere Kesiti (Kambriyen Tortul İstifi)-Koruk Stromatolitleri, (12); **g)** Çört içinde nummulit fosilleri-Hoya Fm. (7) (Aksu ve Mülayim, 2015 ve Mülayim vd., 2025a'dan alınmıştır).

Figure 5. Examples of geological heritage and natural assets in Adıyaman. The numbers in parentheses indicate their reference numbers in Table 1 and Figure 3. **a)** Lower Palaeozoic Sequence- Meryemuşağı overturned section (5); **b)** Meryemuşağı Formation (Precambrian sequence) (19); **c)** Anatolian-Arabian Plate thrust belt (75); **d)** Tut Metamorphites - low-grade metamorphism (21); **e)** Adıyaman Emperador Stone (52); **f)** Kaplandere Section (Cambrian sedimentary sequence) - Koruk stromatolites (12); **g)** Nummulite fossils in chert - Hoya Fm. (7) (from Aksu and Mülayim, 2015 and Mülayim et al., 2025a).



Şekil 6. Adiyaman'daki tarihi miras değerlerden örnekler. Parantez içindeki rakamlar Çizelge 1'deki ve Şekil 3'teki numaraları gösterir. **a)** Pirin (Perre) Ören Yeri (70); **b)** Palanlı Mağarası (48); **c)** Turuş (Kuyulu) Kaya Mezarları (74); **d)** Arsemia Kutsal Alanı (53); **e)** Kızılın Kanyonu (47); **f** ve **g)** Nemrut Dağı ve Antik Taş Ocağı, (68); Mülayim vd., 2025a'dan alınmıştır).

Figure 6. Examples of historical heritage assets in Adiyaman. The numbers in parentheses correspond to numbers in Table 1 and Figure 3. **a)** Pirin (Perre) ruins (70); **b)** Palanlı Cave (48); **c)** Turuş (Kuyulu) Rock Tombs (74); **d)** Arsemia Sanctuary (53); **e)** Kızılın Canyon (47); **f** and **g)** Mount Nemrut and ancient quarry (68) (taken from Mülayim et al., 2025a).

Ayrıca, sulak alan-karasal ekosistem geçiş zonlarında oluşan bu yapıların, flora-fauna ilişkilerini gözlemlene, biyocoğrafya eğitimi ve doğa temelli eğitim programları için ideal ortamlar sunduğu ortaya konulmuştur. Yüzen adalar, genellikle göl veya bataklık tabanındaki

organik çökellerin ve kök sistemlerinin zamanla su yüzeyine yükselmesiyle oluşur. Bu süreç, çökel birikimi, bitki kolonizasyonu ve hidrolojik dengenin karmaşık etkileşimini yansıtır. Özellikle su seviyesi değişimlerinin aktif olduğu bölgelerde (Çat Baraj Gölü örneği), (Çizelge 1; Şekil

4a) bu adalar jeolojik dinamizmin canlı birer kanıtıdır. Ayrıca, adalar üzerindeki bitki örtüsü ve mikroorganizma faaliyetleri, karbon tutulumu ve erozyon kontrolü gibi jeo-ekolojik işlemlere katkı sağlar. Yapılan gözlemler, yüzen adaların dünya genelindeki benzerleri gibi biyolojik çeşitliliğin sıcak noktaları olduğunu göstermektedir. Kuşlar, sucul canlılar ve adaptif bitki türleri gibi organizmaların simbiyotik ilişkileri, bu ortamlarda çıplak gözle dahi izlenebilir. Bu özellikleriyle yüzen adalar, doğa kampları, biyoloji laboratuvarları ve ekoloji eğitim programları için eşsiz alanlardır. Ayrıca, paleoklim ve paleoçevre araştırmalarına da katkı sağlayabilir.

Yüzen adaların korunması ve sürdürülebilir kullanımı için doğa temelli koruma stratejileri geliştirilmeli, bu alanların eğitim ve turizm amaçlı kullanımı bilimsel verilerle desteklenmelidir. Aynı zamanda, bu ekosistemlerin iklim değişikliği ve insan etkilerine karşı kırılganlığı dikkate alınarak, entegre yönetim planları oluşturulmalıdır (Mülayim vd. 2025a).

Gerger Kanyonu

Türkiye'nin güneydoğusunda, Adıyaman'ın Gerger ilçesinde yer alan Gerger Kanyonu, sadece nefes kesici doğal güzellikleriyle değil, aynı zamanda binlerce yıllık tarihi ile de büyüleyici bir destinasyondur. Fırat Nehri'nin kollarından biri olan Göksu Çayı'nın, milyonlarca yıl boyunca kireçtaşı kayaları oymasıyla oluşan bu muazzam kanyon, ziyaretçilerine hem doğal bir macera hem de bir zaman yolculuğu vaat eder. Gerger Kanyonu, yaklaşık 12-15 kilometre uzunluğunda ve yer yer 200 ila 400 metre derinliğe ulaşan etkileyici bir yapıya sahiptir. Kanyonun dik yamaçları, çeşitli bitki örtüsü ve yaban hayatı için doğal bir barınak oluşturur. Özellikle ilkbahar aylarında yeşilin her tonuna bürünen kanyon, fotoğraf tutkunları ve doğa yürüyüşçüleri için eşsiz manzaralar sunar. Kanyonun tabanından akan berrak su, aynı zamanda rafting ve kano

gibi su sporlarına da olanak tanımaktadır (Çizelge 1; Şekil 4b). Gerger Kanyonu, doğanın gücü ile insanlık tarihinin derin izlerini bir araya getiren, Türkiye'nin en değerli ancak nispeten daha az bilinen açık hava müzelerinden biridir. Hem doğa sporları meraklılarına hem de tarih ve arkeoloji tutkunlarına hitap eden bu bölge, Adıyaman'ın zengin kültürel mirasının anlaşılması için kritik bir öneme sahiptir.

Cendere Antiklinali

Cendere Antiklinali, sol-yanal atımlı Adıyaman Fayı'nın tipik bir "çiçek yapısı" örneği olarak (Çizelge 1; Şekil 4c), Doğu Anadolu Levhası'nın dinamik evrimini kaydeden eşsiz bir jeolojik mirastır. Bu yapı, Avrasya-Arabistan çarpışmasının Üst Miyosen'deki (11-7 milyon yıl) kritik deformasyon fazını temsil eder. Üzerindeki Cendere petrol sahası, yapının ekonomik jeoloji açısından da önemini pekiştirir. Adıyaman Fayı'nın ~10-12 km'lik sol-yanal atımı, Nemrut Dağı yamacındaki Lice mostralalarının konumu ve Fırat Nehri'nin 5 km'lik sol-yanal ötelenmesi ile somutlaşır. "Yırtılma Fay Sistemi" olarak tanımlanan fay; düşey bileşen ve yatay hareketi, sahada gözlenen kademeli (en-echelon) kıvrımlarla doğrulanır.

Doğu Anadolu Fay Zonu (DAFZ) ana koluyla paralel uzanımı ve Sungurlu (1973) çalışmalarıyla belgelenen DAFZ ile etkileşimi, Anadolu'nun neotektonik dönemine ışık tutar. Hazar Gölü güneyindeki Kuvaterner havzasını sınırlaması güncel tektonik aktivitenin jeomorfolojik kanıtıdır. KB-GD uzanımlı fay ile D-B uzanımlı bindirme faylarının kesişim noktasında oluşan antiklinal, "Üst Miyosen tektonizmasının açık hava müzesi" niteliğindedir (Mülayim vd. 2025a).

Korudağ: Kampaniyen - Miyosen Bindirme Tektoniği

Korudağ Antiklinali, Güneydoğu Anadolu'da Kampaniyen (Geç Kretase) ve Orta-Geç

Miyosen bindirme tektoniğinin en net görüldüğü, uluslararası öneme sahip bir jeosit adayıdır. Bu alan, Tetis Okyanusu'nun kapanışı ile Arabistan-Anadolu çarpışmasının iki kritik evresine ait eşsiz tektonik kayıtları barındırır.

Okyanus Kabuğunun İzleri: Kampaniyen'de kuzeydeki Neotetis Okyanusu'nun kapanmasıyla, Koçali Karmaşığı (okyanusal kabuk dilimleri) güneye, Arabistan kıtası üzerine naplar halinde ilerledi. Bu nap dilimleri, kıta yamacında çökelmekte olan Karadut Karmaşığı çökellerini iterek Arabistan üzerine taşıdı. Korudağ'da Koçali ve Karadut birimleri, Arabistan'ın otokton karbonatları (Mardin Grubu ve Sayındere Formasyonu) üzerinde tektonik dokanak ile ilişkilidir (Çizelge 1; Şekil 4d). Kampaniyen bindirmeleri, altındaki Mardin karbonatları ve Sayındere Formasyonu'nu iterek Ordovisiyen yaşlı Bedinan Formasyonu ile birlikte güneye sürükledi. Bedinan Formasyonu sırtındaki Mardin Grubu karbonatları ile birlikte tekrara Mardin Grubu üzerine itildi. Devamında oluşan bindirme düzlemleri, alttaki Mardin grubu, onun üzerindeki Bedinan Formasyonu ve sırtındaki Mardin Grubu ve Koçali-Karadut karmaşıkları ile birlikte antiklinali oluşturdu. Bu iç içe geçmiş bindirme dilimleri, levha çarpışmasının ilk evresine ait çarpıcı bir jeolojik arşiv sunar. Orta Miyosen'de bölge yeniden şiddetli sıkışmaya uğradı. Kuzeyden güneye ilerleyen allokton birimler, platform alanında yeni bindirmelere yol açtı. Bu ikinci tektonik evrede, Korudağ güneyindeki Geç Miyosen yaşlı Şelmo Formasyonu da deforme oldu. Bu, bindirme tektoniğinin milyonlarca yıl sonra bile devam ettiğinin kanıtıdır.

İki Orojenez, Tek Lokalite: Kampaniyen (80-75 milyon yıl) ve Miyosen (15-5 milyon yıl) bindirme olaylarının aynı antiklinal yapıda üst üste izlenebilmesi, dünyada nadir görülen bir jeolojik miras özelliğidir. Nap yapıları, tektonik dokanaklar, itilmiş birimler ve kıvrımlanma, levha tektoniğinin mekanizmalarını anlatan doğal bir açık hava müzesidir (Çizelge 1; Şekil

4d). Bu yapılar, kıtaların çarpışma süreçlerinin anlaşılmasına yönelik vazgeçilmez bir doğal arşivdir. Korunması, bilimsel bilgi birikimine sürekli katkı sağlayacaktır (Mülayim vd. 2025a).

Erikdere-Kahta Geç Miyosen Omurgalıları

Memeli fosilleri Güneydoğu Anadolu Bölgesi'ne ait ilk bulgular olup, bu formasyonda memeli fosillerinin varlığına ilk kez Prof. Dr. Engin Meriç (1963) Adıyaman yöresinin jeolojisi kapsamında yaptığı doktora çalışması sırasında değinmiş ve ilk paleontolojik arazi çalışmaları Ege Üniversitesi Tabiat Tarihi Uygulama ve Araştırma Merkezi araştırmacıları (Prof. Dr. Tanju Kaya ve Dr. Öğr. Üyesi Serdar Mayda) tarafından 2010 yılı içerisinde gerçekleştirilmiştir. Şelmo Formasyonu üç birimden yapılabılır olup, bunlar: Altta alüvyal yelpaze çökellerinden oluşan Tırpal birimi, ortada delta-göl çökellerinden oluşan Alut ve üstte alüvyal yelpaze çökellerinden oluşan Kahta birimleridir. Memeli fosillerini içeren çökel istif Kahta birimi içindedir. Bu birimde, yaklaşık 2 km² lik bir alanda büyük memeli fosil kalıntıları içeren üç fosilli düzey ve 5 lokal fauna saptanmıştır (Çizelge 1; Şekil 4e). Bu bulgu yerleri Erikdere -1'den 5'e kadar numaralandırılmış olup lokaliteler Erikdere Köyü'nün 1 ve 3 km kuzeybatısında ve Kahta'nın 10 ve 11 km kuzeyinde ve birbirlerinden farklı ceplerde yataklanmıştır. Fosillerin yığılım özelliği akarsu çökelme ortamları için tipiktir. Eklemleri iskelet kalıntılarının yanı sıra özellikle uzun kemikler bolca bulunmakta olup, çene ve izole dişlerde elde edilen diğer fosil verileri oluşturur. Faunalarda toplam 80 adet tanımlanabilen materyal ve 100'e yakın oldukça kırık etraf kemikleri ve çeneler ele geçmiştir. Toplam 5 ayrı faunada 7 cins tanımlanmıştır. Erikdere fauna elemanları: *Amphiorcyteropus gaudryi* (Orycteropodidae; Tubulidentata); *Hipparion* sp. I - orta boyutta form; *Hipparion* sp. II - küçük boyutlu form (Equidae; Perissodactyla); *Ancylotherium pentelicum* (Chalicotheriidae;

Perissodactyla); *Gazella* sp., *Pachytragus* sp., *Prostrepsiceros* sp., *Tragoportax* cf. *rugosifrons* (Bovidae-Artiodactyla) ve Giraffidae indet.-iri form Artiodactyla) fosillerini içermektedir. Erikdere faunası, Şerefköy, Salihpaşalar (Muğla), Kemiklitepe- (Eşme-Uşak), Akkaşdağı (Keskin-Kırıkkale) ve Türkiye'deki birçok memeli faunaları ve aynı zamanda, Sisam Adası faunası (Yunanistan) ile benzerlik taşımaktadır. Fauna elemanlarının Avrupa ve Asya'da bulunan benzer taksonlar ile karşılaştırılması sonucu, faunanın sunduğu biyostratigrafik veriler, Erikdere faunasının Geç Miyosen (MN12, 7,5-6,7 milyon yıl öncesi) yaşında olduğunu yansıtır (Kaya vd., 2012). Faunada, hipparionine atlar ve ruminantların baskın olarak bulunması, otçul formların bolluğunu ve seyrek olarak daha yumuşak yaprakla beslenen formların varlığını yansıtır (Mülayim vd. 2025a).

Faunanın çeşitliliği ve ana bileşenleri kalın otsu örtünün yoğun olduğu, oldukça açık ağaçlık alanla ile çalılık alanları yansıtır. Erikdere memeli faunası Güneydoğu Avrupa ve Batı Asya'nın orta enlemindeki memeli faunalarıyla palaeocoğrafik olarak yakından ilişkilidir. Ayrıca güneyinde yer aldığı "Yunanistan-İran-Afganistan" bioprovensindeki Turoliyen faunaları ile de son derece uyumludur.

Loftusia Fosil Yatağı

Loftusia, yalnızca Akdeniz Kuşağı, Orta Doğu ve İran'daki Üst Kretase (Maastrichtiyen) çökellerinde bulunan, iğsi şekilli, aglütinant kavkılı iri bir bentik foraminifer cinsidir (Çizelge 1; Şekil 4f). Bu coğrafi sınırlılık, onu bölgesel jeolojik tarihin eşsiz bir tanığı kılar. *Loftusia*, paleontologlar, stratigraflar ve petrol jeologları için vazgeçilmez bir kılavuz fosildir.

Kayaların yaş tayini, paleo-ortamların (özellikle sığ denizel ve lagüner ortamlar) belirlenmesi, stratigrafik ilişkilerin kurulması ve bölgenin jeolojik tarihinin aydınlatılmasında

kritik rol oynar. Bu özellikleri, onu önemli bir jeolojik miras (jeomiras) unsuru yapar. Cins altında 15 tür tanımlanmıştır. Bunlardan 5 tür (*L. anatolica*, *L. baykali*, *L. kahtaensis*, *L. oktayi*, *L. matsumarui*) ilk kez Türkiye'nin Adıyaman yöresinde tanımlanmıştır. Ayrıca, *L. ketini* (Ankara-Haymana) ve *L. turcica* (Elazığ-Sivrice) de Türkiye'den tanımlanan diğer türlerdir (Meriç ve Görmüş, 2001). Bu 7 türün tip lokalitelerinin (ilk tanımlandıkları yerlerin) Türkiye'de bulunması, ülkemizin bu önemli jeolojik miras açısından dünyada merkezi bir konuma sahip olduğunu gösterir.

Adıyaman çevresindeki türler, Eski Kahta, Alıdamı, Çörtinek, Gerger, Besni, Salık ve Seyit Mahmut gibi lokalitelerde Besni Formasyonu veya alt Germav Formasyonu'nun killi kireçtaşı ve kireçtaşı seviyelerinden elde edilmiştir (Çizelge 1; Şekil 4f). Türkiye'deki zengin *Loftusia* yatakları, bu kritik dönemi ve ortamları incelemek için eşsiz ve erişilebilir doğal laboratuvarlar sunar (Mülayim vd., 2025a).

Tut - Prekambriyen-Kambriyen İstifi

Meryemuşağı Kesiti, Güneydoğu Anadolu'da nadir görülen devrik (ters yüz olmuş) stratigrafik yapısı ve 540 milyon yıllık Paleozoyik-Mezozoyik kayıtları ile eşsiz bir jeolojik arşiv sunar. Bu kesit, levha çarpışmalarının Anadolu'daki deformasyon tarihini somutlaştıran "doğa laboratuvarı" niteliğindedir. Tektonik deformasyonun şiddetini gösteren bölgesel ölçekte nadir bir mostradır.

Bu kesitin tabanında, Sayındere Formasyonu kremi bej renkli, ince katmanlı, planktonik foraminiferli, killi kireçtaşlarından oluşur. İkinci olarak Mardin Grubu yer alır, alttan itibaren nodüllü çört seviyeleri içeren grimsi bej renkli kireçtaşları gelir. Bunun üzerine, kremi, pembe renkli, ince kristalize, hidrokarbon kokulu dolomitler gelir. Son olarak ta, gri bejimsi gri renkli, orta-kalın katmanlı, mikritik kireçtaşları ile

biter. Bu noktadan sonra Paleozoik birimler başlar (Şekil 5a). Sosink formasyonu, (Kambriyen) bu kesitte faydan dolayı net olarak gözükmemektedir. Koruk formasyonu, (Kambriyen) koyu gri renkli, sert, keskin köşeli kırıklı, ikincil kalsit ve kuvars damarlı, orta kalın tabakalı, yer yer çörtlü dolomitik kireçtaşı ve baskın olarak dolomitden oluşur. Zabuk formasyonu, (Kambriyen), bordo pembemsi-morumsu renkli, ince tabakalı, kumlu şeyl arakatmanlı, meta-kumtaşlarından (kuvarsit) oluşmaktadır. Oldukça sert, sağlam ve keskin köşeli kırıklı olarak gözlenen birim, orta-kaba, köşeli-yarı yuvarlak taneli, kötü boylanmalı, yer yer pirit ve mikalı, paralel ve çapraz ince tabakalıdır Birim nehir ve taşkın ovası çökellerinden oluşmuş örgülü akarsu ortamını temsil eder (Çizelge 1; Şekil 5a). Meryemuşağı formasyonu, (Prekambriyen) koyu siyahımsı, kahvemsı, morumsu renkli ince-orta tabakalı, kumtaşı, şeyl, silttaşı ardalanmasından oluşmaktadır (Şekil 5b) (Mülayim vd. 2025a).

KuzeyArabistan-Anadolu Levhalarının Çarpışma Noktası

Arabistan Levhası, kuzey-kuzeybatı yönünde ilerleyerek, Geç Kretase – Miyosen ve Eosen dönemlerinde Neotetis Okyanusu'nun kapanmasına ve nihayetinde Anadolu Levhası ile çarpışmasına neden olmuştur. Bu devasa kıtasal çarpışma: Bitlis-Zagros Kenet Kuşağı'nı oluşturmuş, Güneydoğu Anadolu Sıkışma Bölgesi'ni yükseltmiş, Doğu Anadolu Fay Zonu (DAFZ) gibi büyük tektonik yapıların gelişimini tetiklemiştir. Bu dinamik süreç, okyanus tabanı kayalarının (ofiyolitler) yüzeye çıkması, derin deniz çökellerinin kıtaya doğru itilerek karaya oturması (*emplacement*) ve şiddetli kıvrım ve kırılmalarla eşsiz bir jeolojik çeşitlilik (jeoçeşitlilik) yaratmıştır. Bu büyük ölçekli tektonik olayın jeomiras değeri, onu oluşturan somut kanıtlarda yatmaktadır:

Ofiyolitik Melanjlar ve Nap Yapıları çarpışmanın en önemli kanıtlarıdır. Eskinin

Neotetis Okyanusu'na ait olan bu karmaşık kaya toplulukları (örneğin, Koçali ve Karadut Kompleksleri), okyanus kabuğunun parçalarını, volkanikleri ve derin deniz çökellerini içerir. Bunlar, bir okyanusun jeolojik envanterinin nasıl karaya taşındığını gösteren açık hava müzeleri ve uluslararası öneme sahip jeositlerdir. İki levhanın tam olarak kaynaştığı hat (sütür zonu) çarpışma mekanizmasını ve derin yapıları anlamak için eşsiz laboratuvarlardır. Çarpışma sonrasında gelişen, içerisinde zengin fosil topluluklarını barındıran Geç Kretase - Paleojen yaşlı sedimanter istifler (Adıyaman çevresindeki karbonat platformları gibi), bölgenin denizel ortamdan karasal ortama nasıl geçtiğinin kaydını tutar. Ayrıca, bu çökeller üzerinde gelişen şev bozulmaları, kıvrımlar ve faylar, çarpışmanın halen devam eden etkilerini gözler önüne serer.

Doğu Anadolu Fay Zonu (DAFZ): Çarpışmanın bir sonucu olarak Anadolu Bloğu'nun batıya doğru kaçışından sorumlu olan DAFZ, aktif tektoniğin canlı bir örneğidir. Fayın morfolojik izleri, sismik aktivitesi ve yarattığı jeomorfolojik şekiller (vadiler, sırtlar, çek-ayır havzalar), diri faylar ve deprem tehlikesi konusunda hem bilimsel hem de toplumsal eğitim için paha biçilmez bir jeomiras değeri taşır (Çizelge 1; Şekil 5c) (Mülayim vd. 2025a).

TARTIŞMA

Jeoturizm, dünya genelinde giderek artan bir ivmeyle gelişmektedir (Dowling ve Newsome, 2018; Olafsdóttir ve Tverijonaite, 2018). Bu gelişimin temelini oluşturan doğal kaynakların başında, bilimsel ve estetik değeri yüksek olan jeolojik miras alanları gelmektedir. Adıyaman ili, bu kapsamda sahip olduğu zengin jeolojik miras birikimiyle, jeoturizm açısından büyük bir potansiyel barındırmaktadır. Özellikle stratigrafik, tarihi-kültürel ve jeomorfolojik şekillenmeler gibi görsel olarak etkileyici ve açıklanması görece kolay unsurlar, jeoturist akışını artırma potansiyeli

taşımaktadır. Etkili jeolojik bilgi aktarımı üç temel amaca hizmet edebilir:

1. Toplumda genel jeoloji bilincini artırmak,
2. Jeolojik miras alanlarının korunması gereğine dikkat çekmek,
3. Jeoturizm destinasyonlarının cazibesini güçlendirmek.

Bu amaçlar doğrultusunda, bilgi panoları, broşürler, web siteleri ve dijital uygulamalar üzerinden zenginleştirilmiş içerikler sunulmalıdır. Özellikle, bölgeye özgü jeolojik süreçleri açıklayan şematik diyagramlar, haritalar ve etkileşimli görseller hedef kitleye jeolojiyi sade ve etkili biçimde anlatmada kritik rol oynayacaktır.

Bununla birlikte, Adıyaman'da jeoturizmin gelişimi, insan kaynaklı çevresel baskılar nedeniyle sınırlı kalmaktadır. Yaz aylarında artan ziyaretçi yoğunluğu, çöp birikimi, izinsiz duvar yazıları (grafiti) ve kaya yüzeylerine fiziksel müdahaleler gibi tehditler yaratmaktadır. Park görevlilerinin yeterli sayıda olmaması bu zararların önlenmesini zorlaştırmakta; kontrolsüz ziyaretçi akışı ise jeositlerin dayanıklılık sınırlarını aşan baskılara maruz kalmasına yol açmaktadır. Bu durum, sürdürülebilir bir jeoturizm modelinin eksikliğini ortaya koymaktadır.

Köroğlu ve Mülayim (2023) tarafından yapılan “*Geoconservation Strategies of Türkiye*” başlıklı çalışmaya göre, Türkiye’de 1970-2023 yılları arasında gerçekleştirilen 124 jeokoruma odaklı akademik çalışmanın yalnızca %6’sı Güneydoğu Anadolu Bölgesi’nde yapılmıştır. Marmara Bölgesi %2 ile son sırada yer alırken, Güneydoğu Anadolu Bölgesi’nin sondan ikinci sırada olması, Adıyaman’ın da dahil olduğu bu bölgenin jeolojik miras açısından büyük ölçüde ihmal edildiğini göstermektedir. Bu tablo, bilimsel çalışmaların ve koruma politikalarının coğrafi dağılımındaki dengesizliği ve Adıyaman gibi potansiyel barındıran illerin sistematik olarak göz ardı edildiğini ortaya koymaktadır.

Jeoturizm bilgisinin geniş kitlelere ulaştırılması amacıyla jeologların sahaya katılımı ve sosyal medya platformları aracılığıyla içerik üretmeleri teşvik edilmelidir. Sosyal medya, jeo eğitim açısından düşük maliyetli, yüksek erişimli bir araç olarak kullanılabilir. Bu bağlamda, YouTube, Instagram ve çevrim içi belgesel platformlarında bölgeye dair kısa tanıtım videoları, sanal turlar ve uzman anlatımlarıyla desteklenen içerikler geliştirilebilir. Bölgedeki kamu kurumları, üniversiteler ve yerel halkın iş birliğiyle yürütülecek projeler, jeoturizmi yalnızca bir turizm faaliyeti değil, aynı zamanda bir eğitim ve kalkınma aracı haline getirebilir. Özellikle gençlerin jeolojik miras konusunda eğitilerek sahada görev alması, hem istihdam olanaklarını artıracak hem de koruma bilincini güçlendirecektir. Adıyaman’ın hem doğal hem de kültürel değerlerinin ekonomik kalkınmaya katkı sağlayabilmesi için yalnızca tanıtım faaliyetleri değil, aynı zamanda yapısal ve yasal reformlar gereklidir. Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü ile Adıyaman İl Kültür ve Turizm Müdürlüğü arasında iş birliği protokolleri geliştirilmeli, uzun vadeli jeoturizm eylem planları hazırlanmalı ve bu planlar il düzeyinde uygulanabilir hale getirilmelidir. Sosyal hizmet uzmanları, yerel yönetimler ve sivil toplum kuruluşları da sürece aktif biçimde dahil edilmelidir.

Jeositlerin sürdürülebilir şekilde korunması ve ziyaretçiye sunulabilmesi için aşağıdaki stratejiler önerilmektedir (Mülayim vd., 2025b):

Alan Koruma: Jeositlerin fiziksel ve estetik bütünlüğünü korumak için alanlar, vandalizm, kaçak kazı, izinsiz giriş ve atık kirliliği gibi tehditlere karşı etkili şekilde korunmalıdır. Tel örgü gibi fiziksel sınırlandırmalar, yüksek çözünürlüklü gece görüşlü CCTV sistemleri ve hareket sensörlü alarm mekanizmaları ile desteklenmelidir. Ayrıca: Jeosit Bilgi ve Koruma Merkezi kurulmalı, burada alan koruma görevlileri için eğitimler düzenlenmelidir. İzleme altyapısı olarak, sensör

temelli deformasyon takip sistemleri ve dronlarla periyodik denetim yapılmalıdır. Yapay zekâ destekli görüntü analizi ile vandalizm, erozyon ya da yıpranma gibi değişimler erkenden tespit edilmelidir.

Tampon Bölge Oluşturulması: Her jeosit çevresinde minimum 100–300 metrelik tampon zon oluşturulmalı ve bu alan içerisinde madencilik, yol inşaatı, konut gelişimi gibi yüksek etkili faaliyetler yasaklanmalıdır. Bu tampon bölge: Çevre düzenlemesi, peyzaj ve biyoçeşitlilikle uyumlu yeşil kuşak olarak planlanabilir. Koruma mevzuatına dahil edilmeli, ÇED süreçlerine jeolojik miras hassasiyeti eklenmelidir. Yerel belediyelerin imar planlarında jeosit tampon alanı kavramı tanımlanmalıdır.

Yerel İstihdam ve Rehberlik: Jeositlerin yönetimi ve tanıtımı sürecinde yerel halkın istihdamı bir öncelik olmalıdır. Bu amaçla: MEB onaylı jeorehberlik sertifika programları açılmalı, mesleki yeterlilik belgesi kazandırılmalıdır. Jeorehberler, yalnızca jeoloji bilgisi değil, afet farkındalığı, ekoturizm rehberliği ve ilk yardım konularında da eğitilmelidir. Kadın kooperatifleri ve gençlik merkezleri, rehberlik alanına dahil edilerek kırsal kalkınmaya katkı sunabilir.

Tematik Jeorotalar: Jeolojik ve kültürel varlıkları bütüncül şekilde deneyimlemeyi amaçlayan tematik rotalar geliştirilmeli, bu rotalar hem günübürlük hem çok günlük seçenekler sunmalıdır: “Jeo-Kültür Rotaları”: Nemrut Dağı – *Loftusia* Fosilleri – Arsemia Antik Yerleşimi – Karstik Obruklar zincirinde oluşturulabilir (Şekil 6). Rotaya entegre audio-guide ve mobil uygulamalar ile ziyaretçilere dijital rehberlik sunulmalıdır. Tabela sistemleri ve yönlendirme panoları, rotalarda görsel bütünlük sağlamalıdır.

Tabela ve Logo: Her jeosit için özel tasarlanmış ikonik bir logo oluşturulmalı ve bu logo hem bilgilendirici tabelalarda hem tanıtım materyallerinde yer almalıdır. Tabelalarda: Jeolojik oluşumun yaşı, tipi, oluşum süreci,

“Yapılması/Yapılmaması gerekenler”, QR kod ile mobil içerik bağlantıları bulunmalıdır. Tabelalar iklim koşullarına dayanıklı, çevreci malzemelerle üretilmeli ve üç dilde (Türkçe, İngilizce, Arapça) hazırlanmalıdır.

Jeoeğitim Turları ve Konaklama: Jeositlerin açık hava laboratuvarları olarak kullanılması için: Okul gezilerine özel jeoeğitim modülleri, öğretmen kılavuzları ve saha materyalleri hazırlanmalıdır. Üniversitelerle iş birliği yapılarak lisans ve lisansüstü düzeyde uygulamalı jeoloji dersleri burada yürütülmelidir. Bölgeye yakın ekokamp alanları, taş ev konseptli pansiyonlar veya doğa dostu konaklama tesisleri teşvik edilmelidir.

Seyir Noktaları ve Yürüyüş Parkurları: Ziyaretçi deneyimini güçlendirmek adına: Jeosit çevresinde 360 derece manzara sunan seyir terasları inşa edilmelidir. Yürüyüş rotaları, engelli bireyler için erişilebilirlik sağlayacak biçimde tasarlanmalı; doğal yapıya zarar vermeyecek malzeme ile kaplanmalıdır. Fotoğrafçılar için özel “gün doğumu/gün batımı noktaları” belirlenebilir.

Kırsal Turizm Entegrasyonu: Jeoturizm yalnızca doğaya değil, kırsal kültüre de açılan bir kapıdır. Bu kapsamda: Yöresel el sanatları atölyeleri (örnek: taş oyma, kil seramik, doğal boya), Yöresel mutfağın sunulduğu aile işletmeleri (geleneksel tandır, içli köfte, pestil), Köylerde ev konaklamaları ve doğa yürüyüşleri desteklenmelidir. Jeorotalar bu deneyimlere uğrayacak şekilde yeniden kurgulanabilir.

Jeoturizm Kompleksi ve Ziyaretçi Merkezi: Jeosit yakınlarında inşa edilecek merkezler:

Kalıcı sergiler (örnek: “Adıyaman’ın 250 milyon yıllık jeolojik tarihi”), 3B jeolojik modelleme laboratuvarları (çocuklar için interaktif deneyim alanları), Jeofotoğrafçılık atölyeleri, çok dilli rehber ofisi, ekolojik kafeterya gibi birimleri içermelidir. Ziyaretçi merkezi, kamu-özel sektör ortaklığı ile işletilebilir ve bölgedeki üniversitelerle akademik bağ kurulabilir.

Tanıtım ve Dijital Varlık: Jeoturizm tanıtımı için dijital strateji temel araçtır. Bu kapsamda:

Mobil uygulama (iOS/Android): haritalar, yönlendirme, sesli rehber, AR desteği, Web sitesi: çok dilli içerik, rezervasyon entegrasyonu, çevrimiçi mağaza, Ulusal ve uluslararası fuarlarda (EMITT, ITB Berlin) profesyonel tanıtım standları, YouTube, Instagram ve TikTok gibi platformlarda düzenli içerik üretimi planlanmalıdır.

Eğitim Modülleri: MEB ve YÖK iş birliğiyle jeorehberlik, jeoturizm ve doğa eğitimi odaklı modüler eğitim programları hazırlanmalıdır. Uzaktan eğitim ve hibrit modelle erişilebilir kurslar açılmalı; sonunda sertifikasyon sunulmalıdır. Eğitim içeriği, jeoloji + turizm + iletişim + güvenlik bileşenlerini kapsamalıdır.

Sosyal Etki: Jeoturizm gelirlerinin en az %20'si yerel kooperatiflere veya köy kalkınma birliklerine aktarılmalıdır. Kadın üretici kooperatifleri desteklenerek yerel ürün satış noktaları oluşturulmalıdır. Sosyal etki ölçümleme sistemleri kurularak (memnuniyet anketleri, etki raporları) kalkınma etkisi izlenmelidir.

Ek Hizmetler: Ziyaretçilere ücretsiz dağıtılmak üzere broşür, harita, bilgi kitapçığı ve çocuklara yönelik jeoloji boyama kitapları hazırlanmalıdır. Rehberler için mini kitaplar, öğretmenler için sınıf içi etkinlik önerileri içeren dokümanlar basılmalıdır.

SONUÇLAR

Jeolojik mirasın sistematik biçimde incelenmesi ve belgelenmesi, Türkiye'nin tüm idari kademelerinde — bölge, il ve ilçe düzeylerinde — artık ertelenemez bir gereklilik haline gelmiştir. Böyle bir envanter çalışması, doğal varlıklarımızın niteliklerini bilimsel temellerle ortaya koyarak hem koruma politikalarının hem de arazi kullanım planlarının daha akılcı biçimde şekillendirilmesini mümkün kılacaktır. Ancak Türkiye'nin zengin jeolojik çeşitliliği, henüz

bu alandaki altyapı eksiklikleri nedeniyle tam anlamıyla değerlendirilememektedir.

Bu bağlamda sunulan çalışma, Adıyaman ili için jeolojik miras envanteri oluşturma sürecinin ilk aşamasını teşkil etmektedir. Elde edilen bulgular, Adıyaman'ın coğrafi yüzölçümüne kıyasla olağanüstü bir jeolojik miras zenginliğine sahip olduğunu gözler önüne sermektedir.

Çalışmada elde edilen mekânsal veriler, Adıyaman'daki jeolojik miras öğelerinin ilin dört bir yanına yayılmış olduğunu göstermekte; ancak bazı ilçelerdeki düşük yoğunluk, bu alanlarda yeterince araştırma yapılmaması ya da tespit edilmiş unsurların henüz resmi süreçlere dahil edilmemiş olmasından kaynaklanmaktadır. Bu nedenle, özellikle az temsil edilen ilçelerde yoğunlaştırılmış saha çalışmaları yapılması ve mevcut potansiyelin ayrıntılı biçimde incelenmesi büyük önem taşımaktadır. Bu süreçte yerel yönetimlere ciddi sorumluluklar düşmekte; bu çalışma ise yerel idareler için önemli bir başlangıç referansı oluşturmaktadır.

Jeolojik miras öğelerinin dağılımına ilişkin analizler, envanter çalışmalarının ilçe ölçeğinde yürütülmesinin metodolojik avantajlarını da ortaya koymaktadır. İlçelerin sınırlı yüzölçümleri, jeositlerin tespitini kolaylaştırmakta ve bölgesel jeolojik olayların küçük ölçekte göz ardı edilmesini önlemektedir. Sınır aşan jeositlerin değerlendirilmesinde ise, bu unsurların ağırlıklı olarak bulunduğu ilçe temel alınarak sınıflandırma yapılmış, fakat ilçe bazlı envanterlerde bu jeositlerin her iki ilçede de yer alması ve bakım-yönetim süreçlerinin ortak protokollerle yürütülmesi önerilmiştir.

Jeolojik mirasın varlığı, ancak bilimsel araştırmalarla desteklendiğinde, toplumda jeo eğitim yoluyla farkındalık yaratıldığında ve sürdürülebilir jeoturizm uygulamalarıyla yerel kalkınmaya katkı sağladığında gerçek anlamını kazanır. Adıyaman özelinde olduğu kadar, Türkiye genelinde de bu potansiyel fazlasıyla

mevcuttur. Şimdi sıra, bu doğal sermayeyi toplumsal faydaya dönüştürme yönünde karar alıcıların somut adımlar atmasındadır. İlk etapta yapılması gerekenler arasında toplumsal farkındalığın artırılması, jeolojik koruma yaklaşımlarının kurumsallaştırılması ve yerel ölçekte uygulanabilir jeoturizm modellerinin geliştirilmesi yer almaktadır.

Adıyaman'ın sahip olduğu bu jeolojik miras, yalnızca akademik çalışmalarla sınırlı kalmamalı; aynı zamanda yerel kalkınma politikalarının temel taşlarından biri olarak değerlendirilmelidir. Jeoturizm rotaları, kırsalda istihdamı artırıcı jeoeğitim projeleri ve doğayla bütünleşik sürdürülebilir ekonomi modelleri sayesinde bu potansiyel uzun vadeli bir kazanç dönüştürülebilir. Bu süreçte başarının anahtarı ise, kurumlar arası eşgüdüm, yerel halkın sürece aktif katılımı ve bilimsel verilere dayalı planlamanın birlikte yürütülmesidir.

EXTENDED SUMMARY

This comprehensive study aimed to systematically inventory and evaluate the geological heritage (geosites) in Adıyaman province, Türkiye, assessing the significant potential for geotourism development. The research is grounded in established international (ProGEO, 1998) and national (Kazancı et al., 2015) classification schemes, providing a robust scientific framework for the assessment. Adıyaman is situated within the complex tectonic structures of the Bitlis-Zagros Orogeny, a major mountain-building event resulting from the collision of the African, Arabian, and Eurasian plates. This dynamic geological history, involving subduction, ophiolite obduction, continental collision, and subsequent tectonic escape, has endowed the region with extraordinary geodiversity despite its relatively small geographical area. The province's geology includes a complete sequence from Pre-Cambrian to Quaternary units, featuring ophiolitic mélanges,

thrust sheets, suture zones, and unique sedimentary formations, making it a natural archive of millions of years of Earth's history.

The study involved systematic field work to catalogue geosites throughout the province. Each site was mapped, classified according to ProGEO categories, and evaluated based on its scientific, educational, and visual/aesthetic value. The inventory also incorporates elements of natural heritage (e.g., waterfalls, monadnocks) and existing protected areas to present a holistic view of the region's geological and natural diversity. A key distinction is made between "geological heritage" (older formations reflecting deep Earth processes) and "natural heritage" (younger, often climate-dependent features).

The research highlights several geosites with national and international importance, including:

Floating Islands of Çat Dam: Dynamic ecosystems formed by buoyant organic sediments, serving as natural laboratories for geo-ecological processes and biodiversity.

Cendere Anticline: A classic "flower structure" formed by the left-lateral Adıyaman Fault, providing a tangible record of the East Anatolian Fault Zone's neotectonic activity.

Korudağ Anticline: An internationally significant site where two distinct orogenic events—the Late Cretaceous (Campanian) and Mid-Late Miocene thrusting phases—are superbly exposed within a single structure, offering a unique window into plate collision mechanisms.

Erikdere-Kahta Late Miocene Vertebrate Fossils: A rich fossil locality containing a diverse assemblage of large mammals (e.g., hipparionine horses, bovids, chalicotheres), providing crucial insights into late Miocene palaeoecology and biogeography (bioprovince) in the region.

Loftusia Fossil Beds: Maastrichtian-aged, spindle-shaped larger benthic foraminifera. Adıyaman is a global type locality for several

Loftusia species, making these beds a critical stratigraphic marker and a palaeontological heritage site of global importance.

Tut Pre-Cambrian to Cambrian Sequence (Meryemuşağı Section): An exceptional, inverted stratigraphic section exposing a continuous record of over 540 million years, representing a rare window into the Palaeozoic and Mesozoic basement of the Arabian Platform.

North Arabian-Anatolian Plate Collision Zone: The broader tectonic context of Adıyaman itself is a heritage feature, evidenced by ophiolitic mélanges (Koçali, Karadut Complexes), suture zones, and active tectonics on the East Anatolian Fault Zone (EAFZ).

The geological heritage of Adıyaman faces significant anthropogenic threats, including quarrying, vandalism, unregulated tourism, and legal gaps in protection. A notable finding is the significant under-representation of geoconservation studies in Southeastern Anatolia compared to other regions of Türkiye, highlighting a critical research and policy gap.

The study concludes with a comprehensive set of strategies for sustainable conservation and development:

Site Protection: Implementing physical barriers, advanced monitoring (CCTV, drones, AI-based image analysis), and establishing a dedicated Geosite Information and Protection Centre.

Buffer Zones: Creating 100-300-metre protective zones around each geosite to prohibit damaging activities.

Local Capacity Building: Developing certified “geo-guide” training programs to create local employment and ensure knowledgeable stewardship.

Thematic Georoutes: Designing integrated routes (e.g., “Geo-Culture Routes”) that combine

geological and archaeological attractions (like Mount Nemrut), supported by digital tools (apps, audio guides).

Infrastructure and Education: Constructing visitor centres, observation decks, and accessible trails. Integrating geosites into formal education through field modules and university courses.

Promotion and Digital Strategy: Leveraging social media, a dedicated mobile app, and international tourism fairs for promotion.

Community Integration: Ensuring a portion of tourism revenue supports local communities, cooperatives, and rural development projects.

Adıyaman possesses an exceptional and dense concentration of geological heritage, representing a vast, untapped potential for geotourism that can serve as a catalyst for sustainable regional development. The successful transformation of this geoheritage into a beneficial resource requires urgent action including the completion of detailed inventories, the institutionalization of protection measures, the development of science-based tourism models, and, ultimately, a strong commitment to interdisciplinary cooperation and public awareness. This study serves as a critical first step and a foundational reference for these efforts, advocating for the recognition of Adıyaman’s geological wealth as a cornerstone of its future development strategy.

KATKI BELİRTME ve TEŞEKKÜR

Bu çalışma, 13-15 Haziran 2025 tarihlerinde Adıyaman Üniversitesi’nde düzenlenen "Adıyaman’ın Jeolojik Mirası Çalıştayı"na dayanmakta olup, bölgenin jeolojik hazinelerini belgelemeyi ve bu mirasın korunmasına yönelik bilimsel farkındalığı artırmayı amaçlamaktadır. Çalıştaya özverili katkılar sunan Prof. Dr. Mehmet Özkul, Prof. Dr. Atike Nazik, Doç. Dr. Senem

Tekin, Osman Özdemir ve tüm ekip arkadaşlarıma teşekkürlerimi sunarım. Araştırmanın kavramsal ve metodolojik çerçevesi, Prof. Dr. Nizamettin Kazancı'nın değerli öneri ve yönlendirmeleriyle şekillenmiş öncül incelemeler üzerine inşa edilmiş; bu çalışmada ise konu, kapsam ve derinlik bakımından genişletilerek ele alınmıştır. Doğal miras envanterine ilişkin veriler, Adıyaman İli tescilli kültür varlıkları ile Milli Parklar ve Doğa Koruma Genel Müdürlüğü ile Tabiat Varlıkları Koruma Genel Müdürlüğü'nün resmi ve erişime açık kayıtlarından sistematik olarak derlenmiştir. Makalenin ilk versiyonuna yaptığı kapsamlı değerlendirme ve değerli katkılar için Dr. Fatih Köroğlu'na içten teşekkür ederim. Dergi hakemlerinin titiz incelemeleri ve yapıcı önerileri de çalışmanın bilimsel niteliğinin gelişmesine önemli katkı sağlamıştır. Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı'na (TPAO), TPAO Arge Merkezi'ne (ARGEM) ve TPAO Adıyaman Bölge Müdürlüğü'ne desteklerinden dolayı müteşekkirim. Özellikle saha çalışması sırasındaki katkıları ve değerli tavsiyeleri için Dr. Remzi Aksu'ya da ayrıca teşekkürü bir borç bilirim.

ORCID

Oğuz Mülayim  <https://orcid.org/0000-0003-3283-8070>

KAYNAKLAR / REFERENCES

- Aksu., R. ve Mülayim., O. (2015). *Adıyaman ve Çevresinin Jeolojisi Teknik Gezi Kılavuzu*. TPAO 2332, 1–107 (in Turkish).
- Alkaç, O., Köroğlu, F. & Mülayim, O. (2024). Assessing the Contribution of Clastic Sedimentary Rocks to Geosite Potential and Geoscience Education: An Example of Coarse-grained Turbidite Sequences, Baskil (Elazığ, Türkiye). *Geoheritage*, 16, 109. <https://doi.org/10.1007/s12371-024-01014-z>
- Brilha, J., Andrade, C., Azerêdo, A., Barriga, F. J. A. S., Cachão, M., Couto, H., Cunha, P. P., Crispim, J. A., Dantas, P., Duarte, L. V., Freitas, M. C., Granja, M. H., Henriques, M. H., Henriques, P., Lopes, L., Madeira, J., Matos, J. M. X., Noronha, F., Pais, J., Piçarra, J., Ramalho, M. M., Relvas, J. M. R. S., Ribeiro, A., Santos, A., Santos, V. & Terrinha, P. (2005). Definition of the Portuguese frameworks with international relevance as an input for the European geological heritage characterisation. *Episodes*, 28(3), 177–186. <https://doi.org/10.18814/epiiugs/2005/v28i3/004>
- Brilha, J. (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. (2018). *Geoheritage: Inventories and evaluation*. Assessment, Protection, and Management. Elsevier Inc.
- Bruno, D. E., Crowley, B. E., Gutak, J. M., Moroni, A., Nazarenko, O. V., Oheim, K. B., Ruban, D.A., Tiess, G. & Zorina, S. O. (2014). Paleogeography as geological heritage: Developing geosite classification. *Earth-Science Reviews*, 138, 300-312. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2014.06.005>
- Cater, J. M. L. & Tunbridge, I. P. (1992). Palaeozoic tectonic history of SE Turkey. *Journal of Petroleum Geology*, 15(1), 35–50. <https://doi.org/10.1111/j.1747-5457.1992.tb00864.x>
- Cleal, C. J., Thomas, B. A., Bevins, R. E. & Wimbledon, W. A. P. (1999). Geosites—an international geoconservation initiative. *Geology Today* 15(2), 64–68
- Çoruh, T., Yakar, H., Ediger, V.S. (1997). *Güneydoğu Anadolu Bölgesi otokton istifinin biyostratigrafi atlası (Atlas of biostratigraphy for the autochthonous succession of the Southeastern Anatolian Region)*. TPAO Araştırma Merkezi Grubu, Eğitim Yayınları, Ankara 30, 401 pp.
- Dean, W. T., Martin, F., Monod, O., Günay, Y., Kozlu, H. & Bozdoğan, N. (1997). Precambrian? and Cambrian stratigraphy of the Pembeğli-

- Tut inlier, southeastern Turkey. *Geological Magazine*, 134(1), 37–53. <https://doi.org/10.1017/S001675689700650X>
- Dilek, Y., Thy, P., Moores, E. M. & Ramsden, T. W. (1990). Tectonic evolution of the Troodos Ophiolite within the Tethyan Framework. *Tectonics*, 9(4), 881-823. <https://doi.org/10.1029/TC009i004p00811>
- Dixon, G. (1996). *Geoconservation: An International Review and Strategy for Tasmania*. Miscellaneous Report (pp 1–101). Parks and Wildlife Service, Tasmania.
- Dowling, R. K. & Newsome D. (2005). *Geotourism*. Elsevier.
- Duman, T.Y., Emre, Ö. (2013). The East Anatolian Fault: geometry, segmentation and jog characteristics. In Robertson, A.H.F., Parlak, O. & Ünlügenç, U. C. (Eds.), *Geological Development of Anatolia and the Easternmost Mediterranean Region* (pp. 495–529). *Geological Society, London, Special Publications* 372.
- Fourcade, E., Dercourt, J., Günay, Y., Azema, J., Kozlu, H., Bellier, J.P., Cordey, J.P., Cros, F., De Eever, P., Enay, P., Hernandez, R., Lauer, J. & Vrielynck, B. (1991). Stratigraphie et paléogéographie de la marge septentrionale de la plateforme arabe au Mesozoïque (Turquie de Sud-East). *Bulletin de la Société Géologique de France*, 162(1), 27–41. <https://doi.org/10.2113/gssgfbull.162.1.27>
- Golonka, J. (2004). Plate tectonic evolution of the southern margin of Eurasia in the Mesozoic and Cenozoic. *Tectonophysics*, 381(1–4), 235–273. <https://doi.org/10.1016/j.tecto.2002.06.004>
- Gray, M. (2004). *Geodiversity: Valuing and Conserving Abiotic Nature*. John Wiley and Sons, Chichester, UK
- Güven, A., Dinçer, A., Tuna, E.M. & Çoruh, T. (1991). Stratigraphic evolution of the Campanian–Paleocene autochthonous succession of the Southeast Anatolia. *Ozan Sungurlu Symposium Proceedings*, pp. 238–261.
- Henriques, M. H., Canales, M. L., García-Frank, A. & Gomez-Heras, M. (2019). Accessible geoparks in Iberia: a challenge to promote geotourism and education for sustainable development. *Geoheritage*, 11, 471-484. <https://doi.org/10.1007/s12371-018-0300-5>
- Henriques, M. H., Pena dos Reis, R., Brilha, J. & Mota, T.S. (2011). Geoconservation as an emerging geoscience. *Geoheritage*, 3(2), 117-128. <https://doi.org/10.1007/s12371-011-0039-8>
- Herece, E. (2008). *Atlas of East Anatolian Fault (EAF)*. General Directorate of Mineral Research and Exploration, Special Publication Series 1–3.
- Herrera-Franco, G., Mata-Perelló, J., Caicedo-Potosí, J. & Carrión-Mero, P. (2023). Vulnerability in Geosites: A Systematic Literature Review. In: Leal Filho, W., Frankenberger, F. & Tortato, U. (Eds), *Sustainability in Practice*. World Sustainability Series. Springer, Cham.
- Hose, T. A. (2005). Geotourism and interpretation. In Dowling, R.K. & Newsome, D. (Eds), *Geotourism*. Elsevier
- IUGS (2022). International Union of Geological Sciences (2022). *The First 100 IUGS Geological Heritage Sites* (pp. 301). ISBN: 978-1-7923-9975 6. International Union of Geological Sciences Publication.
- Kaya, T., Şen, Ş., Mayda, S., Saraç, G., Metais, G. (2012). Adıyaman dolaylarındaki (Güneydoğu Türkiye) Geç Miyosen memeli fosilleri. *65.Türkiye Jeoloji Kurultayı. Bildiri özeti*, 2-6 Nisan/April 2012
- Kazancı, N. (2010). *Jeolojik Koruma; Kavram ve Terimler*. Jeolojik Mirası Koruma Derneği.
- Kazancı, N. (2012). Geological background and three vulnerable geosites of the Kızılcahamam–Çamlıdere Geopark project in Ankara, Turkey. *Geoheritage* 4(4), 249-261. <https://doi.org/10.1007/s12371-012-0064-2>
- Kazancı, N., & Gençoğlu Korkmaz, G. (2023). Konya İlinin Doğal Varlıkları ve Jeolojik Miras Potansiyeli

- / Natural Assets and Geological Heritage Potential of Konya Province. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 66(3), 403-420. <https://doi.org/10.25288/tjb.1321896>
- 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)
- Köroğlu, F. & Mülayim, O. (2023). Geoconservation strategies of Türkiye. *Geoheritage*, 15, Article 97. <https://doi.org/10.1007/s12371-023-00862-5>
- Köroğlu, F. (2025). Paleobiyolojik Jeosit Kavramı: Doğu Karadeniz'in K/Pg Jeositlerinde Referans Bir Çalışma, KD Türkiye. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 68(1), 33-84. <https://doi.org/10.25288/tjb.1570386>
- Köroğlu, F., Mülayim, O. & Alkaç, O. (2025). A proposal for a new educational model: Geoconservation Education (GEOEDU) model. *International Journal of Geoheritage and Parks*, 13(1), 133-143. <https://doi.org/10.1016/j.ijgeop.2024.10.001>
- Meriç, E., Oktay, F.Y. & Özer, S. (1985). New observations on the stratigraphical development of the Besni Formation to the northwest of Alıdamı (KahtaAdıyaman). *Jeoloji Mühendisliği*, 25, 51-54 (in Turkish with English abstract).
- Meriç, E., Oktay, F.Y., Toker, V., Tansel, I. & Duru, M. (1987). Sedimentary geology and biostratigraphy (foraminifera, nannoplankton and ostracods) of the Upper Cretaceous–Eocene sequence in the Adıyaman area, southeast Turkey. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 30(2), 19–32. https://www.jmo.org.tr/resimler/ekler/2547f5a44d87da3_ek.pdf
- Meriç, E. & Görmüş, M. (2001). The Genus *Loftusia*. *Micropaleontology*, 47, 1–71. <http://www.jstor.org/stable/1486146>
- Mikhailenko, A. V., Ruban, D. A. & Ermolaev, V. A. (2021). Accessibility of geoheritage sites—a methodological proposal. *Heritage*, 4(3), 1080–1091. <https://doi.org/10.3390/heritage4030060>
- Mülayim, O., Özkul, M., Nazik, A. & Tekin S. (202a5). *Adıyaman'ın Jeolojik Mirası Çalıştayı Workshop On Geoheritage of Adıyaman Bildiri Özleri Kitabı ve Saha Gezisi Rehberi Abstracts Book and Field Trip Guidebook*. TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası (JMO) ISBN: 978-605-01-1464-5. p. 80.
- Mülayim, O., Köroğlu, F. & Alkaç, O. (2025b). Volcanic Geoheritage and Geotourism Values of the Siverek Columnar Basalts, Şanlıurfa (SE Türkiye). *Geoheritage*, 17 Article 103. <https://doi.org/10.1007/s12371-025-01154-w>
- Okay, A.I. & Tüysüz, O. (1999). Tethyan Sutures Northern Turkey. In *The Mediterranean Basins: Tertiary Extension Within The Alpine Orogen*, 156. Geological Society, London, Special Publication, pp. 475–515.
- Ólafsdóttir, R. & Tverijonaite, E. (2018). Geotourism: A Systematic Literature Review. *Geosciences*, 8(7), Article 234. <https://doi.org/10.3390/geosciences8070234>
- Özer, S. & Mülayim, 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>
- Özkul, M., Gül, A., Semiz, B., Koralay, T., Topal, S., Gökgöz, A., Özen, H., Erten, H., Hançer, M. ve Kumsar, H. (2025). Denizli İlinin (GB Türkiye) Jeoçeşitliliği ve Önemli Jeositleri / Geodiversity and Significant Geosites of the Denizli Province (SW Türkiye). *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 68(4), 145-188. <https://doi.org/10.25288/tjb.1559108>
- Patzak, M. & Eder, W. (1998). “UNESCO GEOPARK”. A new programme-a new UNESCO label. *Geologica Balcanica*, 28, 33-35. <https://doi.org/10.52321/GeolBalc.28.3-4.33>
- Perinçek, D. (1979a). Geology of the Hazro-Korudağ-Çüngüs-Maden-Ergani-Hazar Elazığ-Malatya region. The Geology of Hazro-Korudağ-Çüngüs-Maden-Ergani Hazar-Elazığ-Malatya area. *Special Publication of the Geological Society of Turkey*, pp. 1–33.

- Perinçek, D. (1979b). *Çelikhan-Sincik-Koçali (Adıyaman) bölgelerinin jeolojik incelemesi (Geological Investigation of the Region between Çelikhan-Sincik-Koçali (city of Adıyaman))*, (Report, 1394). Turkish Petroleum Corporation, , pp. 130 (in Turkish with English abstract).
- ProGeo Group, (1998). A first attempt at a geosites framework for Europe- an IUGS initiative to support recognition of World heritage and European geodiversity. *Geologica Balcanica* 28, 5-32. <https://doi.org/10.52321/GeolBalc.28.3-4.5>
- Prosser, C. D., Murphy, M. & Larwood, J. G. (2006). *Geological site conservation. In Geological conservation—a guide to good practice* (pp. 15–36). English Nature.
- Prosser, C. D., Díaz-Martínez, E. & Larwood, J. G. (2018). The Conservation of Geosites. In *Geoheritage* (pp. 193–212). Elsevier
- Reynard, E. & Brilha, J. (Eds.), (2018). *Geoheritage: Assessment, Protection, and Management*. Elsevier, Amsterdam.
- Rigo de Righi, M. & Cortesini, A. (1964). Gravity tectonics in foot hills structure belt of southeast Anatolia. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, 48(12), 1911–1937. <https://doi.org/10.1306/A66334D8-16C0-11D7-8645000102C1865D>
- Robertson, A. H. F., Parlak, O. & Ustaömer, T. O. (2013a). Late Palaeozoic–Early Cenozoic tectonic development of Southern Turkey and the easternmost Mediterranean region: evidence from the inter-relations of continental and oceanic units. In Robertson, A. H. F., Parlak, O. & Ünlügenç, U.-C. (Eds.), *Geological Development of the Anatolian Continent and the Eastern Mediterranean Region* (pp. 9–48). *Geological Society, London, Special Publications*, 372.
- Robertson, A. H. F., Parlak, O., Ustaömer, T., Taşlı, K., Inan, N., Dumitrica, P. & Karaoğlan, F. (2013b). Subduction, ophiolite genesis and collision history of the Eurasian continental margin: new evidence from the Eastern Pontides, Turkey. *Geodinamica Acta*, 26, 230–293. <https://doi.org/10.1080/09853111.2013.877240>
- Robertson, A. H. F., Parlak, O., Dumitrica, P., Taşlı, K. & Yıldırım, N. (2014). Structural, Sedimentary and Igneous Evidence for the Genesis and Emplacement of the Rifted Continental Margin of the Southern Neotethys, SE Turkey. *EGU General Assembly Conference, Geophysical Research Abstracts*, April 2014.
- Ruban, D. A. (2010). Quantification of geodiversity and its loss. *Proceedings of the Geologists' Association*, 121, 326-333
- Ruban, D. & Kuo, I.-L. (2010). Essentials of geological heritage site (geosite) management: A conceptual assessment of interests and conflicts. *Natura Nascosta*, 41, 16–31.
- Serrano, E. & Ruis-Flano, P. (2007). Geodiversity: a theoretical and applied concept. *Geographica Helvetica*, 62(3), 140-147.
- Stampfli, G. M., Borel, G. D. (2002). A Plate Tectonic Model for the Paleozoic and Mesozoic Constrained by Dynamic Plate Boundaries and Restored Synthetic Oceanic Isochrons. *Earth and Planetary Science Letters*, 196, 17–33. [https://doi.org/10.1016/S0012-821X\(01\)00588-X](https://doi.org/10.1016/S0012-821X(01)00588-X)
- Sungurlu, O. (1973). *Gölbası-Gerger bölgesinin saha jeolojisi (Field geology of the region between Gölbası-Gerger, District-VI.)*, (Report 802). TPAO, unpublished, 30 pp.
- 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)
- Şengör, A. M. C., Görür, N. & Şaroğlu, F. (1985). Strike-slip faulting and related basin formation in zones of tectonic escape: Turkey as a case study. In Biddle, K. T. & Christie-Blick, N. (Eds.), *Strike-slip Deformation, Basin Formation and Sedimentation* (pp. 227–264). *Society of*

Economic Paleontologists and Mineralogists, Special Publications 37.

- Uzunçimen, S., Tekin, U.K., Bedi, Y., Perinçek, D., Varol, E. & Soycan, H. (2011). Discovery of the Late Triassic (Middle Carnian–Rhaetian) radiolarians in the volcano-sedimentary sequences of the Koçali Complex, SE Turkey: correlation with the other Tauride units. *Journal of Asian Earth Sciences*, 40(1), 180–200. <https://doi.org/10.1016/j.jseaes.2010.08.004>
- Varol, E., Tekin, U. K. & Temel, A. (2007). Dating and geochemical properties of Middle to Late Carnian basalts from the Alakırçay Nappe of the Antalya Nappes, SW Turkey: implications for the evolution of southern branch of Neotethys. *Ofioliti* 32(2), 163–176. <https://doi.org/10.4454/ofioliti.v32i2.355>
- Yıldırım, N., İlhan, S., Yıldırım, E. & Dönmez, C. (2012). The Geology, Geochemistry and Genetical Features of the Ormanbaşı Hill (Sincik, Adiyaman) Copper Mineralization. *Bulletin of the Mineral Research and Exploration*, 144, 75-104.
- Yılmaz, Y. (1993). New evidence and model on the evolution of the southeast Anatolian Orogen. *Geological Society of America Bulletin*, 105, 251–271. [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1993\)105%3C0251:NEAMOT%3E2.3.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1993)105%3C0251:NEAMOT%3E2.3.CO;2)
- Yılmaz, E. ve Duran, O. (1997). *Güneydoğu Anadolu Bölgesi otokton ve allokton birimler stratigrafi adlama kılavuzu “Lexicon”– guide for stratigraphic nomenclature of the autochthonous and allocthonous units in the Southeast Anatolian Region*. Turkish Petroleum Company, Educational Publication, vol. 31, pp. 1–460.



Kapıkaya Kanyonu'nun (Adana, Karaisalı) Jeolojik Miras ve Jeoturizm Potansiyeli
Geological Heritage and Geotourism Potential of Kapıkaya Canyon (Adana, Karaisalı)

Atike Nazik^{1*} , Mustafa Akyıldız¹ , Mehmet Tatar² 

¹ Çukurova Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 01330 Balcalı, Sarıçam, Adana, Türkiye
² ZEMKA, Yurt Mah. Süleyman Demirel Bul. 71533 Sk. Pembe Köşk Apt. 75/A Çukurova, Adana, Türkiye

• Geliş/Received: 15.09.2025 • Düzeltilmiş Metin Geliş/Revised Manuscript Received: 13.11.2025 • Kabul/Accepted: 21.11.2025
• Çevrimiçi Yayın/Available online: 17.05.2026 • Baskı/Printed: 22.05.2026

Araştırma Makalesi/Research Article *Türkiye Jeol. Bül. / Geol. Bull. Turkey*

Öz: Adana Havzası, kuzeyde Toros Dağ Kuşağı, güneyde Akdeniz, batıda Ecemiş Fayı ve doğuda Amanos Dağları arasında yer alır. Havza tektonik, stratigrafik ve morfolojik özellikleriyle dikkat çeken önemli bir jeolojik laboratuvar niteliğinde olup, birçok jeolojik miras öğelerini içermektedir. Bu çalışmada Adana Havzası'nın önemli jeolojik ve jeomorfolojik oluşumlarından biri olan Kapıkaya Kanyonu'nun jeolojik miras değeri ve jeoturizm potansiyeli değerlendirilmiştir. Kapıkaya Kanyonu, Çukurova'nın önemli akarsularından biri olan Seyhan Nehri'nin bir kolu olan Çakıt Çayı üzerindedir. Kanyon, Adana iline 72 kilometre ve Karaisalı ilçesine ise 5 kilometre uzaklıktadır. Türkiye'de karstik alanlarda gözlenen yer altı su akışı sağlayan ve inceleme alanında bulunan Yerköprü ile Karaisalı ilçesine bağlı Kapıkaya köyü arasındadır. Kanyon'un yüksekliği 200 metre ve uzunluğu ise 7 kilometredir. Kanyon güzergahında, Adana Havzası'nın temelini oluşturan Paleozoyik ve Mesozoyik yaşlı birimler ile Senozoyik birimleri yüzeylenmektedir. Çakıt Vadisi boyunca kuzey-güney doğrultusunda az çok birbirlerine paralel uzanan faylar gözlenmekte olup, birimler birbirleriyle tektonik dokanaktır. Kanyon boyunca yerbilimleri eğitimi açısından önemli olan sedimanter kayalar, faylar, kıvrımları ve fosilleri içeren jeoturizm alanları belirlenmiştir. Ayrıca, Kanyonda şelaleler ve hidroelektrik santralleri de yer almaktadır. Biyoçeşitlilik açısından da anıt ağaçları içeren doğal flora ve fauna topluluğu ile dikkat çekmektedir. Kanyon civarında kaleler, köprüler ve hanlar gibi kültürel değerler de yer almaktadır. Doğa gözlemi ve yürüyüşü, dağcılık, kaya tırmanışı, yamaç paraşütü, kanyon geçişi, kampçılık, doğa fotoğrafçılığı ve kültürel varlıkların ziyareti jeoturizm potansiyelini oluşturmaktadır. Kanyon halen "Kesin Korunacak Hassas Alan" statüsündedir.

Anahtar Kelimeler: Adana, eğitim, jeolojik miras, jeoturizm, kanyon.

Abstract: The Adana Basin is located between the Taurid Mountains to the north, the Mediterranean Sea to the south, the Ecemiş Fault to the west, and the Amanos Mountains to the east. The basin is an important geological laboratory with remarkable tectonic, stratigraphic, and morphological features, and contains numerous geological heritage elements. This study evaluated the geological heritage value and geotourism potential of Kapıkaya Canyon, one of the important geological and geomorphological formations of the Adana Basin. Kapıkaya Canyon is located on the Çakıt Stream of the Seyhan River; a major stream in Çukurova. The canyon is 72 kilometres from Adana province and 5 kilometres from the district of Karaisalı. It is located between Yerköprü, a prominent karst feature within the study area that provides observable groundwater flow typical of karst systems in Turkey, and Kapıkaya Village in the Karaisalı district. The canyon has an elevation of 200 meters and a length of 7 kilometres. Along the canyon route, Paleozoic and Mesozoic units, which form the basement of the Adana Basin, as well as Cenozoic units, are exposed. Subparallel faults oriented in a north-south direction are observed along the Çakıt Valley, placing the

geological units in tectonic contact. Geostations containing sedimentary rocks, faults, folds, and fossils, important for geoscience education, were identified throughout the canyon. The canyon also boasts waterfalls and hydropower plants. Its biodiversity is notable for its natural flora and fauna, including monumental trees. Castles, bridges, and inns are cultural assets in the canyon's vicinity. Geotourism potential includes nature observation and hiking, mountaineering, rock climbing, paragliding, canyoning, camping, nature photography, and visiting cultural heritage sites. The canyon still has the status of a "Sensitive Area to be Strictly Protected".

Keywords: Adana, canyon, education, geological heritage, geotourism.

GİRİŞ

Dünyamızı milyonlarca yıldır şekillendiren süreç ve olaylara dair önemli kanıtlar sağlayan, genellikle benzersiz, görsel olarak çekici veya bilimsel değeri olan ayırt edici jeolojik alanlar cansız çevremizi oluşturmakta olup canlılara ev sahipliği yapmaktadır. Bunlardan, yer kabuğunun oluşumu veya evrimi sırasındaki bir olayı, bir süreci veya bir oluşumu ortaya koyan kayaç, mineral, fosil topluluğu, istif, yer şekli, kanyon, jeolojik yapı, doku türünden, bilimsel belge niteliği, bazı durumlarda görsel güzelliği bulunan doğal varlıklar jeosit olarak adlandırılmaktadır (JEMİRKO, 2025a). Jeolojik miras ise, yok olması durumunda bulunduğu bölgeye ait bilgi ve jeolojik bir belgenin kaybolacağı, nadir bulunan, yok olma tehdidi altındaki bir doğal mirastır (Wimbledon, 1996; Kazancı, 2010; Çiftçi ve Güngör, 2016). Jeolojik miras alanları aynı zamanda jeoturizm, yerbilimleri eğitimi ve bilimsel araştırma noktalarıdır.

Jeolojik miras öğelerinden birisi de kanyonlardır. Kanyon, dik yamaçlara sahip derin ve dar bir vadidir. "Kanyon" kelimesi, İspanyolca "tüp" veya "boru" anlamına gelen "cañon" kelimesinden gelir. "Geçit" terimi genellikle "kanyon" anlamında kullanılır, ancak bir geçit neredeyse her zaman bir kanyondan daha dik ve dardır. Kanyonların oluşumunda suyun hareketi, ayrışma ve aşınma (erozyon) süreçleri ile tektonik aktiviteler etkilidir (National Geographic Society, 2025). Ayrışma ve erozyon kanyonların oluşumuna katkıda bulunur. Kanyonda açığa çıkan kayaçlar incelendiğinde kanyonun oluşumu, geçmişte hangi tip canlıların yaşadığı ve iklimin

nasıl değiştiği gibi bilgiler elde edilmektedir. Bazen kanyonların çevresinde medeniyetler gelişebilmektedir. Günümüzde ise kanyonlar mikroklima özellikleri, şekilleri ve kayaç türleri ile ilgili olarak farklı canlılara ve endemik türlere ev sahipliği yapmaktadır.

UNESCO Dünya Miras listesinde değişik ölçekte doğal miras alanları içinde kanyon içeren 37 alan yer almaktadır (UNESCO WHC, 2025). Hem doğal hem de kültürel değerler açısından en önemli kanyonlardan biri biri Amerika Birleşik Devletleri'nin Arizona eyaletinde, Kolorado Nehri suları tarafından oyulmuş Büyük Kanyon (Grand Canyon)'dur (IUGS, 2025). 14 Mart 2024 tarihinde Ankara'da UNESCO Türkiye Milli Komisyonu (UTMK), Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA), Tabiat Varlıklarını Koruma Genel Müdürlüğü (TVK), TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası (JMO) ve Jeolojik Mirası Koruma Derneği (JEMİRKO) tarafından ortaklaşa düzenlenen "Ulusal ve Uluslararası Görünürlük İçin Türkiye'nin En Önemli 100 Jeolojik Mirası ve Anahtar Jeolojik Alanlarının Belirlenmesi Çalıştayı"nda Çatak, Horma ve Valla Kanyonu (Kastamonu), Ulubey Kanyonu (Uşak), Saklıkent Kanyonu (Muğla), Karanlık Kanyon (Kemaliye/Erzincan) ve Köprülü Kanyon (Antalya) "Türkiye'nin Önemli Jeolojik Miras Listesi"nde yer almıştır (JEMİRKO, 2025b).

Son yıllarda ülkemizde yapılan jeolojik miras, jeoloji eğitimi ve jeoturizm konularındaki çalışmalar yanında kanyonlar üzerinde de gittikçe artan çalışmalar bulunmaktadır (Gül vd., 2007; Kazancı vd., 2009; 2012; Güngör, 2009; Akbulut ve Ünsal 2012; Güngör vd., 2012a, b; Akbulut,

2014; Ünal İbret ve Cansız, 2016; Toprak ve Şahin, 2017; Uncu ve Karakoca, 2019; Canpolat vd., 2020; Siler ve Şengün, 2022; Bozyiğit ve Özkartal, 2022; Gül ve Özkul, 2023; Köroğlu, 2024; Yıldız ve Zaman, 2024; Özdemir ve Çırak, 2024).

Adana Havzası'nda Türkiye'nin Akdeniz'e dökülen ırmaklarından biri olan Seyhan Nehri'nin kolları üzerinde kanyonların varlığı bilinmektedir. Bu kollardan Çakıt Çayı üzerinde Kapıkaya, Körkün (Ecemiş) Çayı üzerinde Körkün ve Eğlence Çayı üzerinde ise Dokuzoluk kanyonları bulunmaktadır.

Adana ili, Karaisalı ilçesi sınırları içerisinde yer alan Kapıkaya Kanyonu Potansiyel Doğal Sit Alanının koruma statüsünün "Kesin Korunacak Hassas Alan" olarak tescil edilmesi işlemi 04.10.2022 tarihli ve 6159 sayılı Cumhurbaşkanı Kararı ile onaylanmış ve 05.10.2022 tarihli ve 31974 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanarak ilan edilmiştir.

Bu çalışmanın amacı; Kapıkaya kanyonu ve çevresinin jeolojik miras envanterini çıkarmak, yerbilimleri eğitimi açısından jeoturakları belirlemek, arkeolojik ve kültürel değerler ile birlikte jeoturizm potansiyelini ortaya koymaktır.

MATERYAL ve YÖNTEM

Kapıkaya Kanyonu jeolojik miras potansiyeli açısından değerlendirilirken bölgede yapılan önceki çalışmalar gözden geçirilmiş, saha çalışması olarak topografik ve jeolojik haritalardan yararlanılmış, yerbilimleri eğitimi için önemli jeoturaklar belirlenmiş, görsel dokümantasyon çalışması yapılmış ve "Google Earth" görüntüleri kullanılmıştır. Ayrıca, bu çalışma, 76. Türkiye Jeoloji Kurultayında bildiri olarak sunulmuştur.

KAPIKAYA KANYONU'NUN JEOLÖJİK ÖZELLİKLERİ

Adana iline 72 kilometre, Karaisalı ilçesine ise 5 kilometre uzaklıkta yer alan Kapıkaya Kanyonu,

Seyhan Nehri'nin batı kolu olan Çakıt Çayı'nın güzergâhı üzerinde yer almaktadır (Şekil 1). Kanyon kireçtaşı gibi sert birimlerinin yer aldığı yerlerde sarp ve yüksek duvarlar oluşturmakta, silttaşı, şeyl gibi aşınma direnci düşük birimlerin bulunduğu yerlerde ise genişleyen ve yüksekliği azalan eğimli duvarlara sahiptir (Şekil 2a-c). İnceleme alanı ve yakın çevresinde jeolojik incelemeler 1900'lü yılların başında "Bağdat Demiryolu Kapsamında Küçük Asya'nın (Türkiye'nin) Jeolojisi" çalışması (Frech, 1916) ile başlamış ve günümüzde de devam etmektedir (Akıncı, 2025). Ayrıca, bölgenin korunmasına yönelik olarak o dönemki adı ile "T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Tabiat Varlıklarını Koruma Genel Müdürlüğü" nün "Potansiyel Doğal Sit Alanlarının Ekolojik Temelli Bilimsel Araştırma Projesi" kapsamında "Adana Karaisalı Kapıkaya Kanyonu Potansiyel Doğal Sit Alanı Ekolojik Temelli Bilimsel Araştırma Raporu" hazırlanmıştır (Satıl vd., 2019).

İnceleme alanında Paleozoyik ve Mesozoyik yaşlı kayalar ile Neojen yaşlı birimler yer almaktadır. Kanyon boyunca kuzey-güney doğrultulu ve birbirine paralel uzanan faylar gözlenmekte olup, birimler birbirleriyle tektonik olarak temas halindedir (Şekil 3). Paleozoyik (Devoniyen, Permo-Karbonifer) ve Mesozoyik (Jura-Kretase) yaşlı birimler bölgede temeli oluşturmaktadır (Şekil 3). Paleozoyik birimlerini Devoniyen yaşlı Yerköprü Formasyonu ile Permo-Karbonifer yaşlı Yellikaya Formasyonu oluşturmaktadır. Bu birimlerden, başlıca mercanlı kireçtaşı, kumtaşı, silttaşı ve şeylden oluşan; mercan, krinoid ve brakiyopod fosilleri içeren Yerköprü Formasyonu Lagap (1985) tarafından adlandırılmıştır. Yerköprü (Karaisalı) dolayında tanımlanan Yellikaya Formasyonu da mavimsi gri-siyah renkli, orta kalın katmanlı, bol fusulinli, gastropod ve bivalv fosilli kireçtaşı, dolomitik kireçtaşı ve dolomitten oluşmaktadır (Lagap, 1985). Yerköprü (Karaisalı) kuzeyinde yüzeylenen

Mesozoyik birimi, açık-koyu gri-boz renkli orta kalın katmanlı karbonatlar ile temsil edilmekte ve Demirkazık Kireçtaşı olarak bilinmektedir. Bu birim, Aladağlar'da ve Karaisalı civarında eşdeğer litolojik özelliklerde gözlenmektedir (Yetiş, 1978; Ünlügenç, 1986). Kapıkaya Kanyonu güzergahında Demirkazık Kireçtaşının taban dokanağı faylıdır (Lagap, 1985). Orta-Geç Devoniyen yaşlı Yerköprü Formasyonu, Permo-Karbonifer yaşlı Yellikaya ve Jura-Kretase yaşlı

Demirkazık Kireçtaşı üzerinde açılal uyumsuz olarak Gildirli Formasyonu yer almaktadır (Derman ve Gürbüz, 2007). Gildirli Formasyonu başlıca sarımsı-pembemsi-kırmızımsı renkli, çakıltası, çakıllı kumtaşı, karbonat çimentolu kumtaşı, silttaşı ve çamurtaşından oluşmuş alüvyon yelpazesi olup, Miyosen transgresyonu öncesinde çökelmiştir. Kapıkaya Kanyonu'nda Neojen birimleri olarak Kaplankaya ve Karaisalı formasyonları gözlenmektedir.



Şekil 1. İnceleme alanı yer bulduru haritası.

Figure 1. Location map of the investigated area.

Yerköprü civarında, Lagap (1985) tarafından yeni bir birim olarak önerilmiş ve daha sonra tip kesit yerinin bulunduğu yerde Ünlügenç (1986) tarafından isimlendirilmiştir. Miyosen denizi transgresyonunun ilk birimi olan Kaplankaya Formasyonu, Gildirli Formasyonu üzerine çakıltası, kumtaşı, silttaşı, kumlu kireçtaşı gibi tabanda kırıntılı seviyelerle başlayıp yukarı doğru karbonat oranının fazlaştığı; denizel ekinid, bivalv, gastropod ve mikrofosiller içeren bir istif biçiminde gelişmiştir. Bölgede farklı yerlerde yüzlek veren bu birim Burdigaliyen-erken Langiyen olarak yaşlandırılmaktadır (Ünlügenç vd., 1993; Yetiş vd., 1995; Cronin vd., 2000). Karaisalı formasyonu, Burdigaliyen'de güneyden kuzeye doğru ilerleyen transgressif Miyosen denizinin paleotopoğrafik yükseltilerde resif kompleksi olarak gelişim göstermiştir (Yalçın ve

Görür, 1984; Yetiş ve Demirkol, 1986; Taraf vd., 2013).

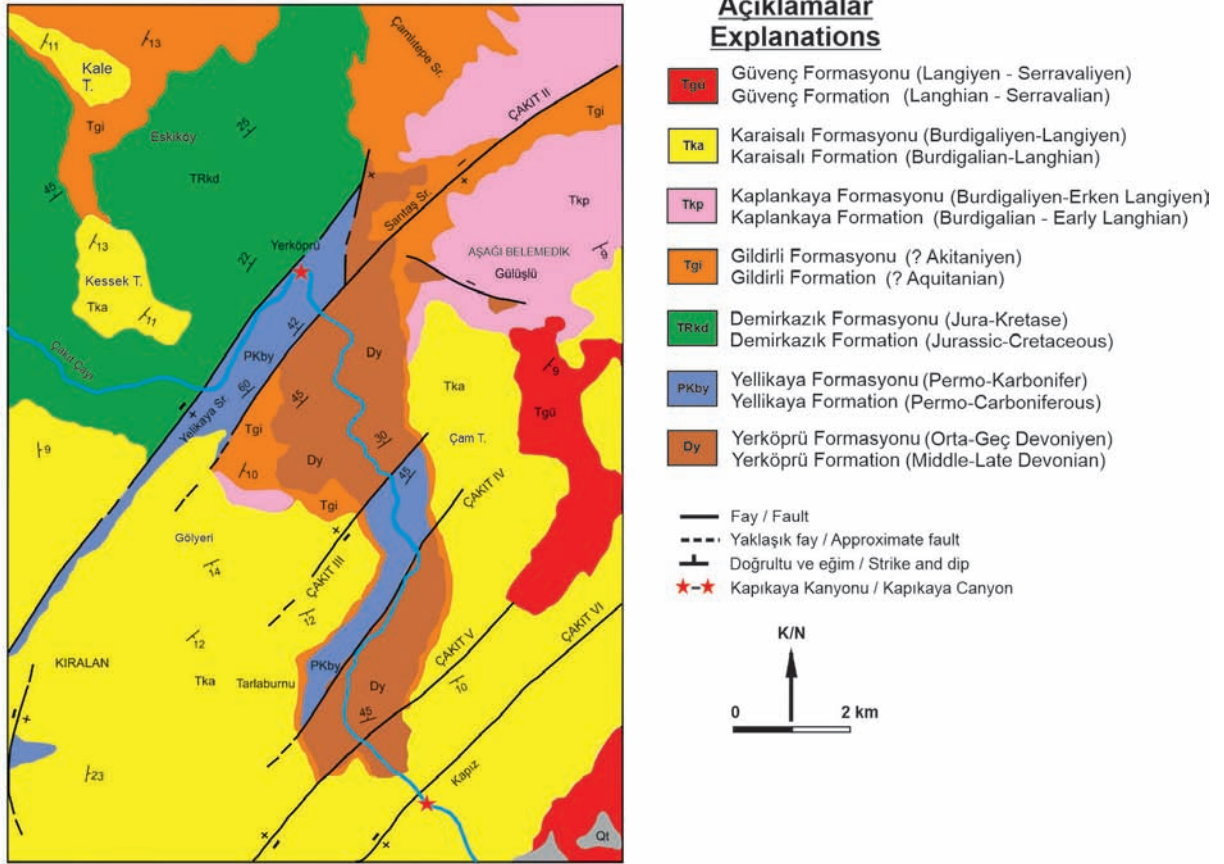
KAPIKAYA KANYONU'NUN JEOLJİK MİRAS OLARAK DEĞERLENDİRİLMESİ

Çakıt Çayı üzerinde yer alan Kapıkaya Kanyonu, Kazancı vd. (2015) tarafından önerilen "Türkiye Jeositleri Çatı Listesi"nde "Grup F- Jeomorfolojik Yapılar, Aşınma ve Depolanma Süreçleri, Yer Şekilleri ve Arazi Manzaraları" altında "Kanyonlar ve Vadiler" kategorisinde ele alınan önemli bir potansiyel jeositir. Kanyon yaklaşık 200 metre yüksekliğinde olup, Türkiye'de karstik alanlarda görülen yeraltı nehri olan Yerköprü ile Kapıkaya köyü (Karaisalı) arasında bir hat boyunca uzanmaktadır (Şekil 4a).



Şekil 2. Kanyondan genel arazi görünüşleri. **a)** Kanyonun Kapıkaya köyü tarafından genel görüntüsü (foto. Zeynel Cebeci), **(b)** ve **(c)** Kanyonun içinden daralan ve genişleyen yamaçlarından görünüşler (foto. Saliha Kırıcı).

Figure 2. Some general landscape views from the canyon. **a)** General view of the canyon from the side of Kapıkaya village (photo. Zeynel Cebeci), **b)** and **c)** Views from the narrowing and widening wall areas inside the canyon (photo. Saliha Kırıcı).



Şekil 3. İnceleme alanı jeolojisi haritası

Figure 3. Geological map of the investigated area.

Kanyonun girişi dar bir boğaz şeklinde ve fay kontrolü sonucu oluşan “V” şekilli dar bir vadi olup, kanyon boyunca yaklaşık olarak 7250 metrelik bir yürüyüş parkuru da bulunmaktadır (Satıl vd., 2019). Ayrıca, bu hat boyunca ve yakın çevresinde yer bilimleri eğitimi açısından “doğal ortamda yerinde eğitim” yapılmasına olanak veren jeodurakların (Şekil 5) özellikleri aşağıda verilmiştir:

1. Kanyonda yer alan Paleozoyik yaşlı Yellikaya Formasyonu kireçtaşları içinde gelişen karstik boşluklar yeraltında birleşerek yerköprü oluşumuna neden olmuştur (Şekil 4a). Kanyonun başında Beledemik Kanyonu ve Kapıkaya Kanyonu arasındaki bağlantı bu karstik boşlukların yeraltında su boşaltım

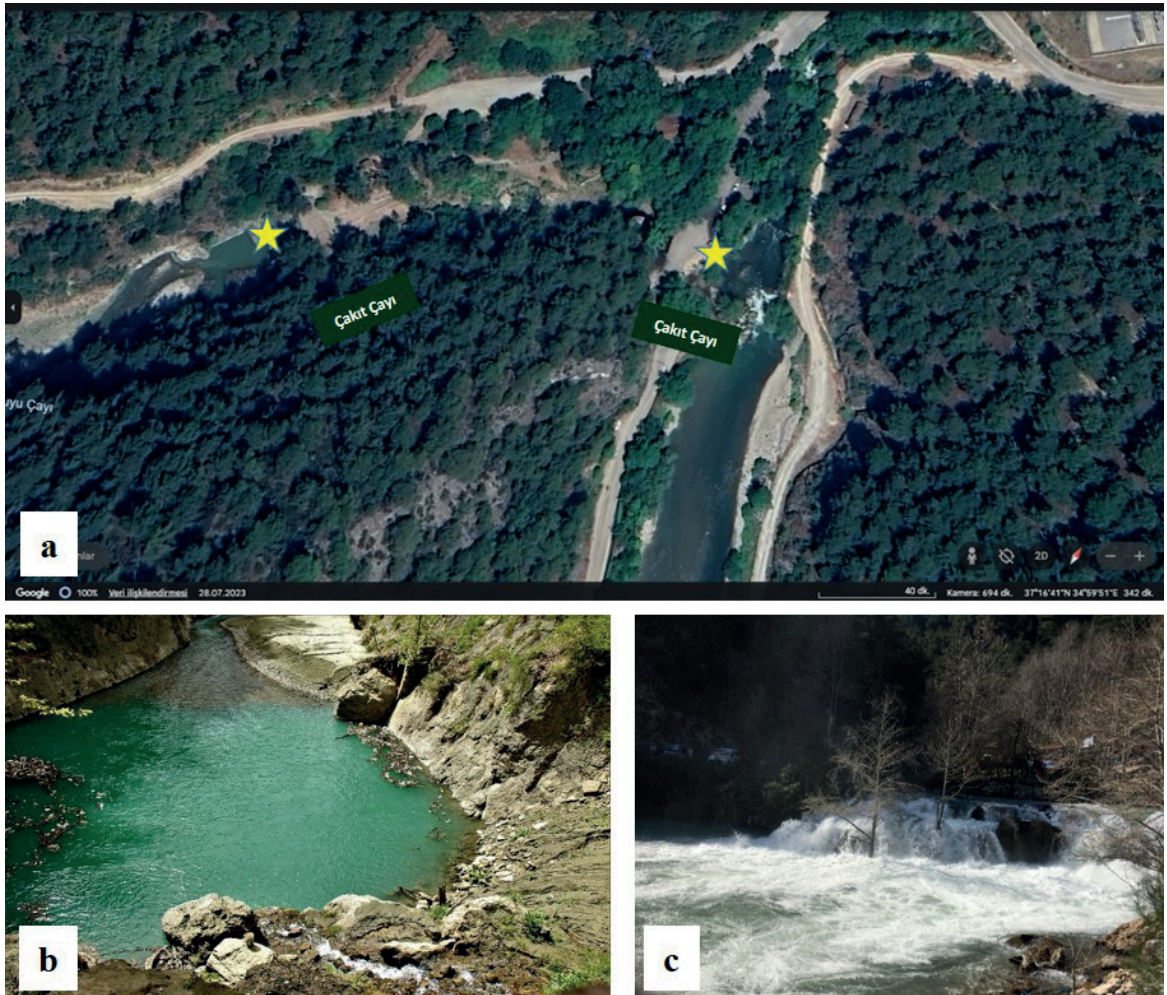
sistemini oluşturdukları gözlenmektedir. Yerköprünün su girişi Şekil 5-J2 no’lu durak ve Şekil 4b’de, su çıkışı ise Şekil 5-J3 no’lu durak ve Şekil 4c’de görülmektedir.

2. Çeşitli sedimanter havzalarda tabakalar ilk çökelindikleri sırada yatay konumda olmalarına rağmen bu yatay konumlarını çoğu zaman koruyamazlar. Çünkü, yer kabuğu içerisinde etkili olan basınç ve gerilmeler sonucunda tektonik deformasyonlar ortaya çıkar ve tabakaların yatay durumlarından farklı konum kazanmalarını neden olurlar. Sedimanter birimlerde meydana gelen bu değişiklikler inceleme alanında, eğimli ve düşey tabakalar şeklinde gözlenmektedir. Yer bilimciler için

çok önemli kavramlar olan tabaka doğrultu ve eğim ölçümleri açısından Kanyonda yüzeylenen Paleozoyik yaşlı birimler oldukça uygundur (Şekil 5-J5 no'lu durak, Şekil 6a, b).

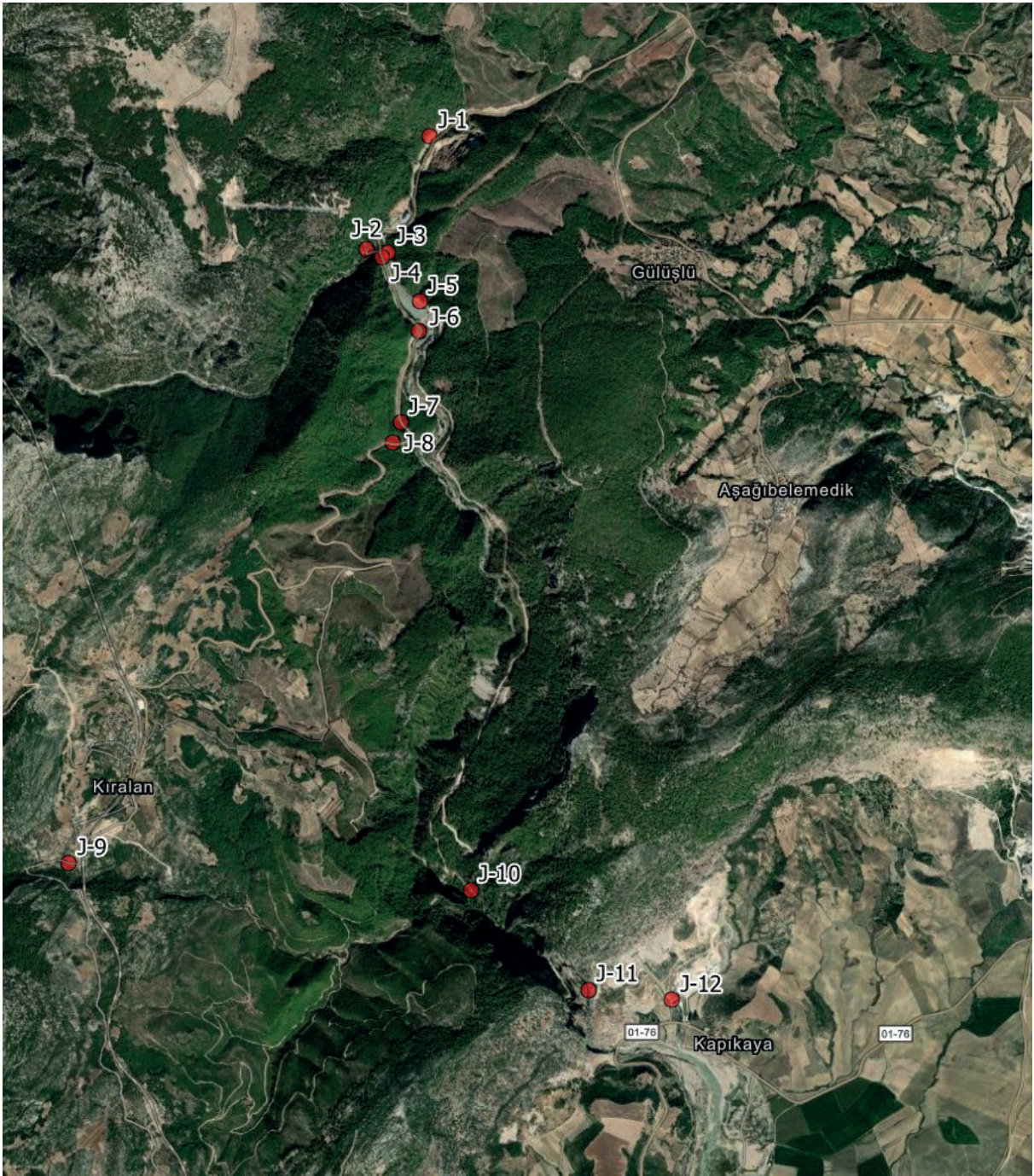
3. Tabakalı kayaçların çökelişi sırasında, çökme koşullarına bağlı olarak tabaka alt ve üst yüzeylerinde bazı sedimanter yapılar meydana gelir. Bunlar ortam koşulları ile

tabaka alt ve üst yüzeylerini belirlemede önemlidir. Kanyonun başlangıcında yer alan bu jeodurakta Devoniyen birimleri içerisinde çapraz tabakalar (Şekil 5-J5 no'lu durak, Şekil 6c) ve canlı izleri (izfosiller) (Şekil 5-J5 no'lu durak, Şekil 6d) gözlenmektedir. Ayrıca, tabakalarda omurgasız fosil çeşitliliği (brakiyopod, gastropod, pelecypod, mercan vb) izlenmektedir (Şekil 5-J4-J5 no'lu duraklar, Şekil 6e, f).



Şekil 4. Yerköprü'nün Google Earth görüntüsü. a) Sarı yıldızlar su girişi ve çıkışı göstermektedir. b) Çakıt Çayı'nın Belededik tarafından kanyona su girişi (foto. Saliha Kırıcı) ve c) Kanyonun başlangıcından su çıkışı (foto. Atike Nazik).

Figure 4. Google Earth image of Yerköprü. a) Yellow stars indicate water inflow and outflow. b) Water inflow from the Belededik side of the Çakıt River into the canyon (photo. Saliha Kırıcı) and c) Water outflow from the beginning of the canyon (c, photo. Atike Nazik).



Şekil 5. Kapıkaya Kanyonu jeodurak noktaları. J1-Fay düzlemi, J2-Yerköprü su girişi, J3-Yerköprü su çıkışı, J4-Gastropod fosilleri (Yellikaya Formasyonu), J5-Yerköprü Formasyonu (düşey tabakalar, iz fosiller, çapraz tabakalar), J6-Fay, J7-Kıvrım, J8-Eğimli tabakalar, J10-Bahçecik şelalesi, J11-Heyelan, J12-Hidroelektrik santrali.
Figure 5. Geostations of Kapıkaya Canyon. J1-Fault plane, J2-Yerköprü water inflow, J3-Yerköprü water outflow, J4-Gastropod fossils (Yellikaya Formation), J5-Yerköprü Formation (vertical layers, trace fossils, cross layers), J6-Fault, J7-Fold, J8-Sloping layers, J9-Angular unconformity, J10-Bahçecik waterfall, J11-Landslide, J12-Hydroelectric power plant.



Şekil 6. Sedimanter birimlerde tabaka duruşları, sedimanter yapılar ve paleontolojik miras (fossil) örnekleri. (a-e) Devoniyen yaşlı Yerköprü Formasyonu'ndan görüntüler. **a)** yüksek eğimli tabakalar (foto. Sedat Türkmen), **b)** düşey tabakalar (foto. Atike Nazik), **c)** çapraz tabakalar (foto. Atike Nazik) ve **d)** iz fosiller (foto. Atike Nazik), **e)** brakiyopod fosilleri (foto. Atike Nazik). **f)** Permo-Karbonifer yaşlı Yellikaya Formasyonu'ndan gastropod fosili (foto. Saliha Kırıcı).

Figure 6. Examples of bedding positions, sedimentary structures and paleontological heritage (fossils) in sedimentary units. (a-e) Images from the Devonian aged Yerköprü Formation. **a)** steeply dipping layers (photo. Sedat Türkmen), **b)** vertical layers (photo. Atike Nazik), **c)** cross-beds (photo. Atike Nazik) and **d)** trace fossils (photo. Atike Nazik), **e)** brachiopod fossils (photo. Atike Nazik). **f)** gastropod fossil from the Permo-Carboniferous Yellikaya Formation (photo. Saliha Kırıcı).

4. Kanyon boyunca, Adana Havzası Neojen birimlerinin temelini oluşturan Paleozoyik ve Mesozoyik yaşlı birimler ile Senozoyik birimler yüzeylenmektedir. Eğimli ya da kıvrımlanmış kayaçların erozyon yüzeyleri üzerine gelen genç birimlerin oluşturduğu açılmal uyumsuzluk, bölgede yer alan temel

birimler ile Neojen birimleri arasında arazi çalışmaları sırasında açıkça gözlenebilen ders kitabı niteliğinde önemli duraklardan birisidir (Şekil 5-J9, Şekil 7a). Bu durak, bölgede meydana gelen yükselim ve dağ oluşum süreçlerinin anlaşılması açısından oldukça önemlidir.



Şekil 7. Tabakalı birimlerdeki jeolojik özellikler, **a)** açılmal uyumsuzluk (foto. Kemal Gürbüz), **b)** Devoniyen birimlerinde bulunan sert ve yumuşak kayaçlarda gelişen kıvrımlı tabakalar (foto. Sedat Türkmen), **c)** fay ve fay Düzlemi ile temas halinde bulunan tabaka uçlarının bükülmesi (foto. Atike Nazik), **d)** fay düzlemi, fay çizikleri ve fay kertikleri (foto. Atike Nazik).

Figure 7. Geological features in the layered units. **a)** angular unconformity (photo. Kemal Gürbüz), **b)** folded layers developed in the hard and soft rocks of the Devonian units (photo. Sedat Türkmen), **c)** flexure of the ends of the layers in contact with the fault and the fault plane (photo. Atike Nazik), **d)** fault plane and fault striations (photo. Atike Nazik).

5. Adana Havzasında birçok alanda değişik ölçeklerde kıvrımlı tabakalar yer almaktadır. Kanyon içerisinde Devoniyen (Yerköprü Formasyonu) ve Permo-Karbonifer (Karahamzauşağı Formasyonu) birimlerinde yer alan kıvrımlı tabakalar gözlenmektedir (Şekil 5-J7 no'lu durak, Şekil 7b). Kıvrımların gelişmesinde tektonik kuvvetlerin etkisinin kayacın mekanik davranışına bağlı olarak nasıl değiştiğinin gözlenebileceği yerbilimleri eğitimi açısından önemli bir jeoduraktır.
6. Kanyon boyunca kayaçların tektonik kuvvetlere karşı kırılma tepkisini temsil eden fayların gelişimi hakkında bilgi veren önemli yüzlekler gözlenmektedir. Faylanma olayı sonucunda fay düzlemine yaklaştıkça tabaka uçlarında oluşan bükülmeler (Şekil 5-J6 no'lu durak, Şekil 7c) ve faylarda kayma hareketinin olduğu fay düzlemi yani fay aynası (Şekil 5-J1 no'lu durak, Şekil 7d) ve taşıdığı izler oldukça iyi görülmektedir. Önerilen jeoduraklar, tektonik kuvvetler tarafından oluşturulan yapıların gözlemlenmesini sağlamaktadır.
7. Kanyon içerisinde yer alan jeoduraklardan birisi de bahar aylarında aktif olan Bahçecik Şelalesi'dir (Şekil 5-J10 no'lu durak, Şekil 8a). Kireçtaşlarında farklı karstlaşma yapıları da gözlenmektedir (Şekil 8b). Yerköprü'de yüzeye çıkan Çakıt Çayı sularında çözülmüş halde bulunan CaCO_3 bileşenli çökellerin birikmesi sonucunda oluşan travertenler (Şekil 5-J3, J10 no'lu duraklar, Şekil 8c) inceleme alanında Paleozoyik yaşlı Karahamzauşağı ve Mesozoyik yaşlı Demirkazık formasyonları üzerinde gözlenmektedir.
8. Kanyonda eski heyelanlar ve kaya düşmeleri de gözlenebilmektedir. (Şekil 5-J11 no'lu durak, Şekil 8d). Kanyon başlangıcında ve sonunda hidroelektrik santralleri yer almaktadır. Mühendislik Jeolojisi eğitimi

kapsamında santrallerin kuruluşu ve çalışmalarının yerinde görülmesi açısından önemli jeoduraklardır (Şekil 5-J12 no'lu durak, Şekil 8e-f).

KAPIKAYA KANYONU'NUN JEOTURİZM POTANSİYELİ

Dünyanın her yerinde jeolojik özellikleriyle heyecan duyulan pek çok yer bulunmakta olup, bu alanlar belki yaşadığımız yer, belki de tatile gittiğimiz yerlerdir. Jeoturizm, Dünya ve tarihi hakkında bilgi edinmek ve yerel toplulukları desteklemek için harika bir yoldur. Yerel halkla etkileşime geçerek, bölgenin tarihi ve kültürü hakkında bilgi edinerek, yerel ekonomiyi desteklemeye ve sürdürülebilir turizm uygulamalarını teşvik etmeye yardımcı bir sistemdir. Genel olarak değerlendirildiğinde, jeoturizm, bir bölgenin jeolojik-jeomorfolojik, kültürel mirasını esas alarak yapılan bilgi temelli ekoturizm türü olup, yerel halkın sürdürülebilir kalkınmasının itici gücüdür.

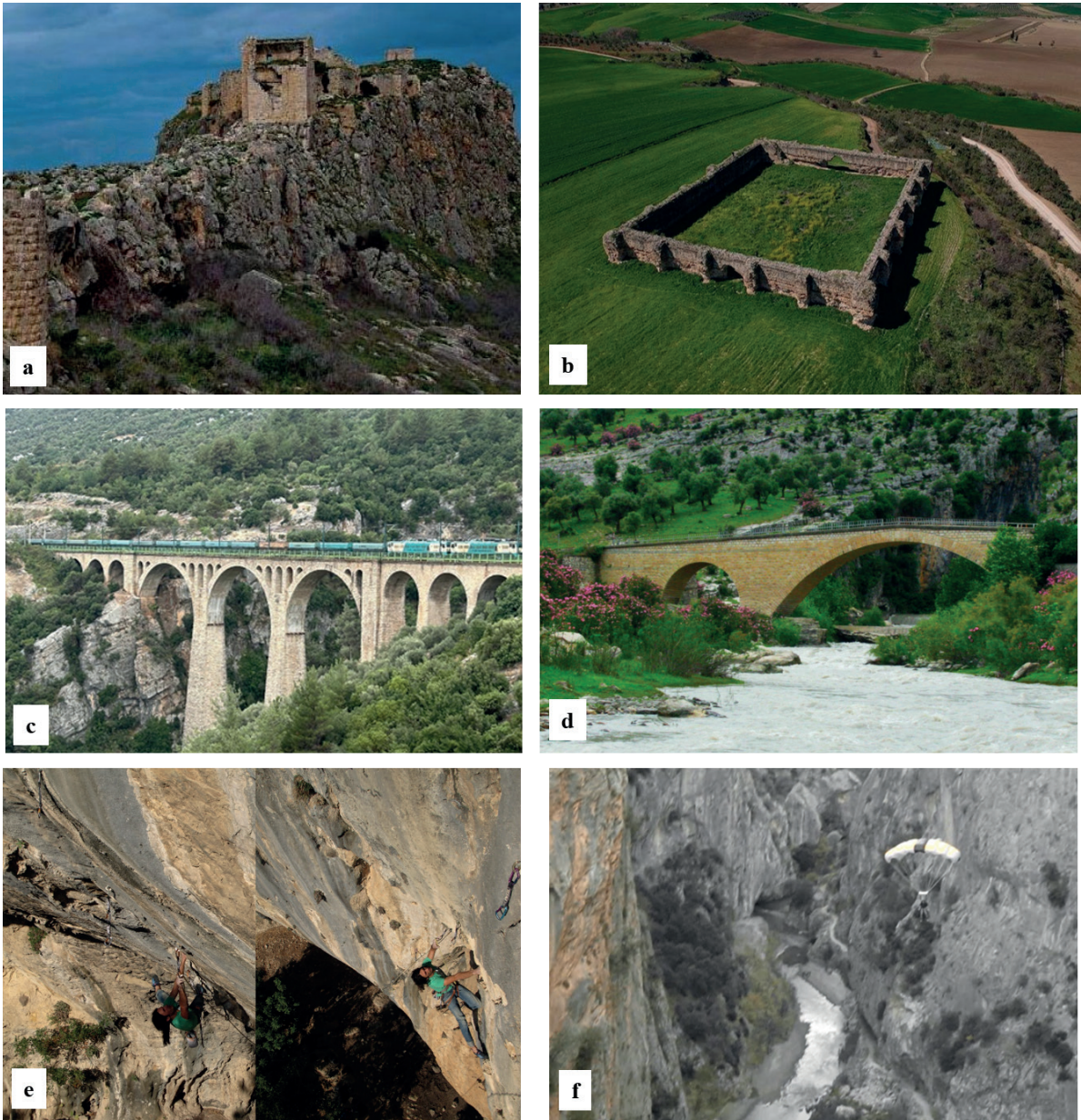
Karaisalı ilçesi, önemli doğal özellikleri ve çeşitli kültürel değerleri barındırması ile doğa turizmi, kültürel turizm, alternatif ve ekstrem turizmi içine alan jeoturizm açısından önemli bir merkezdir. Bu kapsamda, Çukurova Kalkınma Ajansı tarafından hazırlanan "Karaisalı-Pozantı Alt Bölge Destinasyon Raporu"nda, Kapıkaya Kanyonu, Yer köprü Mesire Yeri, Varda Köprüsü gibi bu çalışmada da haklarında bilgi verilen özelliklerine bağlı olarak Karaisalı ilçesinin bölgesel turizmde önemli bir yeri olduğu vurgulanmıştır (ÇKA, 2025).

Bu çalışmaya konu olan Kapıkaya Kanyonu, Karaisalı ilçesi'nin önemli bir doğal oluşumdur. İnceleme alanının jeolojik özelliklerine dayalı olarak jeolojik miras değerleri ile ilgili bilgiler bir önceki bölümde detaylı olarak jeoduraklar şeklinde verilmiştir.



Şekil 8. (a) Bahçecik Şelalesi (foto. Zeynel Cebeci), (b) karstlaşma yapıları (foto. Sedat Türkmen), (c) traverten oluşumları (foto. Sedat Türkmen), (d) kanyon içinde gözlenen kütle hareketleri (Google Earth Görüntüsü), (e) hidroelektrik santralleri yerinin Google Earth görüntüsü ve (f) araziden görünüm (Statkraft, 2025).

Figure 8. (a) Bahçecik Waterfall (photo. Zeynel Cebeci), (b) karstification structures (photo. Sedat Türkmen), (c) travertine formations (foto. Sedat Türkmen), (d) mass movements observed within the canyon (Google Earth image), (e) Google Earth image of the hydropower plant location and (f) view from the field (Statkraft, 2025).



Şekil 9. Kanyon civarındaki kültürel değerler ve sportif faaliyetler. **a)** Milvan Kalesi (Influnce Türkiye, 2025), **b)** Kesiri Han (Pinterest, 2025), **c)** Varda köprüsü (foto. Atike Nazik), **d)** Kapıkaya Köprüsü (foto. Saliha Kırıcı), **e)** sportif kaya tırmanışı (foto. Süleyman Vardal), **f)** temel atlama (foto. Süleyman Vardal).

Figure 9. Cultural values and sports activities around the canyon. **a)** Milvan Castle (Influnce Türkiye, 2025), **b)** Kesiri Han (Pinterest, 2025), **c)** Varda Bridge (photo. Atike Nazik), **d)** Kapıkaya Bridge (photo. Saliha Kırıcı), **e)** sportive rock climbing (photo. Süleyman Vardal), **f)** base jumping (f, photo. Süleyman Vardal).

Kanyon boyunca ve civarında Roma Döneminden itibaren başlayan kültürel değerler yer almaktadır. Karakılıç köyü yakınlarında,

Çacıt Çayı kıyısında Roma Dönemine ait Milvan Kale bulunmaktadır (Şekil 9a). Karaisalı'nın 12 kilometre güneyinde Altınova köyü yakınlarında

tarihi İpek Yolu güzergahında, Çakıt Çayı kıyısında Kesiri Han bulunmaktadır (Şekil 9b). Kesiri Han'ın 1637 yılından sonra 4. Murat döneminde Sadrazam Bayrampaşa tarafından yaptırıldığı ve Padişah IV. Murat'ın Bağdat seferi esnasında kervansarayı açtığı bilinmekte olup, "Bayrampaşa Kervansarayı" ve "Çakıt Hanı" olarak da bilinmektedir (Adana, Ulus, 2025). Önemli tarihi yapılardan birisi olan Varda Köprüsü diğer adı ile Alman Köprüsü olarak bilinir ve Adana ili Karaisalı ilçesine bağlı Hacıkırı (Kıralan) mahallesi'nde bulunmaktadır (Şekil 9c). Köprü, Adana'ya Karaisalı üzerinden karayolu ile 64 kilometre ve demir yolu ile Adana İstasyonu'ndan 63 km mesafededir. Varda Köprüsü 1912 yılından beri hizmet vermektedir. Osmanlı Hükümdarı 2. Abdülhamit ile Alman İmparatoru Kaiser Wilhem tarafından imzalanan sözleşme ile İstanbul-Bağdat-Hicaz Demiryolu hattı kapsamında 1907-1912 yıllarında inşa edilen köprü, 99 metre yüksekliğinde ve 172 metre uzunluğundadır ve 1912 yılından beri hizmet vermektedir (Adana KTB, 2025). Kapıkaya Kanyonu'nun güneydoğu ucunda da Karaisalı ilçesine bağlı Kapıkaya (Arapali) mahallesinde yer alan ve tek kemerli bir taş köprü olarak inşa edilen, 17. yüzyılın sonlarından 19. yüzyıla kadar hizmet veren, ardından çeşitli eklemelerle bir "ahşap köprü"ye dönüştürülen ve son olarak 1945'te "Kapıkaya (Çakıt-2) Köprüsü" olarak inşa edilmiştir (Özbay, 2023), (Şekil 9d).

Kapıkaya Kanyonu'nun sarp duvarları 200 metre yüksekliğe ulaşmaktadır. Bu alanlar sportif kaya tırmanışları ve paraşütle atlama sporları için elverişlidir (Şekil 9e-f). Ayrıca kanyon doğa yürüyüşleri için oldukça elverişli olup, kanyonun genişleyen alanlarında ve etrafında kamp yapma olanakları da bulunmaktadır.

Satıl vd. (2019)'da yaptıkları araştırmada; tamamen insan etkisi olmadan meydana gelmiş doğal alanları içerdiğini belirtmişler, flora ve fauna gruplarına ait 228 bitki, 4'ü kritik 6 tatlısu balığı, 6'sı kritik 8 iki yaşamlı, 20'si kritik 42

sürüngen, 31'i kritik 48 kuş, 17 memeli, 44'ü kritik 638 omurgasız türleri saptamışlardır. Aynı çalışmada, Kapıkaya Kanyonu ve çevresinde 34 endemik omurgasız ile 2 endemik sürüngen türü bulunduğu işaret edilmiştir. Dolayısıyla, Kapıkaya Kanyonu biyoçeşitlilik açısından da önemli bir alandır.

SONUÇLAR

Seyhan Nehri'nin önemli kollarından biri olan Çakıt Çayı'nın derin vadisi boyunca gelişen Kapıkaya Kanyonu hem jeolojik miras değerleri hem de jeoturizm potansiyeli açısından özel bir öneme sahiptir. Kanyon, aynı zamanda bölgenin kültürel sembollerinden biri olan Varda Köprüsü'ne yakınlığıyla kültürel ve doğal mirasın birleştiği bir coğrafyada yer almaktadır. Kapıkaya Kanyonu'nun potansiyel doğal sit alanının koruma statüsünün "Kesin Korunacak Hassas Alan" olarak tescil edilmesi jeolojik miras değerlerinin korunması açısından da önemlidir. Antropojenik etkilerden uzak kalmış bir alandır. Kanyon, kireçtaşı birimlerinin yer aldığı yerlerde sarp ve yüksek duvarlar oluşturmakta, buna karşılık aşınma direnci düşük birimlerin bulunduğu yerlerde ise genişleyen ve yüksekliği azalan eğimli duvarlara sahiptir. Yerbilimleri eğitimi açısından kanyonda tabakalı kayaların deformasyonları, omurgasız fosil çeşitliliği (brakiyopod, gastropod, pelesipod, mercan vb) ve mühendislik jeolojisi açısından önemli özellikler içermektedir. Ayrıca biyoçeşitlilik açısından endemik ve yaygın fauna ve flora içermesi bakımından da oldukça ilginçtir. Kapıkaya Kanyonu doğa sporlarına (dağcılık, yürüyüş, kamping, kanyoning, jumping, kaya tırmanışı, fotoğrafçılık, bisiklet sporları vb.) uygun olanaklar da içermektedir.

Sonuç olarak; Kapıkaya Kanyonu, birçok fotoğraf ve doğa sporları kulüpleri ile tur şirketlerinin günübirlik turları için destinasyon merkezidir. Kanyon, bilinen doğal özelliklerinin yanı sıra bu makalede değinilen

jeolojik-jeomorfolojik zenginliklerle birlikte değerlendirildiğinde önemli bir jeoturizm merkezi olabilecek özelliklere sahiptir. Ancak, turizm faaliyetleri için koruma statüsü dikkate alınarak planlamalar yapılmalıdır.

EXTENDED SUMMARY

The Adana region, located in southern Anatolia, represents a natural laboratory distinguished by its tectonic, stratigraphic, and geomorphological features. Among the most remarkable landforms of the area is Kapıkaya Canyon, situated within the Karaisalı district. Developed along the deep valley of the Çakıt River, the canyon is of particular significance in terms of geological heritage and geotourism potential.

The aim of this study is to present the geological, geomorphological, and landscape characteristics of Kapıkaya Canyon and its surroundings, in order to assess both its scientific importance and its potential for geotourism. Field observations, analyses of topographic maps and satellite imagery, as well as geomorphological assessments, were conducted. The findings strongly support the interpretation of the canyon as a valuable geological heritage site. Kapıkaya Canyon is primarily shaped by karstic processes developed in limestone lithologies. The area is composed of carbonate successions, which have been dissected and eroded under the influence of tectonic movements and surface processes. The incision of the Çakıt River contributed significantly to the deepening of the valley and the formation of the canyon's impressive morphology. Its geological heritage values, morphological diversity, sedimentological rock features, fossil records, karstic features, and scenic attributes justify this classification. Moreover, its geotourism potential can contribute to the socio-economic development of the region. However, the sustainable use of this potential requires conservation strategies, visitor management

plans, and the effective communication of scientific knowledge to the public. These features render the canyon an important open-air laboratory for geology students and researchers.

Beyond its geological characteristics, the canyon's geomorphology creates ecological diversity. The microclimatic conditions along the valley support different types of vegetation and biological diversity. This makes the area attractive not only for geotourism but also for ecotourism. The presence of hiking trails and viewpoints further enhances the feasibility of sustainable tourism activities.

One of the most remarkable aspects of Kapıkaya Canyon is the integration of natural and cultural values. The Varda Bridge, constructed by German engineers in the early 20th century, is located to the north of the canyon, adding a historical dimension to the landscape. This coexistence of geological heritage with cultural heritage makes the area unique. In conclusion, Kapıkaya Canyon is a significant natural heritage site that should be preserved and promoted, both for its geological and cultural values. Interdisciplinary research in the region will contribute not only to the conservation of geological heritage but also to the enhancement of sustainable tourism. The canyon represents a natural laboratory symbolizing the geological richness of Adana and is a strong candidate to occupy a special place in Türkiye's geological heritage inventory.

KATKI BELİRTME

Yazarlar arazi çalışmaları için Ç.Ü. Jeoloji Mühendisliği Bölüm Başkanlığına, fotoğraf çekimleri için destek veren Çukurova Üniversitesi öğretim üyeleri Prof. Dr. Kemal Gürbüz'e, Prof. Dr. Sedat Türkmen'e, Prof. Dr. Saliha Kırıcı'ya, Prof. Dr. Zeynel Cebeci'ye ve Öğr. Gör. Süleyman Vardal'a ve Google görüntülerinin

değerlendirilmesi için Prof. Dr. Tolga Çan'a teşekkür ederler. Ayrıca, çizimler için destek veren Dr. Emrah Şimşek ve Dr. Burcu Karataş'a da teşekkür ederler.

ORCID

Atike Nazik  <https://orcid.org/0000-0001-7996-7430>

Mustafa Akyıldız  <https://orcid.org/0000-0002-0371-8646>

Mehmet Tatar  <https://orcid.org/0009-0001-3777-9009>

KAYNAKLAR / REFERENCES

- ADANA ULUS, (2025, 5 Eylül). Yok Olmanın Eşiğindeki Bir Tarihi Eser: Kesiri Han. <https://www.adanaulus.com/haber/yok-olmanin-esigindeki-bir-tarihi-eser-kesiri-han-91407.html>
- Adana KTB (2025, 4 Eylül). Varda Köprüsü. <https://adana.ktb.gov.tr/TR-240587/var-da-koprusu.html>
- Akıncı, A.C. (2025). Strontium Isotopic Stratigraphy of the Miocene Adana Basin (S. Anatolia) and its Geological Implications. *Geologia Croatica*, 78(1), 61-86. <https://doi.org/10.4154/gc.2025.05>
- Akbulut, G. (2014). Önerilen Levent Vadisi Jeoparkı'nda jeositler. *Cumhuriyet Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 38(1), 1–15.
- Akbulut, G. ve Ünsal, Ö. (2012). Levent Vadisi'nin (Malatya) jeopark ve jeoturizm potansiyeli. S. Koday, C. Sevindi (Ed.ler), *I. Ulusal Coğrafya Sempozyumu Bildiriler Kitabı*, s.: 535–546.
- Bozyiğit, R. ve Özkaral, T. C. (2022). Saklıkent Kanyonu'nun (Seydikemer-Muğla) turizm potansiyeli üzerine bir değerlendirme. *International Social Sciences Studies Journal*, 8(102), 3016–3024.
- Canpolat, E., Çılgın, Z. ve Bayrakdar, C. (2020). Jeomorfoturizm potansiyeli bakımından Emecik Kanyonu–Şelalesi (Çameli, Denizli). *Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi*, 5, 64–86.
- Cronin, B. T., Gürbüz, K., Hurst, A. & Satur, N. (2000). Vertical and lateral organization of a carbonate deep-water slope marginal to a submarine fan system, Miocene, southern Turkey. *Sedimentology*, 47(4), 801–824. <https://doi.org/10.1046/j.1365-3091.2000.00317.x>
- Çiftçi, Y. ve Güngör Y. (2016). Jeopark projeleri kapsamındaki doğal ve kültürel miras unsurları için standart gösterim önerileri. *Maden Tetkik ve Arama Dergisi*, 153, 223-238.
- ÇKA, (2025, 2 Eylül). Karaisali-Pozanti Bölge Destinasyon Raporu. https://www.cka.org.tr/uploads/document_center_v/karaisali-pozanti-alt-bolge-destinasyon-raporu-896.pdf
- Derman, S. & Gürbüz, K. (2007). Nature, provenance and relationships of Early Miocene palaeovalley fills, northern Adana Basin, Turkey: Their significance for sediment-bypassing on a carbonate shelf. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 16, 181–209.
- Frech, F. D. (1916). Bağdat Demiryolu Kapsamında Küçük Asya'nın (Türkiye'nin) Jeolojisi (Çev. T. Havzoğlu. ve Y. Çiftçi). <https://www.researchgate.net/publication/348635274> (Çeviri Tarihi: 2021)
- 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>
- Gül, A., Boyraz, S. ve Özkul, M. (2007). Kısık Kanyonu (Çal-Denizli) jeositi ve jeoturizm özellikleri. İ. Akkuş, Ö. Dumanlılar (Ed.ler), 60. *Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiri Özetleri Kitabı*, 1–2. https://www.jmo.org.tr/resimler/ekler/d033f2517f2915c_ek.pdf
- Güngör, Y. (2009) Doğanın Öyküsünü Anlamak: Jeoturizm. *JMO Mavi Gezegen Popüler Yerbilimleri Dergisi*, 14, 4–8.
- Güngör, Y., İskenderoğlu, L., Azaz, D. ve Güngör, B. (2012a). Levent Vadisi (Akçadağ-Malatya) Jeopark Envanter Çalışması. Koçbay, A., Esat, K. Ve Hasançebi, N. (Ed.ler), 65. *Türkiye Jeoloji Kurultayı*, 324–325.
- Güngör, Y., Azaz, D., Çelik, Y. ve Yalçın, M. N. (2012b). Narman Vadisinin (Narman-Erzurum) Jeopark Olarak Değerlendirilmesi. A. Koçbay K. Esat, N. Hasançebi (Ed.ler), 65. *Türkiye Jeoloji Kurultayı, Ankara, Türkiye*, 326–327.
- Influence Türkiye, (2025, 4 Eylül). Milvan Kalesi. <https://turkiye.influence.cool/tr/adana/karaisali/gezi-rehberi/milvan-kalesi/>

- IUGS, (2025, 5 Ağustos). The Grand Canyon, USA. https://iugs-geoheritage.org/geoheritage_sites/the-grand-canyon/
- JEMİRKO, (2025a, 5 Ağustos). Jeolojik miras terimleri. <https://www.jemirko.org.tr/jeolojik-miras-terimleri/>
- JEMİRKO, (2025b, 5 Eylül). Jeolojik Miras Çalıştayı Sonuç Bildirgesi. <https://www.jemirko.org.tr/turkiyenin-en-onemli-100-jeolojik-mirasi-ve-anahtar-jeolojik-alanlarinin-belirlenmesi-calistayi-sonuc-bildirgesi/>
- Kazancı, N. (2010). *Jeolojik Koruma; Kavram ve Terimler*. Jeolojik Mirası Koruma Derneği yayını, 60 s.
- Kazancı, N., Şaroğlu, F. ve Suludere, Y. (2015). Jeolojik Miras ve Türkiye Jeositleri Çatı Listesi. *Maden Tetkik ve Arama Dergisi*, 151, 263-272.
- Kazancı, N., Şaroğlu, F., Doğan, A. & Mülazımoğlu, N. (2012). Geoconservation and geo-heritage in Turkey. In Wimbledon, W.A.P. & Smith-Meyer S. (Eds.), *Geoheritage in Europe and its Conservation* ProGeo Spec. Pub, Oslo, Norway, pp 366–377.
- Kazancı, N., Suludere, Y., Mülazımoğlu, N.S., Tuzcu, S., Mengi, H. ve Hakyemez, Y. (2009). *Milli Parklarda Jeolojik Miras 5. Yozgat Çamlığı Milli Parkı ve Çevresi Jeositleri*. Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü, Ankara Üniversitesi, TÜBİTAK, MTA, Jeolojik Mirası Koruma Derneği, Yozgat, 60 s.
- Köroğlu, F. (2024). Cehennem Deresi Canyon(s): Outstanding geomorphology, geoheritage, and geotourism assets, Ardanuç (Artvin), Eastern Black Sea/NE Türkiye. *Geoheritage*, 16(87), 1-25. <https://doi.org/10.1007/s12371-024-00997-z>
- Lagap, H. (1985). *Kıralan-Karakılıç-Karaisalı (KB Adana) alanının stratigrafisi* [Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi]. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- National Geographic Society, (2025, 5 Ağustos). Canyon. <https://education.nationalgeographic.org/resource/canyon/>
- Özbay, E. (2023). Osmanlı'dan Cumhuriyet'e Bir Köprünün Dönüşümü: Kapıkaya (Çakıt-2) Köprüsü (Adana-Karaisalı). Uçar, H., Ürer, H., Ünal Özdemir, H. S. ve Çeken, M. (Ed. ler), *Prof. Dr. Bozkurt Ersoy Armağanı* (s. 387-410). İzmir: Ege Üniversitesi Yayınları. <https://basimveyayinevi.ege.edu.tr/files/basimveyayinevi/icerik/profdrbozkurtersoyarmaganiekitap.pdf>
- Özdemir, M. A. ve Çırak, O. (2024). Köprülü Kanyonu Milli Parkı'nın jeomorfofitleri ve turizm potansiyeli (Antalya). *International Social Mentality and Researcher Thinkers Journal*, 10(4), 639–654. https://smartofjournal.com/?mod=makale_tr_ozet&makale_id=76955
- Pinterest, (2025, 4 Eylül). Kesir han. <https://tr.pinterest.com/pin/333407178663541456/>
- Satıl, F., Yılmaz, F., Çetintaş, O., Tümen, G., Tüven, A., Keleş, Ö., Sunal, G., Sağlam Selçuk, A., Gençoğlu, L., Yaman, Y. K., Yüksel, K., Özbek, M. ve Uçar, S. (2019). *Potansiyel Doğal Sit Alanlarının Ekolojik Temelli Bilimsel Araştırma Projesi, Adana Karaisalı Kapıkaya Kanyonu Potansiyel Doğal Sit Alanı Ekolojik Temelli Bilimsel Araştırma Raporu*. ÇŞB, Tabiat Varlıklarını Koruma Genel Müdürlüğü, 200 s., (Yayımlanmamış).
- Siler, M. ve Şengün, M. T. (2022). Karaleylek ve Saklıkapı Kanyonu'nun (Elazığ) jeopark potansiyeli. *Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 32(2), 409–426. <https://doi.org/10.18069/firsbed.1054801>
- Statkraft, (2025, 5 Eylül). Çakıt hidroelektrik santrali. <https://www.statkraft.com/about-statkraft/where-we-operate/turkey/cakit-hydropower-plant/>
- Taraf, F., Eren, M. ve Gürbüz, K. (2013). Karaisalı Formasyonu'nun (Adana Baseni-Türkiye) Fasiyes ve Mikrofasies Özellikleri. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 56(3), 173-187. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/tjb/article/298765>
- Toprak, Ö. ve Şahin, H. (2017). Niksar (Tokat) yöresinin jeodeğerleri. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 60(1), 129–144. <https://doi.org/10.25288/tjb.297867>
- Ünal İbret, B. ve Cansız, E. (2016). Kanyon turizmi ve ekoturizm açısından değerlendirilmesi gereken bir yöre: Küre Ersizlerdere–Karacehennem Kanyonu. *Marmara Coğrafya Dergisi*, 34, 107–117.
- 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.

- UNESCO WHC, (2025, 5 Eylül). UNESCO World Heritage List.
<https://whc.unesco.org/en/list/?search=canyon&components=1&order=country>.
- Ünlügenç, U. C., Demirkol, C. ve Şafak, Ü. (1993). Adana Baseni K–KD’unda yer alan Karsanti Baseni çökellerinin stratigrafik-sedimentolojik nitelikleri. Kazancı, N. (Ed.) *A. Suat Erk Jeoloji Sempozyumu Bildiriler Kitabı*, 215–227.
- Ünlügenç, U. C. (1986). *Kızıldağ Yayla (Adana) dolayının jeolojisi* [Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi]. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Wimbledon, W. A. P. (1996) Geosites-A New Conservation Initiative. *Episodes* 19, 87-88.
<https://doi.org/10.18814/epiiugs/1996/v19i3/009>
- Yalçın, M. N. & Görür, N. (1984). Sedimentological Evolution of the Adana Basin. Tekeli, O. and Göncüoğlu, M. C. (Eds), *Proceedings of the International Symposium on the Geology of Taurus Belt*, 165-172.
- Yetiş, C. (1978). *Çamardı (Niğde) yakın ve uzak dolayının jeoloji incelemesi ve Ecemiş Yarılım Kuşağı’nın Maden Boğazı–Kamışlı arasındaki özellikleri* [Yayımlanmamış Doktora Tezi]. İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi.
- Yetiş, C. ve Demirkol, C. (1986). *Adana Baseni Batı kesiminin detay etüdü* (Rapor No: 8037). Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, 187s. (yayımlanmamış).
- Yetiş, C., Kelling, G., Gökçen, S. L. & Baraz, F. (1995). A revised stratigraphic framework for the Late Cenozoic sequences in the northeastern Mediterranean region. *Geologische Rundschau*, 84, 794–812. <https://doi.org/10.1007/BF00240569>
- Yıldız, S. ve Zaman, S. (2024). Adıyaman ilinin kanyon turizm potansiyeli ve planlama önerileri. *RESS Journal – Route Educational & Social Science Journal*, 11(4), 195–209.
<http://dx.doi.org/10.17121/ressjournal.3575>



Bursa İlinin (KB Türkiye) Önemli Jeositleri
Significant Geosites in Bursa Province (NW Türkiye)

Hükmü Orhan^{1*} , Aral I. Okay² , Nizamettin Kazancı^{3,4} , Lütfi Nazik⁵ 
Murat Poyraz⁵ , Berna Alpagut⁶ , Yakup Çelik⁷ 

¹ Konya Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye

² İstanbul Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye

³ Ankara Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 06870 Gölbaşı, Ankara, Türkiye

⁴ Jeolojik Mirası Koruma Derneği, P.K.10, Maltepe, 06570 Çankaya, Ankara, Türkiye

⁵ Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü, Kırşehir, Türkiye

⁶ Ankara Üniversitesi, Dil, Tarih ve Coğrafya Fakültesi, Antropoloji Bölümü, Ankara, Türkiye

⁷ İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Avcılar, İstanbul, Türkiye

• Geliş/Received: 07.09.2025 • Düzeltmiş Metin Geliş/Revised Manuscript Received: 14.11.2025 • Kabul/Accepted: 16.11.2025
• Çevrimiçi Yayın/Available online: 17.05.2026 • Baskı/Printed: 22.05.2026

Derleme Makale / Review Article

Türkiye Jeol. Bül. / Geol. Bull. Turkey

Öz: Jeomorfolojik yapılar, mineraller, kayaçlar ve fosillerden oluşan jeolojik miras öğeleri Yerküre'nin geçmişinin ortaya çıkarılması, doğa kaynaklı tehlikelerin tanınması ve etkilerinin azaltılması, iklim değişikliğine uyum gibi küresel sorunların araştırılmasında kullanılır. Jeosit olarak adlandırılan bu yapıların korunması ve tanıtılması UNESCO ve diğer uluslararası kurumlar tarafından da desteklenmektedir.

Türkiye'nin önemli kültür, kış sporları ve turizm merkezlerinden biri olan Bursa ve çevresinde çok sayıda jeolojik ve jeomorfolojik açıdan değerli, jeomiras ve jeoturizm potansiyeline sahip jeolojik ve jeomorfolojik yapılar bulunmaktadır. Bursa'nın jeolojik çerçevesi, Pontidler'in Sakarya Zonu ile Anatolid-Torid Bloku'nun Tavşanlı Zonu arasındaki Tetis Okyanusu'nun dalma-batma süreciyle yitilmesi sonucu oluşan İzmir-Ankara kenet zonu tarafından şekillendirilmiştir. Uludağ, volkanik olmaktan ziyade gnays, amfibolit ve mermerden oluşan klasik bir metamorfik çekirdek kompleks (Uludağ Masifi) örneğidir. Bursa ilinde tanımlanan başlıca jeositler şunlardır: benzersiz Orta Miyosen faunasına sahip Paşalar Memeli Fosil Yatağı; Önemli Bir Kuş Alanı olan Kocasu Deltası ve Karacabey Longozu (Su basar Ormanı); kendine özgü limnolojik ve tektonik geçmişleriyle İznik ve Uluabat Gölleri; Bursait mineralinin tip lokalitesi; eşsiz Mor Yeşim oluşumları ve Uludağ Şelit yatağı gibi önemli mineralojik alanlar; Çok sayıda kanyon (Sadağı, Fevziye, Sansarak, Tacir, Yarhisar), şelale (Suuçtu şelalesi) ve mağaralar (Ayvaini, Oylat, Koca, Ayiini ve Gavurini); Uludağ'daki periglasial yapılar, buzul gölleri ve granitlerdeki tor yapıları; Harmancık, Keles, Orhaneli, Mustafakemalpaşa ve İnegöl havzalarındaki kömür içerikli Miyosen yaşlı birimler.

Bu çalışma, 2023 yılında yapılan "Bursa'nın Jeolojik Mirası Çalıştayı" bulgularına dayanmakta olup, zengin ve çeşitli jeolojik miras olma özelliğine sahip bu alanların korunması ile sürdürülebilir kullanımını teşvik etmeyi amaçlamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Bursa, doğal miras, jeolojik miras, jeosit, jeoturizm, Uludağ.

Abstract: Geological heritage elements, consisting of geomorphological structures, minerals, rocks, and fossils, are used in uncovering the Earth's past, identifying and mitigating natural hazards, and investigating global issues such as adaptation to climate change. The protection and promotion of these structures, called geosites, is supported by UNESCO and other international institutions.

Bursa, one of Türkiye's major centers of culture, winter sports, and tourism, together with its surrounding area, contains numerous geological and geomorphological features of significant geoheritage value and geotourism potential. Bursa's geological framework was shaped by the İzmir-Ankara suture zone, which formed as a result of the subduction of the Tethys Ocean between the Sakarya Zone of the Pontides and the Tavşanlı Zone of the Anatolide-Tauride Block. Uludağ, often mistakenly regarded as volcanic, instead represents a classic metamorphic core complex (the Uludağ Massif), composed predominantly of gneiss, amphibolite, and marble. The principal geosites identified in Bursa Province include the Paşalar Mammal Fossil Bed, notable for its unique Middle Miocene fauna; the Kocasu Delta and the Karacabey Longozu (flooded forest), recognized as an important bird area; Lakes İznik and Uluabat, distinguished by their exceptional limnological and tectonic histories; and the type locality of the mineral bursaite. Additional sites of mineralogical significance comprise the distinctive purple jadeite formations and the Uludağ scheelite deposit. The province also hosts numerous geomorphological features, including canyons (Sadağı, Fevziye, Sansarak, Tacir, and Yarhisar), waterfalls (notably Suiçtu Waterfall), and caves (Ayvaini, Oylat, Koca, Ayini, and Gavurini). High-altitude areas of Uludağ display well-developed periglacial features, glacial lakes, and tor structures formed in granite. Coal-bearing Miocene units are also widespread within the Harmancık, Keles, Orhaneli, Mustafakemalpaşa, and Inegöl basins.

This study draws on the outcomes of the Geological Heritage of Bursa Workshop held in 2023 and seeks to promote the protection and sustainable use of areas characterized by a rich and diverse geological heritage.

Keywords: Bursa, geological heritage, geotourism, geosite, natural heritage, Uludağ.

GİRİŞ

Yerkabuğunun evrimini açıklayan tipik lokaliteler, estetik açıdan çekici jeolojik yapılar, iyi bilinen jeolojik olay veya süreçlerin iyi korunmuş örnekleri ve nadir gözlenen temsilcileri, çok seyrek rastlanan oluşumlar korunması gereken jeolojik yapılar ve jeolojik miras kapsamında değerlendirilirler. Bu jeolojik miras öğeleri, Yerkürenin geçmişini ortaya koymasının yanı sıra doğa kaynaklı tehlikelerin tanınması ve etkilerinin azaltılması, iklim değişikliğine uyum gibi küresel sorunlara cevaplar taşımaktadır (Kazancı vd., 2015). Söz konusu yapıların korunması ve tanıtılması, UNESCO başta olmak üzere çeşitli uluslararası kuruluşlar tarafından da desteklenmektedir.

Son yıllarda insanlar, geleneksel deniz-kum-güneş turizminin yanı sıra heyecan verici, eğitici ve eğlendirici unsurları bir araya getiren alternatif turizm arayışına girmişlerdir. Bu ihtiyaçtan hareketle, sürdürülebilir bir turizm türü olan ve tüm yıl boyunca gerçekleştirilebilen jeoturizm önem kazanmıştır. Turizm Bakanlığının turizmi 81 ilde 12 aya yaymayı hedefleyen stratejileri de dikkate alındığında jeoturizm gelecekte önemli ve sürdürülebilir alternatif turizm türlerinden biri olacağı öngörülmektedir.

Jeosit, jeolojik miras, jeopark ve jeoturizm kavramları son yıllarda büyük önem kazanmıştır. İnsanlar çoğunlukla jeoparklarda bulunan jeomorfolojik yapılar, mineraller, kayaçlar ve fosiller gibi jeolojik miras öğelerini ziyaret ederek yeryuvarının oluşumunun herhangi bir dönemi hakkında ya da yer şekillerinin jeomorfolojik süreçlerle nasıl oluştuğu hakkında bilgi sahibi olabiliyorlar (Özkul, 2023). Bu bağlamda, Bursa ve yakın civarı, çok sayıda jeolojik ve jeomorfolojik açıdan önemli yapılara ev sahipliği yapmakta ve yüksek bir jeolojik miras potansiyeli barındırmaktadır.

Türkiye, sahip olduğu jeolojik çeşitlilik ve zengin jeomorfolojik yapılarıyla bu alanda dikkat çekici bir potansiyele sahiptir. Bursa ve çevresi, tarihsel ve kültürel öneminin yanı sıra, jeolojik ve jeomorfolojik çeşitliliğiyle de öne çıkmaktadır. Bu çalışma, Bursa ve çevresindeki başlıca jeolojik miras alanlarını tanıtmayı amaçlamaktadır.

Hem Türkiye'nin önemli bir kış sporları merkezi olması ve hem de önemli jeositleri bünyesinde bulunduran Uludağ, Bursa'nın güneybatısındaki Nilüfer vadisinde başlayıp, Bozüyük güneybatısına kadar uzanır. Bursa'nın güneyinde bir duvar gibi yükselen Uludağ, genişliği 15-20 km, uzunluğu 80 km olan ve BKB-

DGD yönünde uzanan bir sırt şeklinde gelişmiştir. Uludağ'ın zirvesi 2.543 metre ile Uludağ Tepe'dir. Ayrıca Alpin kuşak içerisinde Zirve Tepe (2486 m), Eğrikar Tepe (2.452 m) gibi yüksek tepeler de bulunmaktadır.

Bu çalışmada, Jeoloji Mühendisleri Odası Güney Marmara Şubesi ve TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Kültürel Jeoloji ve Jeolojik Miras Çalışma Grubu, JEMİRKO ve Yerbilimleri Eğitimi Çalışma Grubu (YEÇG) iş birliği ile 22-23 Eylül 2023 tarihlerinde Bursa'da düzenlenen 'Bursa'nın Jeolojik Miras Çalıştayı'nda sunulan ve genişletilmiş metinlerinin TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayın No 152'de yayımlanan makalelerden yararlanılarak, Bursa ilindeki jeolojik miras öğelerinin tanıtılması amaçlanmıştır.

BURSA İLİ ve YAKIN ÇEVRESİNİN JEOLojİSİ

Bursa ili, tektonik olarak İzmir-Ankara Kenet Kuşağının üzerinde yer almaktadır. Bu önemli tektonik hat, Triyas ve daha önceki dönemlerde Pontidler'in Sakarya Zonu ve Anatolid-Torid Bloku'nun Tavşanlı Zonu arasındaki Tetis Okyanusu'nun dalma-batma süreciyle yitilmesi sonucu oluşmuştur. Bursa ilinin güneyinde yer alan bu önemli kuşak Göktepe ve Soğukpınar fayları ile temsil edilir. (Şekil 1 ve 2; Okay, 2023a). Sakarya Zonu'nun ayırt edici jeolojik özelliklerinden biri, kuvvetlice deforme olmuş ve kısmen metamorfizma geçirmiş Triyas yaşlı dalma-yığışım kompleksine ait kayaçların üzerine metamorfik olmayan Erken Jura-Eosen istifinin gelmesidir (Okay ve Whitney, 2010).

Sakarya Zonu'nda yaygın olarak yüzeyleyen Karakaya Kompleksi, Triyas okyanus platosuna ait olası parçalarını da içeren Triyas yaşlı dalma-yığışım prizması birimlerini temsil eder. Kompleks, Biga Yarımadası'ndan doğuya doğru Sakarya Zonu içerisinde 1000 km'den fazla mesafede yayılım gösterir. Kuzeybatı Türkiye'deki çalışmalarda,

Karakaya Kompleksi iki ana tektono-stratigrafik birime ayrılmıştır (Okay ve Whitney, 2010; Okay 2023a).

i-Alt Karakaya Kompleksi (Nilüfer Formasyonu): Karakaya Kompleksi'nin alt kısmını oluşturan, 50 metreye kadar ulaşan kalınlıkta karbonat ve şeyl bantları içeren, toplam kalınlığı üç kilometreden fazla olan ve egzotik Triyas eklojiti ve mavi şist mercekleri içeren Permien-Triyas metabazit-mermer-fillit istifi ile temsil edilir (Şekil 2). Alt Karakaya Kompleksinin stratigrafik tabanı bilinmemektedir. Kazdağları ve Uludağ'da yüksek dereceli metamorfik gnayslar, amfibolitler ve mermerler üzerinde tektonik bir dokanakra yer alır. Alt Karakaya kompleksi, genellikle tektonik dokanaklarla Üst Karakaya Kompleksi'nin Triyas yaşlı kırıntılı istifleri tarafından örtülür (Okay ve Whitney, 2010; Okay, 2023a).

ii-Üst Karakaya kompleksi, kaotik olarak deforme olmuş, ancak büyük ölçüde metamorfizma geçirmemiş, kırıntılı ve Triyas yaşlı bazik volkanik kayaçlardan oluşur (Şekil 2). Birim, Karbonifer ve Permien yaşlı neritik kireçtaşları, bazaltlar ile Karbonifer ve Permien yaşlı radyolaryalı çörtlere ait egzotik bloklar içerir ve Nilüfer Formasyonunu tektonik olarak üzerler. Üst Karakaya Kompleksi Erken Jura yaşlı karasal-sığ denizel kırıntılı tortul kayaçlar tarafından uyumsuz olarak örtülmüştür (Okay ve Whitney, 2010).

Tavşanlı Zonu'ndaki mavişistler, Anatolid-Torid Bloğu'nun dalan kuzeye bakan pasif kıta kenarını temsil eder ve Umman'dakilere benzer bir tektonik evrim gösterir (Okay ve Whitney, 2010). Bu mavi şistler, Paleosen kıta-kıta çarpışmasından önce, Geç Kretase'de kısmen yüzeylenmiş veya yüksek kabuk seviyelerindeydi. Bu durum, Tavşanlı Zonu'nun kuzeyindeki Sakarya Zonu'ndaki Geç Kretase kırıntılı istiflerdeki mavişist çakıllarının bulunmasından da anlaşılmaktadır. (Okay ve Whitney, 2010).



Şekil 1. Türkiye ve yakın çevresinin ana kenet ve kıtasal levhaları gösteren tektonik harita (Okay ve Whitney, 2010). İçi dolu üçgenlerle gösterilen kalın çizgiler eski dalma-batma zonlarının yönünü (polarite) ve suture kuşaklarını, içi boş üçgenli kalın çizgiler ise aktif dalma-batma zonlarını temsil eder. BFZ: Bornova Fliş Zonu; CACC: Orta Anadolu Kristalin Kompleksi (Kırşehir Masifi).

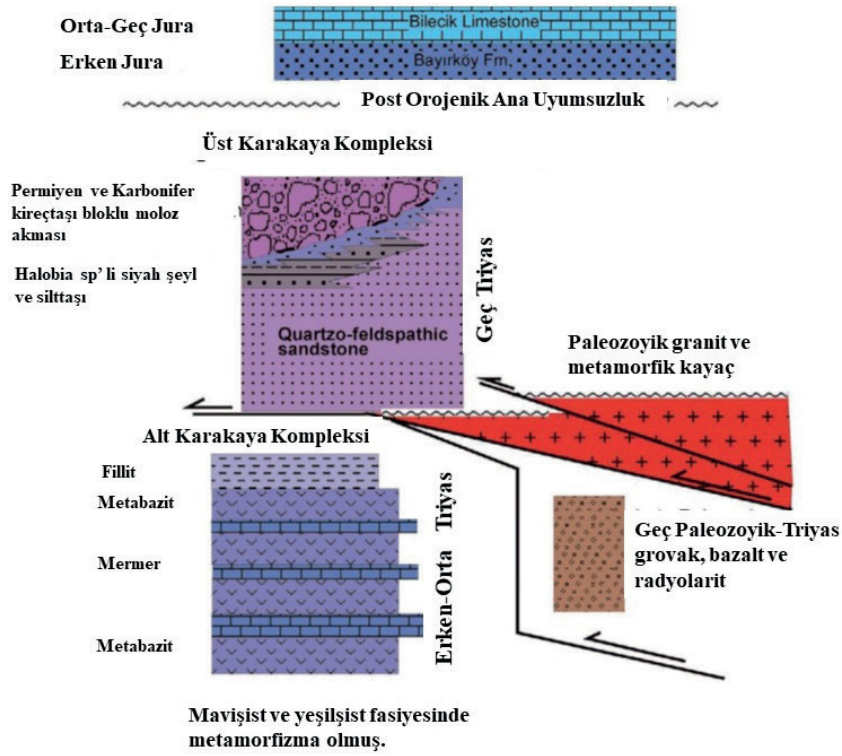
Figure 1. Tectonic map showing the major sutures and continental plates of Türkiye and its surrounding area (Okay and Whitney, 2010). Thick lines with filled triangles represent the polarity of ancient subduction zones and sutures, while thick lines with open triangles represent active subduction zones. BFZ: Bornova Flysch Zone; CACC: Central Anatolian Crystalline Complex (Kırşehir Massif).

Karakaya Orojenezi olarak bilinen ve en geç Triyas'ta sona eren tektonik evrenin ardından, tüm Sakarya Zonu'nda molas tipi karasal-sığ denizel Erken Jura kırıntılı kayaçları çökelmiştir. Bu kırıntılı istif hem Karakaya Kompleksi birimleri hem de Paleozoyik granitik kayaçlar üzerinde uyumsuz olarak yer alır. Erken Jura kırıntılılarının üzerine, uyumsuz olarak Orta Jura-Erken Kretase yaşlı neritik karbonatlar gelmekte ve bunlar da uyumsuzlukla Albien-Senomanien yaşlı pelajik kireçtaşları ve kırıntılı kayaçlar tarafından örtülmektedir. Kuzeybatı Türkiye'de, Kretase ve

Paleosen tortul istifinin büyük bölümü eksiktir; bölgede Orta Eosen yaşlı neritik kireçtaşları, alttaki daha yaşlı birimlerin üzerinde uyumsuz olarak yer alır.

Uludağ Masifi

Şehir efsanesinin aksine, Uludağ bir volkan değildir; volkanik kayaçlar Uludağ'da hemen hemen hiç bulunmaz. Uludağ tümüyle metamorfik ve derinlik (plütonik) kayaçlardan oluşmuştur (Ketin, 1947; Okay, 2023a).



Şekil 2. Kuzeybatı Türkiye’de Karakaya Kompleksinin genelleştirilmiş tektono-stratigrafik kesiti (Okay ve Whitney, 2010).

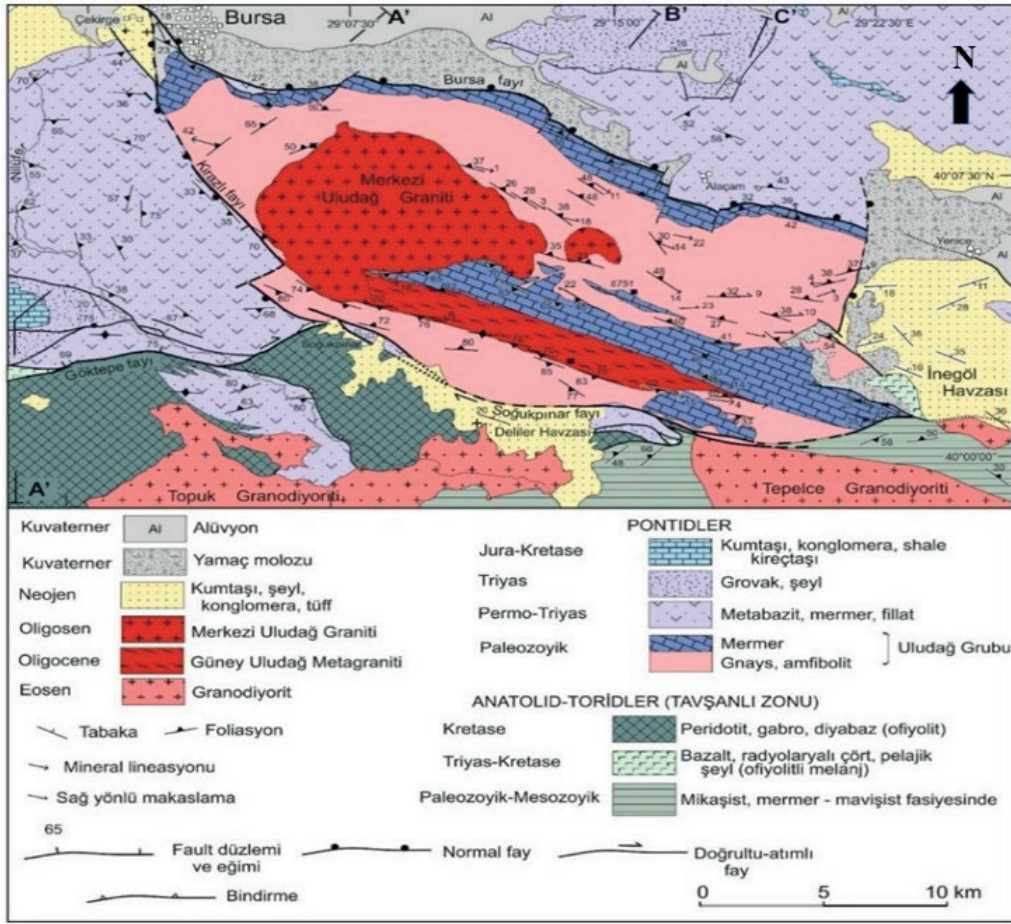
Figure 2. Generalized tectono-stratigraphic column of the Karakaya Complex in northwestern Türkiye (Okay and Whitney, 2010).

Uludağ’ın merkezinde, Uludağ Masifi olarak adlandırılan kalınlığı yaklaşık 4 km olan gnays ve amfibolit, dış kesiminde ise kalınlığı 400 metreyi bulan mermerler yer alır (Şekil 3). Uydu ve Google Earth görüntülerinde Uludağ’da DGD yönünde beyaz bir şerit gibi görünen, kar örtüsüne benzeyen kesim mermerlerden yapılmıştır. “Zirve mermerleri” olarak adlandırılan bu kayaçların güneyinde Uludağ’ın çekirdeğini oluşturan gnayslar yer alır. Gnayslar; kuvars, feldspat, muskovit, hornblend ve biyotitten oluşan, seyrek olarak granat içeren, orta-iri taneli metamorfik kayalardır (Okay, 2023a).

Yaklaşık 2 km genişlikte, 15 km uzunlukta dik bir duvar oluşturan Güney Uludağ Metagraniti zirve mermerlerini kesmekte, kuzeybatı da ise Merkezi Uludağ Graniti tarafından kesilmektedir.

Otellerin yerleştiği bölge, bu Merkezi Uludağ Graniti üzerinde yer alır. Etibank tarafından uzun yıllar işletilen, günümüzde terkedilmiş durumda olan Wolfram maden zuhuru ve Bursa şehrine atfen adlandırılan Bursait minerali granit ile mermerler arasında yer alan zonda gelişmiştir.

Yüksek dereceli metamorfizma ürünü gnays ve mermerlerden oluşan Uludağ Grubu kuzey ve güneyden büyük, aktif faylarla sınırlanmıştır. Kuzeydeki Bursa Fayı, sıyrılmaya karakterindedir ve Bursa Ovası ile Uludağ arasındaki sınırı oluşturur (Seyitoğlu ve Esat, 2023). Güneydeki Soğukpınar Fayı ise, Anatolid-Torid Bloku’na ait metamorfik kayaçlar ve Tetis Okyanusu’nun mantosunu temsil eden ultramafik kayaçlar ile Uludağ Grubu arasındaki sınırı oluşturur (Şekil 3; Okay, 2023a).



Şekil 3. Uludağ ve çevresinin jeoloji haritası (Okay, 2023a).

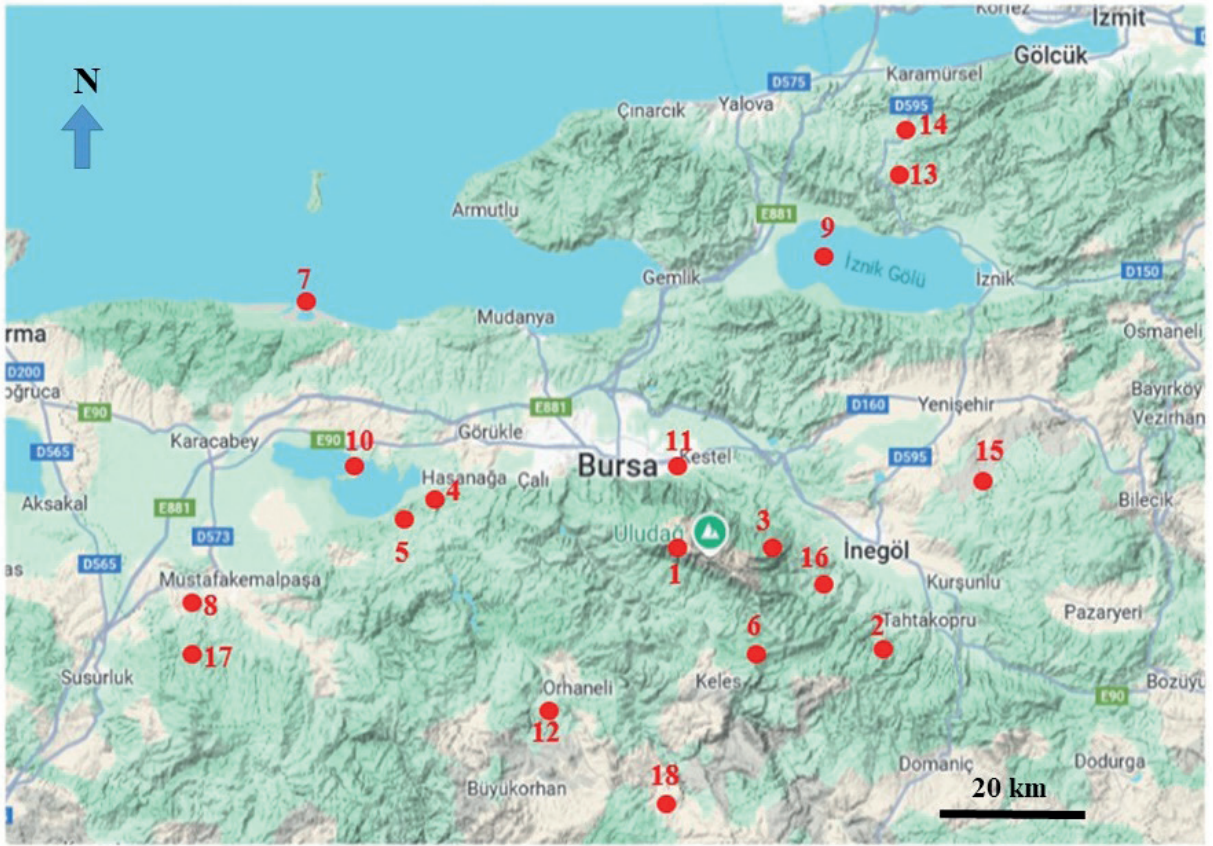
Figure 3. Geological map of Uludağ and its surrounding area (Okay, 2023a).

Sakarya Zonu ile Anatolid-Torid Bloku, aradaki Tetis Okyanusu'nun tamamen yitilmesi sonucu Paleosen'de çarpışmıştır. Bu çarpışmaya bağlı olarak bölge deforme olmuş, yükselmiş ve aşınmıştır. Uludağ Grubu muhtemelen bu çarpışma sırasında metamorfizma geçirmiştir. 35 My yaşında olan Güney Uludağ Metagraniti, 28 My yaşında olan ve sünek deformasyon göstermeyen Merkezi Uludağ Graniti tarafından kesilmektedir. Bu durum bölgedeki bir makaslama zonunun Geç Eosen – Erken Oligosen (35-28 My) arasında aktif olduğunu göstermektedir (Okay, 2023a). Bursa çevresinin Karbonifer'e kadar uzanan karmaşık ve uzun evrimine karşın, Uludağ bugünkü yapısal

görünümü ve morfolojisine son 35 milyon yılda gerçekleşen olaylar sonucunda kavuşmuştur (Okay, 2023a).

JEOLJİK MİRAS DEĞERLERİ

2014 yılında UNESCO tarafından Dünya Mirası listesine alınan Hanlar bölgesi, Sultan külliyesi ve Cumalıkızık köyü (Dostoğlu, 2023) ve Türkiye'nin önemli bir kayak merkezi olan Uludağ zirve bölgesi gibi önemli kültürel ve turizm değerlerine sahip olan Bursa ili aynı zamanda çok sayıda jeolojik miras değerlerine de sahiptir (Şekil 4; Çizelge 1).



Şekil 4. Bursa ve yakın çevresindeki jeolojik miras değerlerinin yer bulduru haritası; 1-Uludağ, 2-Oylat Mağarası, 3-Koca Mağara, 4-Ayvaini Mağarası, 5- Ayiini Mağarası, 6- Gavurini Mağarası, 7-Karacabey longozu, 8-Paşalar fosil yatağı, 9-Iznik Gölü, 10-Uluabat Gölü, 11-Bursa sıyrılma fayı, 12-Sadağı Kanyonu, 13- Sansarak Kanyonu, 14-Tacir Kanyonu, 15- Yarhisar Kanyonu, 16- Fevziye Kanyonu, 17- Suuçtu Şelalesi, 18- Mor Jadeit lokasyonu

Figure 4. Location map of geological heritage assets in Bursa and its surrounding area; 1- Uludağ, 2- Oylat Cave, 3- Koca Cave, 4- Ayvaini Cave, 5- Ayiini Cave, 6- Gavurini Cave, 7- Karacabey floodplain, 8- Paşalar fossil bed, 9- Iznik Lake, 10- Uluabat Lake, 11- Bursa detachment fault, 12- Sadağı Canyon, 13- Sansarak Canyon, 14- Tacir Canyon, 15- Yarhisar Canyon, 16- Fevziye Canyon, 17- Suuçtu Waterfall, 18- Purple Jadeite location.

Stratigrafik Jeomiras Unsurları

Paşalar memeli fosil yatağı

Bursa'nın Mustafakemalpaşa ilçesine 12 km uzaklıkta bulunan Paşalar fosil yatağı, 1965-1969 yılları arasında MTA tarafından yürütülen Linyit Araştırmaları sırasında bir orman yolu açılırken keşfedilmiştir (Şekil 4). Anadolu'nun Neojen sınıflamasında tanımlanan 12 fauna grubunun en eskisi olan Paşalar fosil yatağı, 15 milyon yıl öncesine, Orta Miyosen'e tarihlenen eşsiz bir faunaya sahiptir. İlk kazılar Prof. H. Tobien tarafından yapılmış ve bulgular 1977 Nature

dergisinde bilim dünyasına tanıtılmıştır. 1983 yılından bu yana ise, Ankara Üniversitesi Öğretim üyesi Prof. Dr. Berna Alpagut başkanlığında Kültür ve Turizm Bakanlığının izni ve finansal desteği ile uluslararası bir proje olarak yürütülen kazı çalışmaları 42 yıldır kesintisiz devam etmektedir. Kazı alanında elde edilen bilimsel veriler 1990, 1995, 2008 yıllarında Journal of Human Evolution dergisinde özel sayı olarak yayınlanmıştır (Andrews ve Alpagut, 1990; 1995; Kelly vd., 2008). Kazı alanında bilimsel kazılar halen aktif olarak devam etmektedir.

Çizelge 1. Bursa ili jenositlerinin ProGEO (Kazancı vd., 2015) kategorilerine göre ayrılmış listesi.

Table 1. List of geosites in Bursa province, arranged according to ProGEO (Kazancı et al., 2015) categories.

<p style="text-align: center;"><u>Grup A- STRATİGRAFİK</u></p> <ol style="list-style-type: none"> Paşalar Köyü Fosili yatağı-Bursa/Mustafakemalpaşa Bursa Kömür Sahaları -Orhaneli-Gümüşpınar(Burmu) Çivilı-Altıntaş (Sağırlar) Sahası -Keles-Harmanalan Sahası -Keles-Davutlar Sahası -Harmancık Sahası -İnegöl sahası 	<p style="text-align: center;"><u>Grup B- ORTAMSAL</u></p> <ol style="list-style-type: none"> Karacabey Longoz Ormanları-Bursa/Karacabey Kocasu deltası. Bursa/Karacabey 		
<p style="text-align: center;"><u>Grup C- VOLKANİK, METAMORFİK ve TORTUL PETROLOJİ, DOKULAR VE YAPILAR, OLAYLAR VE PROVENSLER</u></p> <ol style="list-style-type: none"> İznik gölü yalıtışları -Bursa/İznik Uludağ granit yüzey şekilleri (Tor, Tafoni, Inselberg, eksfoliasyon vs.) 	<p style="text-align: center;"><u>Grup D- MİNERALOJİK, EKONOMİK</u></p> <ol style="list-style-type: none"> Bursait, Uludağ Mor jadeit Bektaşlar-Harmancık -Bursa Harmancık Eski Krom Madeni Volfram (Uludağ) Mermer (Kemalpaşa beyazı, Karacabey siyahı, Bursa beji) 		
<p style="text-align: center;"><u>Grup E- YAPISAL</u></p> <table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> <ol style="list-style-type: none"> Doğrultu atımlı bir fayın sünek makaslanma zonu-Uludağ masifi Uludağ genişlemeli metamorfik çekirdek kompleksi Bursa güneyinde Tetis okyanusunun kenedi (İzmir-Ankara kenet zonu) Sıyırılma fayları -Bursa sıyırılma fayı Bursa/Kestel -Çataldağ sıyırılma fayı, Bursa/Mustafakemalpaşa Kayapa-Yenişehir Havza Biçen Fayı </td> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> <ol style="list-style-type: none"> Bursa ilindeki aktif faylar -İznik-Mekece fayı -Gemlik Fayı -Gençali Fayı -Zeytinbağı Fayı -İnegöl Fayı -Oylat Fayı -Bursa fayı -Uluabat Fayı -Mustafakemalpaşa Fayı -Orhaneli Fayı -Barakfakı Fayı -Kaymakoba Fayı -Karacabey Fayı -Uludağ Fayı (Soğukpınar Fayı) </td> </tr> </table>		<ol style="list-style-type: none"> Doğrultu atımlı bir fayın sünek makaslanma zonu-Uludağ masifi Uludağ genişlemeli metamorfik çekirdek kompleksi Bursa güneyinde Tetis okyanusunun kenedi (İzmir-Ankara kenet zonu) Sıyırılma fayları -Bursa sıyırılma fayı Bursa/Kestel -Çataldağ sıyırılma fayı, Bursa/Mustafakemalpaşa Kayapa-Yenişehir Havza Biçen Fayı 	<ol style="list-style-type: none"> Bursa ilindeki aktif faylar -İznik-Mekece fayı -Gemlik Fayı -Gençali Fayı -Zeytinbağı Fayı -İnegöl Fayı -Oylat Fayı -Bursa fayı -Uluabat Fayı -Mustafakemalpaşa Fayı -Orhaneli Fayı -Barakfakı Fayı -Kaymakoba Fayı -Karacabey Fayı -Uludağ Fayı (Soğukpınar Fayı)
<ol style="list-style-type: none"> Doğrultu atımlı bir fayın sünek makaslanma zonu-Uludağ masifi Uludağ genişlemeli metamorfik çekirdek kompleksi Bursa güneyinde Tetis okyanusunun kenedi (İzmir-Ankara kenet zonu) Sıyırılma fayları -Bursa sıyırılma fayı Bursa/Kestel -Çataldağ sıyırılma fayı, Bursa/Mustafakemalpaşa Kayapa-Yenişehir Havza Biçen Fayı 	<ol style="list-style-type: none"> Bursa ilindeki aktif faylar -İznik-Mekece fayı -Gemlik Fayı -Gençali Fayı -Zeytinbağı Fayı -İnegöl Fayı -Oylat Fayı -Bursa fayı -Uluabat Fayı -Mustafakemalpaşa Fayı -Orhaneli Fayı -Barakfakı Fayı -Kaymakoba Fayı -Karacabey Fayı -Uludağ Fayı (Soğukpınar Fayı) 		
<p style="text-align: center;"><u>Grup F- JEOMORFOLOJİK YAPILAR, ASINMA VE DEPOLANMA SÜRECLERİ, YER SEKİLLERİ VE ARAZİ MANZARALARI</u></p> <table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> <p>f1. Kanyonlar</p> <ol style="list-style-type: none"> Sadağı Kanyonu-Bursa/Orhaneli Cennet Kanyonu-Bursa/Yenişehir Sansarak Kanyonu-Bursa/İznik Kayalıdere Kanyonu ve Tırmanış Bahçesi-Bursa/Keles-Gelemiş Köyü Yarhisar Kanyonu- Bursa/Yenişehir Tacir Kanyonu Bursa/İznik Fevziye Kanyonu Bursa/İznik Kocasu kayalıdere kanyonu Bursa/Keles <p>f2. Mağaralar</p> <ol style="list-style-type: none"> - Oylat Mağarası-Bursa/İnegöl - Ayvaini Mağarası- Bursa/Nilüfer - Kabaklar Mağaraları-Bursa/Orhaneli - Tophane Yamaç Mağaraları-Bursa/Osmangazi - Gavurini Mağarası-Bursa/Keles-Gelemiş Köyü - Bayındır Mağarası Bursa/Büyük Orhan - Delikli Mağarası- Bursa/Nilüfer - Ayıini Mağarası Bursa/Mustafakemalpaşa - Avdancık Mağarası Bursa/Osmangazi </td> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> <p>f3. Şelaleler</p> <ol style="list-style-type: none"> Suuçtu Şelalesi-Bursa/Mustafakemalpaşa Kürekli dere Şelalesi-Bursa/Kestel-Saitabat Sudüşen Şelalesi-Bursa/Gemlik-Haydariye <p>f4. Termal kaplıca ve ılıcalar</p> <ol style="list-style-type: none"> Düğüncüler Açık Hamamı-Bursa/Büyükorhan Fadıl Kaplıcaları-Bursa/Orhaneli Ağaçhisar Çamurları-Bursa/Orhaneli Oylat kaplıcaları- Bursa/ İnegöl Çekirge bölgesi kaplıcaları- Bursa/Osmangazi Sadağı kaya hamamı (Bursa-Orhaneli) Kurşunlu termal kaplıcaları ve travertenleri İnegöl <p>f5. Karstik yapılar</p> <ol style="list-style-type: none"> Uludağ buzul sirk ve gölleri (Uludağ) Girland ve çember yapılar (Uludağ) <p>f6. Göller</p> <ol style="list-style-type: none"> -Uluabat gölü (Bursa/Nilufer) -İznik Gölü (Bursa/İznik) -Uludağ Buzul Gölleri (Uludağ) Kara göl -Aynalı göl -Kilimli göl- Buzlu göl- Heybeli göl- Koğukdere gölü -Çayırlıdere gölü </td> </tr> </table>		<p>f1. Kanyonlar</p> <ol style="list-style-type: none"> Sadağı Kanyonu-Bursa/Orhaneli Cennet Kanyonu-Bursa/Yenişehir Sansarak Kanyonu-Bursa/İznik Kayalıdere Kanyonu ve Tırmanış Bahçesi-Bursa/Keles-Gelemiş Köyü Yarhisar Kanyonu- Bursa/Yenişehir Tacir Kanyonu Bursa/İznik Fevziye Kanyonu Bursa/İznik Kocasu kayalıdere kanyonu Bursa/Keles <p>f2. Mağaralar</p> <ol style="list-style-type: none"> - Oylat Mağarası-Bursa/İnegöl - Ayvaini Mağarası- Bursa/Nilüfer - Kabaklar Mağaraları-Bursa/Orhaneli - Tophane Yamaç Mağaraları-Bursa/Osmangazi - Gavurini Mağarası-Bursa/Keles-Gelemiş Köyü - Bayındır Mağarası Bursa/Büyük Orhan - Delikli Mağarası- Bursa/Nilüfer - Ayıini Mağarası Bursa/Mustafakemalpaşa - Avdancık Mağarası Bursa/Osmangazi 	<p>f3. Şelaleler</p> <ol style="list-style-type: none"> Suuçtu Şelalesi-Bursa/Mustafakemalpaşa Kürekli dere Şelalesi-Bursa/Kestel-Saitabat Sudüşen Şelalesi-Bursa/Gemlik-Haydariye <p>f4. Termal kaplıca ve ılıcalar</p> <ol style="list-style-type: none"> Düğüncüler Açık Hamamı-Bursa/Büyükorhan Fadıl Kaplıcaları-Bursa/Orhaneli Ağaçhisar Çamurları-Bursa/Orhaneli Oylat kaplıcaları- Bursa/ İnegöl Çekirge bölgesi kaplıcaları- Bursa/Osmangazi Sadağı kaya hamamı (Bursa-Orhaneli) Kurşunlu termal kaplıcaları ve travertenleri İnegöl <p>f5. Karstik yapılar</p> <ol style="list-style-type: none"> Uludağ buzul sirk ve gölleri (Uludağ) Girland ve çember yapılar (Uludağ) <p>f6. Göller</p> <ol style="list-style-type: none"> -Uluabat gölü (Bursa/Nilufer) -İznik Gölü (Bursa/İznik) -Uludağ Buzul Gölleri (Uludağ) Kara göl -Aynalı göl -Kilimli göl- Buzlu göl- Heybeli göl- Koğukdere gölü -Çayırlıdere gölü
<p>f1. Kanyonlar</p> <ol style="list-style-type: none"> Sadağı Kanyonu-Bursa/Orhaneli Cennet Kanyonu-Bursa/Yenişehir Sansarak Kanyonu-Bursa/İznik Kayalıdere Kanyonu ve Tırmanış Bahçesi-Bursa/Keles-Gelemiş Köyü Yarhisar Kanyonu- Bursa/Yenişehir Tacir Kanyonu Bursa/İznik Fevziye Kanyonu Bursa/İznik Kocasu kayalıdere kanyonu Bursa/Keles <p>f2. Mağaralar</p> <ol style="list-style-type: none"> - Oylat Mağarası-Bursa/İnegöl - Ayvaini Mağarası- Bursa/Nilüfer - Kabaklar Mağaraları-Bursa/Orhaneli - Tophane Yamaç Mağaraları-Bursa/Osmangazi - Gavurini Mağarası-Bursa/Keles-Gelemiş Köyü - Bayındır Mağarası Bursa/Büyük Orhan - Delikli Mağarası- Bursa/Nilüfer - Ayıini Mağarası Bursa/Mustafakemalpaşa - Avdancık Mağarası Bursa/Osmangazi 	<p>f3. Şelaleler</p> <ol style="list-style-type: none"> Suuçtu Şelalesi-Bursa/Mustafakemalpaşa Kürekli dere Şelalesi-Bursa/Kestel-Saitabat Sudüşen Şelalesi-Bursa/Gemlik-Haydariye <p>f4. Termal kaplıca ve ılıcalar</p> <ol style="list-style-type: none"> Düğüncüler Açık Hamamı-Bursa/Büyükorhan Fadıl Kaplıcaları-Bursa/Orhaneli Ağaçhisar Çamurları-Bursa/Orhaneli Oylat kaplıcaları- Bursa/ İnegöl Çekirge bölgesi kaplıcaları- Bursa/Osmangazi Sadağı kaya hamamı (Bursa-Orhaneli) Kurşunlu termal kaplıcaları ve travertenleri İnegöl <p>f5. Karstik yapılar</p> <ol style="list-style-type: none"> Uludağ buzul sirk ve gölleri (Uludağ) Girland ve çember yapılar (Uludağ) <p>f6. Göller</p> <ol style="list-style-type: none"> -Uluabat gölü (Bursa/Nilufer) -İznik Gölü (Bursa/İznik) -Uludağ Buzul Gölleri (Uludağ) Kara göl -Aynalı göl -Kilimli göl- Buzlu göl- Heybeli göl- Koğukdere gölü -Çayırlıdere gölü 		
<p style="text-align: center;"><u>Grup H- KITA VE OKYANUS ÖLÇEĞİNDE JEOLÖJİK OLAYLAR, LEVHA İLİŞKİLERİ</u></p> <p>-Bursa güneyinde Tetis okyanusunun kenedi (İzmir-Ankara kenet zonu) ?</p>	<p style="text-align: center;"><u>Grup İ- TARİHİ VE KÜLTÜREL</u></p> <ol style="list-style-type: none"> Bursa UNESCO kültürel Dünya miras öğeleri - Ulu Camii - -Hanlar Bölgesi, -Sultan Külliyesi -Cumalı Kızık köyü 		

Paşalar fosil yatağında şu ana kadar Orta Miyosen dönemine ait 86 farklı tür tespit edilmiştir.

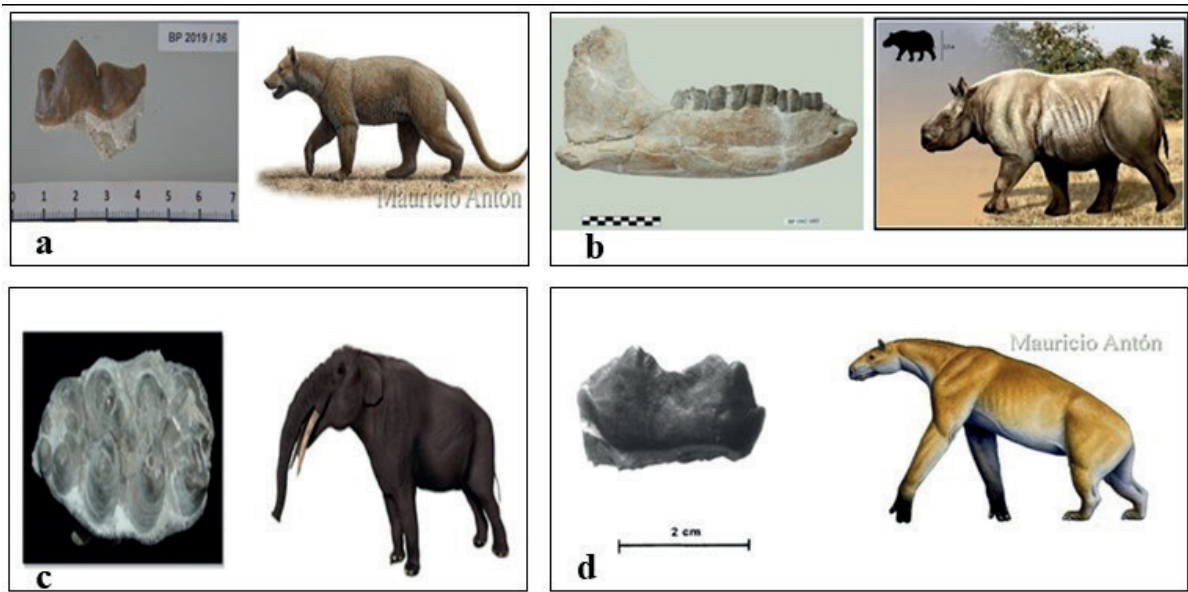
Paşalar, Anadolu'nun en zengin Etçiller faunasına (Carnivora) ev sahipliği yapmaktadır. Faunada Ayı Köpekleri (Amphicyonidae), Ayıgiller (Ursidae), Sansargiller (Mustelidae), Sırtlangiller (Hyaenidae ve Percrocutidae) Kedigiller (Felidae) Misk Kedisigiller (Viverridae) tespit edilen Etçil aileleridir. Paşalar Etçillerinden Ayı Köpekler (Amphicyonidae) Ailesine ait fosil örnekler Türkiye'de bu familya için kayıt altına alınan ilk örneklerdir. Bu türün bulunan fosil kayıtlar içerisinde Anadolu'nun en iri yırtıcısı olduğu söylenebilir (Şekil 5; Alpagut, 2023).

Türkiye'de çok az sayıda fosil yatağında keşfedilen nesli tükenmiş tek toynaklılardan

olan *Anisodan grande* türünün (Şekil 5) Avrupa dışındaki en zengin kaynağını Paşalarda toplanan örnekler oluşturur (Alpagut, 2023).

Afrika'da Erken-Orta Miyosen (20-15 milyon yıl) faunalarından bilinen ve günümüz temsilcilerinden daha iri bir cins olan *Prohyrax*'in Afrika dışında bulunmuş ilk ve tek örneği Paşalar'dan gelmektedir. Bu bulgu aynı zamanda ülkemizdeki en yaşlı Hyracoidea kaydı olması bakımından önemli bir bulgudur (Alpagut, 2023).

Paşalar fosil yatağından elde edilen hortumlugillere ait bulgularla Paşalar bölgesine özgü endemik bir fil türünün varlığı ortaya konulmuştur.



Şekil 5. Paşalar memeli fosil yatağında belirlenen memelilere ait dişler ve paleosanat canlandırmaları. **a)** Amphicyonidae (Ayı Köpekler), **b)** Begetherium tekkayai (Gergedangiller), **c)** Gomphotherium pasalarense (Paşalar Fili), **d)** Anisodon grande (Alpagut, 2023).

Figure 5. Teeth and paleoart reconstructions of mammals identified in the Paşalar mammal fossil bed. **a)** Amphicyonidae (Bear Dogs); **b)** Begetherium tekkayai (Rhinoceroses); **c)** Gomphotherium pasalarense (Paşalar Elephant); **d)** Anisodon grande (Alpagut, 2023).

Gomphotherium pasalarensense olarak tanımlanan bu tür dünya bilim literatürüne “Paşalar Fili” olarak kayıtlandırılmıştır (Şekil 5). 15 milyon yıllık mirasımız olan Paşalar Fili buluntuları hem doğal hem de kültürel mirasımız açısından son derece önemli bir değerdir (Alpagut, 2023).

Anadolu’ya özgü fosil gergedangiller (Rhinocerotidae) türlerinden *Aceratherium* sp. aff. *tetradactylum* ve *Brachypotherium brachypus*’a ait fosil kalıntılar da Paşa’larda gün ışığına çıkarılmıştır. *Begertherium tekkayai* fosili ise yalnızca Paşalar’a özgü bir Gergedangil türünü temsil etmektedir (Şekil 5; Alpagut, 2023).

Domuzgiller (Suidae) familyasına mensup *Bunolistriodon meidamon*’a ait buluntular dünyada ilk kez Paşalar’da tanımlanmıştır (Alpagut, 2023).

Kuyruksuz maymungiller (*Hominoidea*) üst familyasından, yöreye özgü iki tür olan *Kenyapithecus kizili* ve *Griphopithecus alpani* türlerine ait izole edilmiş yaklaşık 2192 adet dış

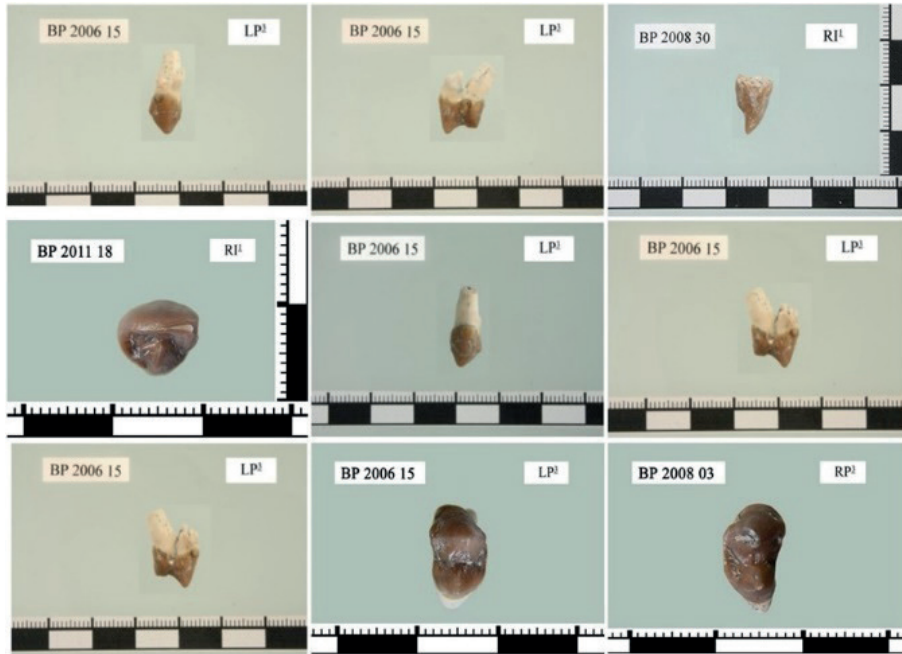
dünya fosil primat kuşağında izole edilmiş oldukça önemli bir koleksiyondur. (Şekil 6; Andrews ve Alpagut, 1990; Andrews ve Alpagut, 1995; Kelley vd., 2008; Alpagut, 2023; Eryılmaz, 2023).

Paleoekolojik açıdan değerlendirildiğinde, tüm bu türlerin birlikte yaşamış olması Güney Marmara bölgesi ve Paşalar yöresinde geçmişte sık ormanlık bir ortamın varlığını göstermektedir (Alpagut, 2023).

Kazı alanından elde edilen buluntuların bir kısmı Bursa Arkeoloji müzesinde sergilenmektedir.

Bursa kömür yatakları

Sakarya kıtası ile Anatolid-Torid bloğunun çarpışması sonucu oluşan Uludağ yükseliminin kuzeyinde ve güneyinde yer alan Harmancık, Keles, Orhaneli, Mustafakemalpaşa ve İnegöl havzalarında kalınlığı 50-150 m. arasında değişen kömür içerikli Miyosen yaşlı birimler çökelmiştir. (Çelik, 2021).



Şekil 6. Paşalar Hominoidea diş örneklerinden bir seçki (Eryılmaz, 2023).

Figure 6. Selection of Paşalar Hominoidea tooth specimen (Eryılmaz, 2023).

Orhaneli Termik Santralini besleyen Bursa kömür sahalarından Orhaneli Gümüşpınar, Çivilı ve Altıntaş sahalarında önemli ölçüde üretim yapılmaktadır. Bursa'nın enerji ihtiyacını karşılayan ve ilçelerinin kent kimliğine ulaşması açısından, büyük önem taşıyan Bursa Kömür Yatakları önemli jeoçeşitliliğe sahiptir.

Kömürlü Miyosen yaşlı kayalardaki sedimentolojik yapılar, yapısal özellikler, linyit damarları, linyitleri oluşturan ağaç ve bitkiler ile bunların spor-polenleri ayrıca linyitin olduğu bataklık ortamına ait yaprak fosilleri ve makro-mikro organizmalar (Şekil 7); bölge için önemli jeolojik miras alanlarıdır (Çelik vd., 2021).

Ortamsal Jeomiras Unsurları

Kocasu deltası ve Karacabey longozu

Longoz (Subasar) ormanlar “mevsimsel yağış miktarlarına bağlı olarak taban suyu seviyesindeki değişimler sonucu göl, sulak ve bataklık görünümünde, tabanı çeşitli ağaç ve bitki türleri ile kaplı olan göl ve sulak alanlardır”

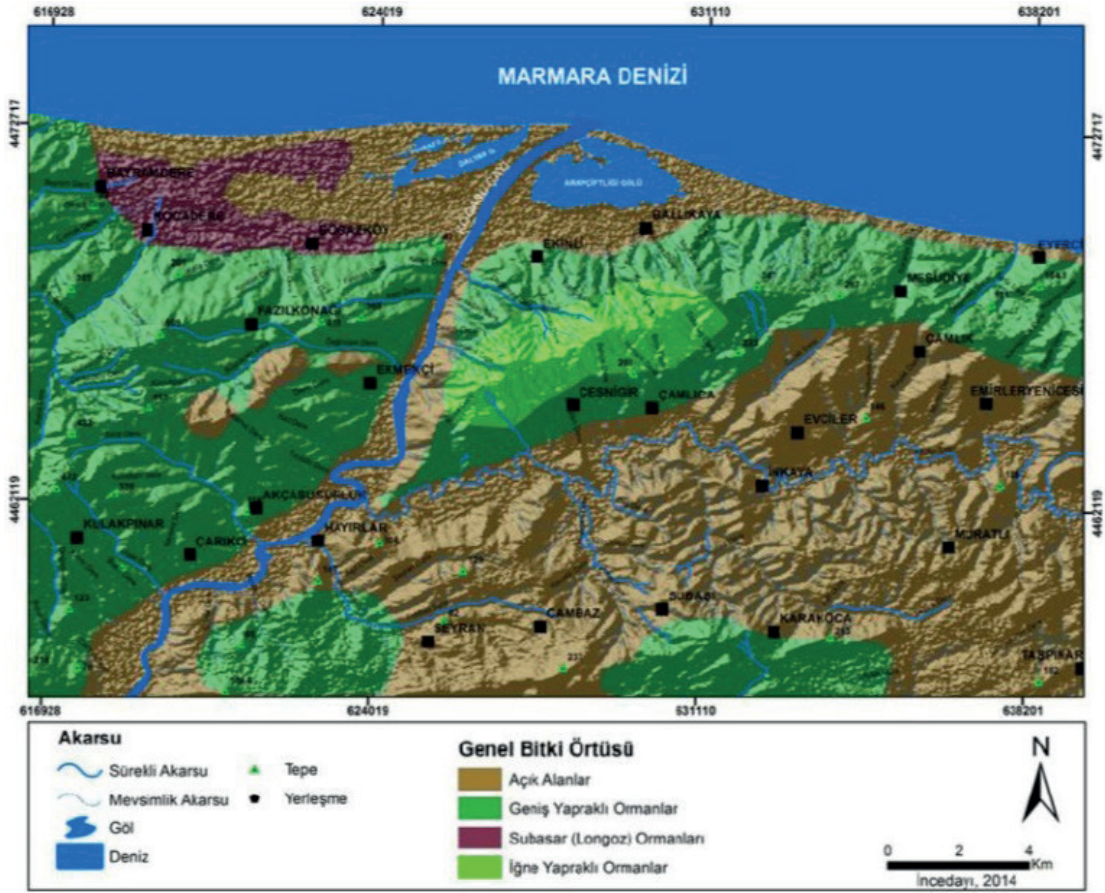
şeklinde tanımlanır. Longozlar, akarsuların denize taşıdıkları sedimentlerin kıyıya yakın bölgelerde birikerek set oluşturması ve bu setin gerisinde tatlısu birikintisinde gelişen kendine özgü habitat özelliklerine sahip ekosistemlerdir (Çiçek, 2004). Longoz ormanları nadir rastlanan ekosistemlerdir ve Türkiye’de İğneada (Kırklareli), Acarlar (Sakarya), Karacabey (Bursa) ve Sarıkum’da (Sinop) bulunmaktadır. Longoz ormanlarında endemik bitki oranı düşük olmasına rağmen yüksek bir tür çeşitliliğine sahiptir (Kavgacı vd., 2007; Sarıyıldız vd., 2020).

Güney Marmara bölgesindeki akarsularının büyük bölümünün birleşmesiyle oluşan Kocasu Çayının, Bursa ilinin Karacabey ilçesinin yaklaşık 25 kilometre kuzeyinde Yeniköy yakınlarında Marmara Denizine döküldüğü yerde Kocasu (Kocaçay) Deltası oluşmuştur. Tortul yapısı itibariyle çamur-egemen, geometrisi bakımından basık üçgensel, dinamik süreçleri itibariyle de dalga-egemen bir delta olan bu alan, jeomorfolojik açıdan tipik bir örnek teşkil eder (Kazancı vd., 1999) (Şekil 4 ve 8).



Şekil 7. Bursa bölgesindeki Miyosen yaşlı kömür havzalarındaki yaprak, tohum ve memeli dişleri.

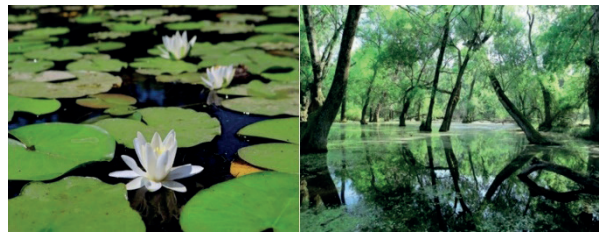
Figure 7. Leaf, seed, and mammal teeth from the Miocene coal basins in the Bursa region.



Şekil 8. Kocasu Deltası'ndaki göllerin ve bitki örtüsünün yayılımı (İncedayı, 2015).

Figure 8. Lakes and vegetation distribution in the Kocasu Delta (İncedayı, 2015).

Delta göller, bataklıklar, kumullar, çalılıklar ve longoz ormanlarından oluşan bir mozaığe sahiptir. Deltanın batı yarısında toplam alanı 194 hektar olan Dalyan ve Poyraz gölleri, 600 hektar olan sazlıklar, 730 hektarlık alanı kaplayan dişbudak, kızılağaç ve söğütlerden oluşan Longoz (subasar) ormanları bulunmaktadır (Şekil 9). Deltanın doğu bölümünde ise Arapçiftliği gölü (391 hektar), tarım alanları, kumullar, sazlıklar, deniz börülcesi ve ılgımlarla kaplı geniş alüvyal düzlükler yer alır (İncedayı, 2015).



Şekil 9. Kocasu Deltası'nın florası (URL-1).

Figure 9. Flora of the Kocasu Delta (URL-1).

Kocasu Deltasının batı yarısında 730 hektarlık bir alana yayılmış Karacabey longoz ormanı çoğu yerde bir metre derinliğindeki su tabakasıyla kaplıdır. Longoz ormanında dişbudak, kızılağaç ve söğüt ağaçları ve nilüfer, sümbül, göl soğanı ve

tavşanmemesi gibi sucul bitkiler yaygındır (Şekil 9). Geniş sahil bandı üzerinde üç tanesi yalnızca Türkiye'ye özgü endemik bitkilerden olan çok sayıda kumul bitkileri bulunmaktadır.

Kocasu Deltası ve Karacabey Longozu, kuş göç yolları üzerinde bulunmakta ve çok sayıda kuş türü için kritik öneme sahip bir beslenme, dinlenme ve üreme alanı oluşturmaktadır (Şekil 10, URL-2). Delta ve longoz ormanı aralarında tepeli pelikan, ak pelikan, karaleylek, flamingo ve kuğu gibi nesli tehlike altına girebilecek türlerin de bulunduğu 12 kuş türünün üreme bölgesidir (İncedayı, 2015).



Şekil 10. Kocasu Deltası'ndaki bazı göçmen kuş türleri.
Figure 10. Some migratory bird species in the Kocasu Delta.

Kocasu Deltası ve Karacabey longozu doğadaki kuş türlerinin nesillerini sürdürebilmesi için özel küresel ölçekte önem taşıyan coğrafyalar olarak tanımlanan Önemli Kuş Alanı (ÖKA)

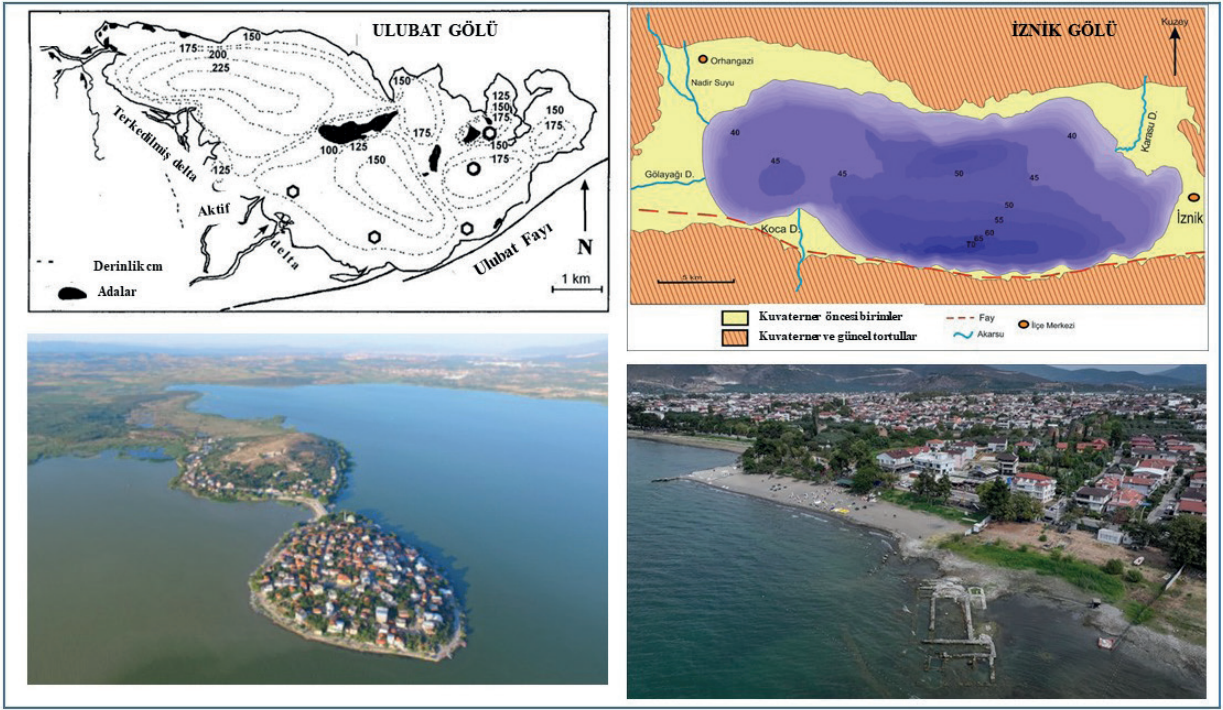
statüsündedir. ÖKA, Dünya Kuşları Koruma Örgütü (Bird Life International) tarafından belirlenen kriterlere göre seçilen ve kuşlar için uluslararası öneme sahip olan doğal alanlara verilen isimdir. Bird Life International tarafından 2000 yılında yayınlanan kitapta Avrupa'daki ÖKA'ların sayısı 3.619 olarak verilmiştir. Bunların 97'si Türkiye sınırları içerisinde (İncedayı, 2015).

Kocasu Deltası, eşsiz doğal yaşam alanı çeşitliliğine sahiptir. Delta, kumul bitkileri, bataklıklar, longoz ormanları ve gölleriyle birçok doğal yaşama ev sahipliği yapar. Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Doğa Koruma ve Milli Parklar (DKMP) Genel Müdürlüğü'nün koruması altında olan Karacabey Longozu, Türkiye'deki dört longozdan en büyüğüdür.

İznik Gölü

Bursa ilinin kuzeydoğusunda yer alan (Şekil 4) ve adını İznik'ten alan İznik Gölü'nün jeolojik dönemlerde seviyesinin daha yükseklerle çıktığı varsayılsa da tarihi ve yakın dönemlerde hep 83-85 m arasında kalmıştır (Şekil 11). Bu büyük su kütlesi, bölgedeki hayatı sürekli olarak etkilemiş görünmektedir. Kıydan 20 m açıktaki ve 2 m derinde varlığı keşfedilen kilise kalıntısı ile bir anıt mezar, bu etkilemenin yeni ve farklı kanıtları olarak yorumlanabilir (Kazancı, 2023).

Günümüzde İznik şehrinin rakımı (85m), gölün maksimum seviyesinden yalnızca yarım metre daha yüksektir. DSİ'nin ölçümlerine göre 2005 yılında 84,5 m olan göl düzeyi, 2020 yılından bu yana 83 m seviyesine düşmüştür. Gölün seviyesindeki bu düşüşten kuraklık kadar tarım amaçlı aşırı su çekilmesinin de rolü vardır. Dikdörtgenimsi bir şekle sahip olan gölün uzunluğu 32 km, en geniş yeri 11,5 km ve ortalama genişliği 8,5 km'dir. Gölün su toplama havzasının alanı ise 1.250 km²'dir. En yüksek su seviyesinde iken yüzölçümü 313 km² olan İznik Gölü'nün en derin noktası 80 m, ortalama derinliği ise 45 m'dir (Şekil 11, Kazancı, 2023).



Şekil 11. İznik ve Ulubat göllerinin batimetri haritası ve genel görünümü (Kazancı, 2023).

Figure 11. Bathymetric maps, and general views of Lake Iznik and Lake Ulubat (Kazancı, 2023).

İznik Gölü'nün güney taraflarında yer alan karbonat ve marn matrisli bol fosilli seviyeler araştırmacıların dikkatini çekmiştir. Bu seviyeler bazı araştırmacılar tarafından göl taraçaları bazı araştırmacılar tarafından ise Pliyo-Pleyistosen yaşında ve Paratetis'in son dönemlerine ait denizel çökeller olduğu şeklinde yorumlanmıştır (Kazancı, 2023). Göl tabanında yapılan sondajlardan alınan karot örneklerinin yaş aralığı kesintili olarak 36 000 yıla kadar ulaşmaktadır (Kazancı, 2023). 'Gravity corer' ile alınan örnekler ise birikimin Orta-Geç Holosen döneminde gerçekleştiğini ve gölün tatlı su karakterine sahip olduğunu göstermektedir (Kazancı, 2023).

İznik Gölü ve yakın çevresi jeolojik açıdan Türkiye'nin en fazla incelemesi yapılmış sulak alanlarından biridir. Bunun temel nedeni göl içi ve çevresinin jeolojik açıdan son derece ilginç olması ve/veya çok çeşitli jeoloji problemlerini bulundurmasıdır. İznik Gölü bir "çek-ayır

havzası" olarak gelişmiştir. Havzanın oluşmasına neden olan Kuzey Anadolu Fayı'nın aktif güney kolu gölün güneyinden geçer (Şekil 1 ve 11). Bu aktif fay hem gölün oluşumunu sağlamış hem de bölgedeki yıkıcı çok sayıda depremin kaynağı olmuştur (Kazancı, 2023).

İznik Gölü de diğer güney Marmara gölleri gibi nispeten genç (Orta Holosen) bir oluşumdur. Göl içindeki sondajlar, göl çökellerinin altında yer alan ve göl çevresinde yaygın bulunan ve hatalı bir şekilde göl taraçaları olarak yorumlanan denizel fosilli seviyeleri kesmektedir. Ayrıca, taraça olarak yorumlanan bu fosilli seviyeler faylar tarafından yükseltilmiştir. Fosilli tortulları içinde bulunduran yaşlı denizel çökellerin gevşek dokulu (killi marnlar) oluşu, bunların sulu ortamda dağılarak gölsel çökeller olarak algılanmasından ileri gelmektedir. Bu fosilli çökellerin Karadeniz'in erken dönemlerine ait eşdeğerleri Yalova kıyılarında yaygındır (Kazancı, 2023).

İznik Gölü'ne ait jeolojik özelliklerden bir diğeri de gölün doğu ve güneydoğu kıyılarında görülen yalıttaşları-plaj kayalarıdır (beachrocks) (Şekil 12). Göl seviyesinin yaklaşık yarım metre yukarısından su altına doğru ilerleyen yalı taşları; oldukça iyi çimentolanmış, sert ve sık dokulu, hemen hemen hiç kil boyu tane bulundurmayan, çakılların daha seyrek, egemen tane boyunun orta-kaba kum olduğu çakıllı kumtaşlarıdır. Yer yer konglomera niteliği kazanan bu birimler, yanal yönde konglomera ve kumtaşları ile geçişlidir. Bölgedeki yalıttaşlarının OSL (Optik Uyarmalı Lüminesans) ve ESR (Elektron Spin Rezonans) yöntemleri ile tespit edilen yaşları 1.900 ile 12.000 yıl arasında, kabaca Holosen olarak tarihlendirilmiş ve çimentonun da denizel kalsitten olduğu belirlenmiştir (Erginal vd., 2012). Bu tür oluşuklara genellikle denizel ortamlarda rastlanırken, burada ise İznik Gölü kıyılarında yer almaktadır. Özetle, buradaki plaj kayaları incelemeye açık önemli jeoloji konularından biri durumundadır (Kazancı, 2023).



Şekil 12. İznik Gölü kıyılarında görülen yalıttaşları (Fotoğraf: Mehmet Yıldız.)

Figure 12. Beach rocks seen in the shorelines of the Lake Iznik (Photo by Mehmet Yıldız).

İznik, zengin tarihi geçmişi dolayısıyla UNESCO Dünya Miras Listesi'ne adaydır. Şüphesiz, şehri yücelten tarihi ve kültürü kadar, mikro klima yaratarak yerleşim için çekim oluşturan İznik Gölü'nün kendisidir. İznik Gölü, İznik şehri ile hem fiziki hem sosyolojik hem de tarihi olarak bütünleşmiştir. Ancak son yıllarda aşırı şekilde kirlendiği, özellikle tarım ilaçları dolayısıyla suyunun kullanılma niteliğini bütünüyle kaybettiği, göl ekolojisinin kötüleştiği bilinmektedir. Bu doğal ve jeolojik miras alanının korunması, yalnız bilimsellik açısından değil, şehrin kendi geleceği bakımından da gereklidir (Kazancı, 2023).

Uluabat Gölü

Çevresinde çok sayıda arkeolojik ve tarihi yerleri bulunan ve yakın zamana kadar Bursa'nın içme suyu kaynağı olan Uluabat (Apoloyont) Gölü; ekolojik zenginliği, olağanüstü manzarası, çevresindeki çok sayıda tarihi-kültürel yerin bulunuşu, yöre halkına ekonomik katkısı bakımından, Türkiye'deki bütün sulak alanlar içinde öne çıkmaktadır. Gölyazı yerleşimi ve onunla köprü bağlantısı kurulan ada (Şekil 11), gölün manzarasının en iyi görüldüğü yer olup ziyaretçisi günden güne artmaktadır (Kazancı, 2023). Gölün Ramsar alanı (Uluslararası Önemli Sahip Sulak Alan) olmasının yanı sıra, ekonomik ve sosyal önemi nedeniyle su kalitesi, su ürünleri ve ekoloji üzerine sürekli çalışma yapılmaktadır.

Uluabat Gölü'nün yüzey alanı, yıllara ve su kullanma durumuna göre 105 ile 130 km² arasında değişmektedir. Göl alanındaki bu daralma ve genişleme özellikle güney kıyılarda belirgin olmaktadır. Bu değişimi kontrol altına almak ve tarım alanlarını korumak (ve/veya gölden arazi kazanmak) amacıyla 1969'da büyük bir set inşa edilmiştir. Gölün su derinliği hiçbir noktada 2,5 metreyi geçmez (Şekil 11; Kazancı, 2023).

1990'lı yıllarda yapılan iskandil çalışmaları, Uluabat gölünün batimetri haritasını ortaya

çıkarmış ve çevre sakinleri tarafından “deniz” olarak nitelendirilen, en az 50-60 m derin olduğu sanılan gölün aslında son derece sığ ve tabanının neredeyse dümdüz olduğu belirlenmiştir (Kazancı, 2023). Uluabat Gölü’nde 36 istasyonda su kolonu ve taban tortulları çevre morfolojisi ile birlikte değerlendirildiğinde gölün büyük Marmara Denizinin bir kalıntısı olmadığını, aksine güncele yakın, Geç Holosen, yaşlı bir oluşum olduğunu göstermiştir (Kazancı, 2023). Aynı çalışmalar, başlangıçta bölgede sadece akarsuların mevcut olduğunu ve bu akarsuların taşıdığı büyük miktar tortulların kendi yataklarını tıkayarak (seddeleme) göllerin doğuşunu sağladıkları belirlenmiştir. Radyometrik tarihlendirmeler de göllerin doğuşunu Orta-Geç Holosen olarak teyit etmiştir (Kazancı, 2023).

Uluabat Gölü, litolojisi Mesozoyik yaşlı kireçtaşlarından oluşan küçüklü büyüklü on bir ada bulundurur. Belirgin sarplıklar oluşturan aktif Ulubat Fayı gölü güneydoğudan sınırlamaktadır. Adaların yoğunlaştığı bölgeler dikkate alındığında gölü, doğu ve batı havzaları olarak ayırmak mümkündür (Şekil 11). Doğu havzada sediment birikimi fazla iken batı havzası gölün çıkış ayağına yakın olması sebebiyle sediment taşınması daha fazladır (Kazancı, 2023).

Göl içinde yapılan düşey örnekleme çalışmalarında Ulubat Gölündeki mevcut tortul kalınlığının yaklaşık 10 m olduğu ve ^{14}C yaşlarının depolanma hızı ile oranlanmasına göre de son 2674 yılda biriktiği belirlenmiştir (Kazancı, 2023). Göl suyu yılda üç dört kez yenilenmektedir. Kil boyu tanelerin askıya alınarak göl dışına atılmasından dolayı göldeki tortullar ekseri ince-orta silt boyu tanelerden oluşmaktadır. Özetle, Uluabat Gölü’nde silt boyu tanelerden oluşan ve 2700 yıllık bir süreçte birikmiş 10 metre kalınlığında bir tortul deposu mevcuttur (Kazancı, 2023).

Ulubat Gölü’nde, yaz aylarındaki sıcak ve durgun günler dışında, belirgin bir su ve sıcaklık tabakalanması yoktur. Gölün çok sığ

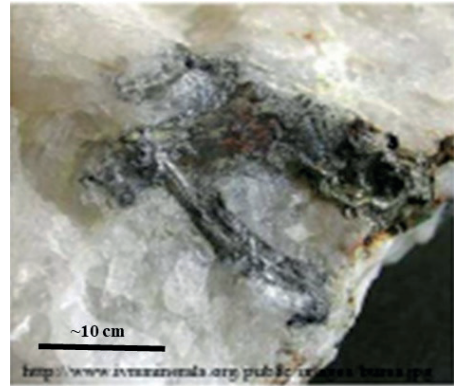
oluşuna karşılık ışık geçirgenliği hemen hemen her yerde düşüktür. İnsan kaynaklı faaliyetler ve orta şiddetteki rüzgârlar göl tabanını etkilemekte ve tortullar askıya kaldırarak suyun bulanık görünmesine sebep olur. Bu süreç aynı zamanda kil boyu tanelerin dışarı taşınmasına da yol açan durumdur (Kazancı, 2023).

Mineralojik ve Ekonomik Jeomiras Unsurları

Bursait

İlk defa Bursa’daki Uludağ Masifi’ndeki mermer ve granit arasındaki kontakt zonunda keşfedilen Bursait minerali, $\text{Pb}_5\text{Bi}_4\text{S}_{11}$ kimyasal bileşiminde, ortorombik kristal yapısına sahip, sertliği Mohs ölçeğinde 2,5, yoğunluğu $6,2 \text{ gr/cm}^3$, gri renkte ve metalik parlaklığa sahip bir sülfat tuzu mineralidir (Tolun, 1955; Orhan, 2023).

Bursait, c eksenine paralel uzanımlı ince çubuk şekilli kristaller şeklinde bulunur (Şekil 13). Genellikle [100] eksenini boyunca oluşan, uzun, plaka benzeri taneciklerle iç içe geçmiş çok sayıda prizmatik kristalden oluşur. Prizmatik kristaller 4 mm uzunluğa kadar büyüyebilir ve polikristal agregalar içerebilir (Şekil 13; Kraeff, 1974).



Şekil 13. Bursait minerali, $\text{Pb}_5\text{Bi}_4\text{S}_{11}$, bizmut ve pirit ile kısmen kaplanmış 16 mm’ya varan Bursait kristalleri (Fotograf: R. Appian; URL-3).

Figure 13. Bursait mineral, $\text{Pb}_5\text{Bi}_4\text{S}_{11}$, Bursait crystals up to 16 mm in diameter, partially coated with bismuth and pyrite (Photo by R. Appian; URL-3)

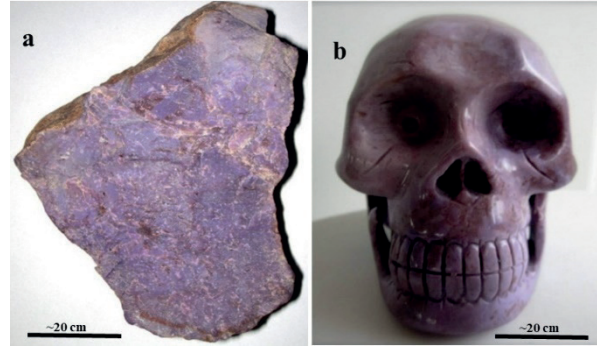
Bursait, genellikle sfalerit, pirit, kalkopirit gibi diğer sülfür mineralleri ile birlikte, bizmut ve şelit ile birlikte çoğunlukla yüksek sıcaklık hidrotermal sistemlerde ve metamorfik kayalarda gözlenir. Bursait, Türkiye’de Bursa yakınlarındaki Uludağ’da, metamorfik şelit yatağı çevresinde; Rusya’da Shumilovski’deki Sn-W maden yatağının çevresinde, granitler içerisindeki sülfür damarcıklarında; Amerika Birleşik Devletleri’nin Virginia eyaletindeki volkanojenik masif “Cofer” sülfür yatağında; ayrıca Çek Cumhuriyeti, Lipari adaları, Meksika ve İsveç’de de bulunmuştur (URL-4).

Mor jadeit

Kendisine özgü oldukça ilginç bir mineralojisi olan mor jadeit (mor yeşim), Dünya’da sadece Bursa’nın Harmancık bölgesinde (Şekil 4) çıkan özel bir taştır. Mineralojik olarak “yeşim” terimi, benzer fiziksel özellikler gösteren iki farklı silikat mineralini ifade eder; nefrit ($\text{Ca}_2\text{Mg}_3\text{Si}_8\text{O}_{23}(\text{OH})$) ve jadeittir ($\text{NaAlSi}_2\text{O}_6$). Nefrit-yeşim değişik yörelerde az miktarda bulunmasına karşın, daha değerli olan jadeit-yeşim ekonomik olarak, şimdiye kadar, sadece Burma’da ve Guatemala’da işletilmektedir. Türkiye’de çıkarılan yeşimin ilginçliği, diğer yeşim taşlarında çok ender gözlenen, açık mor bir renge sahip olmasıdır (Şekil 14; Okay, 2023b).

Mor yeşimin hâkim mineral topluluğu Jadeit + K-feldspar + Lavsonit + Ejirin’dir. Kayanın dokusu ve kimyasal bileşimi, mor yeşimlerin metamorfizma öncesi potasyumca zengin bir volkanik kaya olan fonolit olduğunu göstermektedir. Nefelin, fonolitlerde bulunan tipik bir mineraldir. Mor yeşimdeki ejirin, mağmatik kökenli bir kalıntı mineralidir. Ana kayaç olan fonolitler yaklaşık 80 My önce 25 km derine gömülmüş ve başkalaşım geçirerek yeşim kayalarını oluşturmuştur. Bu kayalar yaklaşık 16 My önce ise tekrar tektonik süreçlerle yeryüzüne çıkmıştır. Mor yeşim gerek türü (metamorfik

fonolit), gerekse mineral topluluğu olarak, Dünya’da bilinen başka bir örneği olmayan eşsiz kayalardır (Okay, 2023b).



Şekil 14. a) Bursa’nın Harmancık bölgesinden çıkan mor yeşim; b) mor yeşimden yapılmış, internet üzerinden satılan bir objenin görseli (Okay, 2023).

Figure 14. a) Purple jadeite sample from the Harmancık region of Bursa; b) an image of an object made of purple Jadeite sold online (Okay, 2023).

Mor yeşimin rezervinin sınırlı olması ve Dünya’da benzerinin bulunmaması nedeniyle zaman içinde gittikçe değerlendirileceği beklenir. Yeni bulgular mor yeşimin çok sert ve dayanıklı bir kaya olması nedeni ile de Neolitik Dönem’de insanlar tarafından alet yapımında kullanıldığını da göstermektedir. Türkiye’ye özgü bu önemli bir kaya olan mor yeşimin korunması ve bölge halkının bu konuda bilinçlendirilmesi önem taşımaktadır (Okay, 2023b).

Şelit

Isı ve elektrik iletkenliğine ve aşınmaya karşı direnci yüksek, genişleme katsayısı düşük bir metal olan Volfram’ın doğada 20’den fazla minerali bilinmesine rağmen, ekonomik olarak işletilebilen başlıca Volfram mineralleri Şelit (CaW_4) ve Volframit’tir [$(\text{Fe},\text{Mn})\text{W}_4$] (URL-5)

Şelit (CaW_4), beyaz, kirli beyaz, sarımsı, pembemsi renklerde, sertliği 4,5 ila 5 arasında,

yoğunluğu 5,9-6,1 g/cm³ olan kırılğan bir mineraldir (Şekil 15). Karanlıkta ultraviyole ışık altında mavimsi beyaz bir flüoresans (ışıma) gösterir. Dünya volfram kaynaklarının yaklaşık üçte ikisini Şelit, üçte birini Volframit cevheri oluşturur. Volfram mineralleri daha çok asidik granitlerin pegmatitik pnömatolitik damarlarında ve hidrotermal kuvars damarlarında oluşabildiği gibi, bu granitlerin kireçtaşlarıyla dokanaklarında kontakt metasomatik yataklar olarak da oluşabilirler (Eroğlu ve Şahiner, 2019).



Şekil 15. Bal renkli Şelit kristalleri içeren el örneği (Eroğlu ve Şahiner, 2019).

Figure 15. Hand sample containing honey-colored Scheelite crystals (Eroğlu and Şahiner, 2019).

Uludağ şelit yatağı, Bursa il merkezinin güneydoğusunda ve 2487 m rakımlı Uludağ'ın batı zirvesinin yaklaşık 600 m kuzeydoğusunda Uludağ Masifi içerisinde yer alır (Şekil 4; Tolun, 1955). 1950 yılında MTA tarafından belirlenen sahanın işletme hakkı 1961'de Etibank'a devredilmiş, 1961-1966 arasında Etibank tarafından ek aramalar ve sondajlar yaptırılmış, 1968'de madenin işletilmesine karar verilerek faaliyetlere başlanmıştır. 1977'de zenginleştirme tesislerinin de devreye girmesi ile konsantr tungsten üretimine başlanmıştır.

1989 yılına kadar işletilmekte olan Uludağ Şelit Yatağı, Türkiye'nin en büyük ve en önemli şelit yatağıdır. Uludağ'daki şelit oluşumu skarn tipi bir maden yatağıdır. Bu yataklarda cevherli zonlar genellikle tabaka, mercek, yığın veya stoklar halinde oluşmuştur (Tolun, 1955; Pişkin, 1998). Türkiye'deki konsantr volfram rezervi 67.638 tondur. Bu miktar dünya toplam rezervinin yaklaşık %2'sine karşılık gelir. Bursa-Uludağ Şelit Yatağı ülkemizin en büyük yatağı olup, toplam rezervin %98'ini oluşturmaktadır.

Uludağ Şelit İşletmesi, cevher tenörünün değişkenlik göstermesi, işletme verimliliğinin ve cevher fiyatlarının düşmesi gibi sebepler ile ekonomik olmaktan çıktığı gerekçesiyle 1989 yılında kapatılmış ve cevher zenginleştirme üniteleri ortadan kaldırılmıştır. İşletmede 1988 yılında 89 bin ton tüvenan cevher işlenerek 350 ton konsantr tungsten (%40 WO₃) üretimi yapılmıştır (Eroğlu ve Şahiner, 2019).

Türkiye'nin en büyük şelit yatağı olan Uludağ şelit yatağının ileride tekrar işletilme potansiyeli vardır. Tipik skarn tipi bir maden yatağı olan Uludağ Şelit yatağı bilimsel ve akademik çalışmalar için önemli bir konumdur. Ayrıca Maden endüstriyel miras olarak ziyarete açılabilir.

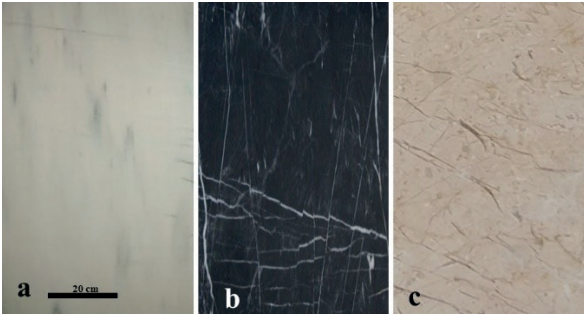
Mermerler

Bursa ve çevresinde bölgenin jeolojik yapısına bağlı olarak gelişmiş hem yurtiçi ve hem de yurtdışında talep edilen nitelikte mermer yatakları mevcuttur. Kendine has özellikleriyle bu mermerlerin bazıları jeolojik miras niteliği taşımaktadır.

Mustafa Kemalpaşa beyaz mermeri

Orta Jura-Erken Kretase yaşlı rekrystalize kireçtaşlarından oluşur. Mermer beyaz renkli ve iri kristallidir (Şekil 16a; Karaman, 2002). Bursa Beyaz Mermeri olarak da bilinen mermerin rezervi 70 Milyon metreküp olarak belirlenmiştir. Blok

verimi, cilalanabilme ve şekillenebilme yeteneği iyi olan Mustafakemalpaşa beyaz mermeri kendine özgü beyaz rengi ve homojen yapısıyla en çok aranan mermer türlerinden biridir (Karaman, 2002).__Mustafakemalpaşa beyaz mermeri yurtiçinde “Sabancı Center Powers, İşbank Kuleleri, THY CIP Salonu, Armada AVM, İzmir Hilton Hotel, yurtdışında ise Azerbaycan Dışişleri Bakanlık Binası, Cezayir Amerikan Dışişleri Bakanlığı K.K.T.C. Yakındoğu Üniversitesi” gibi birçok prestijli projede ana mermer olarak uygulanmıştır (URL-6) .



Şekil 16: Bursa bölgesine ait önemli mermer levha örnekleri. **a)** Kemalpaşa Beyazı, **b)** Karacabey Siyahı; **c)** Bursa Beji.

Figure 16. Slabs of important marbles in the Bursa region. **a)** Kemalpaşa White, **b)** Karacabey Black, **c)** Bursa Beige.

Karacabey siyah mermeri

Paleozoyik yaşlı şistler içerisinde rekristalize kireçtaşı mercikleri şeklinde bulunur. Rezervi yaklaşık 350 bin metre küptür. Kriptokristalli kalsitlerden oluşmuş olup, eser miktardaki opak mineraller içermesinden dolayı siyah renge sahiptir (Şekil 16b; Karaman, 2002).

Bursa bej mermeri

Erken Kretase yaşlı bej sarımsı grimsi renklerdeki orta tabakalanmalı fosilli kireçtaşlarından oluşur. İnatlar Kireçtaşı olarak da adlandırılan Bursa

bej mermerinin rezervi 3 milyon m³ olarak belirlenmiştir (Şekil 16c; Karaman, 2002).

Jeomorfolojik Jeomiras Unsurları

Kanyon ve şelaleler

Kanyon, bir akarsuyun jeolojik zaman ölçeklerinde gerçekleşen fiziksel ve kimyasal ayrışma ve aşındırıcı faaliyetleri sonucunda gelişen yamaçları duvar gibi dik ve oldukça dar vadi şekilleridir. Akarsular üzerinde aktıkları yüzeyi oymaya ve aşındırdıkları kayaç parçacıklarını akış aşağı taşımaya yönelik bir doğal eğilime sahiptirler. Bir akarsuyun kaynak bölgesi ile boşaldığı durgun su alanı arasında belirgin bir yükseklik farkı varsa ve erozyon süreçleri özellikle kolay ayrışabilen kayaçlarla dayanıklı katmanların birlikte bulunduğu bölgelerde kanyonların oluşmasına yol açar (Nazik, 2010). Kanyonların çoğu, bir plato veya düzlük üzerinde uzun süreli bir erozyon süreciyle oluşmuştur. Dik yamaçlar ise, erozyona ve ayrışmaya dayanıklı daha sert kaya tabakalarının vadi duvarlarında belirginleşmesiyle ortaya çıkar (Nazik, 2010).

Kanyonlar, özellikle son yıllarda özellikle doğaseverler ve doğa yürüyüşçülerinin büyük ilgisini çekmektedir. Amerika Birleşik Devletleri’ndeki Grand Canyon, Dünya’da en fazla ziyaret edilen doğal oluşumlardan biridir. Türkiye’de de önemli kanyonlar bulunmaktadır. Bunlar arasında en çok ziyaret edilenleri Köprülü Kanyon (Antalya), İhlara vadisi (Aksaray), Yazılı Kanyon (Isparta), Ulubey Kanyonu (Uşak)’dur. Bursa ili de bu kapsamda çok sayıda kanyon ile dikkat çekmektedir.

Sadağı Kanyonu

Bursa’ya 55 km ve Orhaneli ilçesine 7 km uzaklıkta bulunan ve ismini içinde olduğu Sadağı köyünden alan Sadağı Kanyonu (Şekil 4 ve 17a) Bursa’nın ikinci büyük kanyonudur. 4.360 dekarlık bir alanı kaplayan kanyon 12 km uzunluğa sahiptir.



Şekil 17. Bursa bölgesindeki kanyon ve şelalelerden görünüm. **a)** Sadağı Kanyonu (URL-7); **b)** Kaya Hamamı (URL-8); **c)** Sansarak Köyü (URL-9); **d** ve **e)** Yarhisar şelalesi ve kanyonu (URL-10); **f)** Suuçtu Şelalesi.

Figure 17. Views of canyons and waterfalls in the Bursa region. **a)** Sadağı Canyon (URL-7); **b)** Rock Bath (URL-8) **c)** Sansarak Village (URL-9) **d** & **e)** Yarhisar waterfall and canyon (URL-10); **f-** Suuçtu Waterfall.

Sadağı kanyonu, Orhaneli ilçesinin güney ve güneydoğusunda yüzeyleyen Erken Eosen yaşlı granodiyoritik kayalar (Orhaneli Plütönu) ile şist metagranit ve mermerlerden oluşan Paleozoyik yaşlı birimlerin içinde ve sınırında gelişmiştir. Orhaneli Plütönu'nun yüzey şekli, granodiyorit in uğradığı seçici ayrışma ve oluşan regolitin Sadağı Çayı ve kolları tarafından sürekli olarak süpürülmesi ve taşınması süreçleriyle şekillenmiştir (Erginal ve Ertek, 2008).

Akarsu aşındırması sonucu oluşan kanyon duvarlarında geçmiş yaşamın izlerini taşıyan insan ve hayvan figürlerini andıran doğal oluşumlar mevcuttur (Erkut, 2016). Sadağı Kanyonu içerisinde M.S. 117-138 yılları arasında hüküm süren ve bölgeyi avlak olarak kullanan Roma İmparatoru Hadrianus'un karısı için yaptırdığına inanılan bir Kaya hamamı vardır (Şekil 17b). Günümüze ulaşan bu hamamın üç tarafı taş duvarla çevrilidir ve içerisinde 60 °C sıcaklıkta termal su çıkmaktadır. Kanyondaki şifalı sular

ve kaplıcalar, jeotermal tesis ve hamam olarak değerlendirilmiştir. Kaya hamamında çıkan sıcak su kanyonun yakınında bulunan bir termal hotelde kullanılmaktadır (Erkut, 2016).

Coğrafi güzellikleriyle öne çıkan kanyon, kaplıca turizmi, doğa yürüyüşü, fotoğraf çekimi, kamp ve piknik yapanların ilgisini çekmektedir (Orhan ve Kozak, 2023a).

Sadağı Kanyonu, Kültür ve Tabiat Kurulu tarafından 2004 de “1. Derece Doğal Sit Alanı” ilan edilmiş ve piknik alanı olarak Orman Bölge Müdürlüğü tarafından düzenlenmiştir. 2013 yılında kanyon bölgesi Çevre ve Orman Bakanlığı tarafından tabiat parkı ilan edilmiştir. Kanyonun Tabiat parkı içinde kalan kısmının 2.750 km²’dir.

Sansarak Kanyonu

Türkiye’nin el değmemiş en güzel doğa güzelliklerinden bir tanesi olan Sansarak Kanyonu, aynı zamanda ülkenin en etkileyici ve zorlu kanyonlarından biridir. Kanyon Bitinya, Roma, Bizans ve Osmanlı’ya ait birçok tarihi eser ile Türkiye’nin önemli tarihi kentlerinden biri olan İznik ilçesine bağlı 500 yıllık bir Osmanlı köyü olan Sansarak köyü sınırları içindedir. Sansarak Kanyonu, Bursa kent merkezine 93 km İznik ilçe merkezine ise; 17 km uzaklıktadır (Şekil 4). Kanyon ismini içinde olduğu Sansarak köyünden almaktadır.

Deniz seviyesinden 1000 m yüksekte, sık ormanların derinliklerinde yer alan Sansarak kanyonu 7 km uzunluğundadır. Kayalidere isimli akarsu boyunca genişleyerek ve daralarak Tacir Kanyonu’ndan gelen dere ile birleşerek Karasu ismi ile İznik Gölü’ne dökülür.

Sansarak köyü kerpiçten yapılmış evleri ve daracık yolları ile dizi ve film yapımcılarının da doğal platosu olarak bilinmektedir (Şekil 17c).

Fevziye Kanyonu

Bursa’nın İnegöl ilçesine 14 kilometre mesafede, Uludağ’ın eteklerinde bulunan kanyon ismini

Fevziye köyünden almaktadır (Şekil 4). Kanyon yöre halkı tarafından ‘kuru’ dere olarak adlandırılır. 970 m rakımdan başlayarak 1300 m rakımına ulaşan kanyon 6 km uzunluğundadır. Kanyonun ve doğa yürüyüşü sevenler için ideal bir rotadır (Şekil 17d; URL-11)

Tacir Kanyonu

Bursa’nın İznik ilçesinin 22 km kuzeybatısında Tacir köyüne 7 kilometre mesafede Samanlı dağlarının arasında yer alan kanyonun uzunluğu 15 km’dir (Şekil 4). Sarısu ve Kırkharman derelerinin birleşiminden oluşan Tacir Kanyonu’nda 2 ila 40 m arasındaki yükseklikten düşen 236 şelale ve 64 adet küçük göletleri bulunuyor (URL-12).

Orta zorluk derecesine sahip olan kanyon iki koldan oluşuyor. Birinci kolu Sarısu-Kırk Harman’a, ikinci kolu ise Gürmüzlü Köprüsü-Sansarak Kanyonuna ulaşır. Trekking sporuna uygun olan Tacir Kanyonu, doğaseverlerin vazgeçilmez adreslerinden biridir. Kanyon doğa ve fotoğraf tutkunları tarafından dört mevsim ziyaret edilmektedir.

Yarhisar (Cennet) Kanyonu

Bursa ilinin Yenişehir ilçesi sınırları içinde, Günece Köyü ile Yarhisar Köyü arasında uzanan Yarhisar Kanyonu Bursa il merkezine 75 km, Yenişehir ilçe merkezine 18 km mesafededir (Şekil 4). Yarhisar köyünde bulunan Yarhisar şelalesinde başlayan (Şekil 17e) ve Günece Köyü’nde son bulan kanyon, 5 km uzunluğa sahiptir. Kanyon boyunca çok sayıda şelale ve 4-5 metre derinliğe ulaşan göller bulunmaktadır.

Cennet Kanyonu Efsanesine göre kanyon girişinde yer alan ve “Girdaplı göl” olarak isimlendirilen küçük göl insanı yutuyordu. Bölge halkı tarafından uzun zamandır bilinen ancak dilden dile yayılan bu efsaneler nedeniyle kimsenin girmeye cesaret edemediği bu kanyon uzun yıllar boyunca keşfedilememiştir.

Kanyon, doğa yürüyüşü başta olmak üzere, kanyoning, doğa fotoğrafçılığı, bisiklet turu gibi birçok açık hava aktivitesi için oldukça elverişlidir.

Kocasu-Kayalıdere Kanyonu

Paleozoik mermerlerinin yaygın olduğu Bursa'nın güney kesimlerdeki yüksek dağlık alanlarda derin mağara kanyonları gelişmiştir (Nazik, 2010; Nazik ve Poyraz, 2023a). Keles yakınlarında, Osmanlı İmparatorluğu'nun kuruluş döneminde kurulan ve günümüzde hala otantik yapılarıyla korunan Kocakovacık ve Gelemiş köyleri (Mahalleleri) arasında uzanan Kocasu-Kayalıdere (Orhaneli Çayı) Kanyonu (Şekil 4), bu tür kanyon vadilerin en çarpıcı örneklerinden biridir. Kanyon, yaklaşık 7 km uzunluğunda ve gömülü menderesler oluşturan ve yer yer 600 metre derinliğiyle vahşi bir görünüm sergileyen kanyon, morfometrik ve morfojenetik gelişim özellikleri ile biyolojik ve tarihi dokusu nedeniyle jeosit olarak önerilmektedir (Nazik ve Poyraz, 2023b).

Suuçtu Şelalesi

Bursa'nın Mustafakemalpaşa ilçesine 17 km. Bursa şehir merkezine ise 125 km uzaklıkta, Muradiyesarnıç Köyü yakınlarında Karadere üzerindeki irili ufaklı 60 şelale arasında yer alır (Şekil 4). Metagranitler içinde gelişmiş bir fay düzlemi üzerinde 38 m yükseklikten dökülen Suuçtu Şelalesi 464 m rakıma sahiptir ve Şubat-Mart aylarında daha gür akmaktadır. Kış mevsiminde şelalenin genişliği 30 m'ye ulaşmakta sel dönemlerinde ise genişliği 50 metreye kadar çıkabilmektedir (Şekil 17f).

Suuçtu Şelalesi, 38 m yükseklikten dökülen suyunun yanı sıra, gezi alanı ve piknik yeri olarak da tercih edilir. Suuçtu şelalesi, çevresini saran kayın ağaçları ve serin havası ile doğal bir temiz hava deposu işlevi görür. 11 Temmuz 2011 tarihinde Tabiat Parkı olarak tescillenen Suuçtu Şelalesi ve çevresi doğa sporları ve diğer açık

hava aktiviteleri için oldukça uygun bir bölgedir (URL-13).

Mağaralar

Mağara, yüzeye bağlantılı doğal oluşumlu, yatay veya dikey uzanıma sahip yer altı boşlukları olarak tanımlanır. Bu büyüleyici oluşumlar, karbonatlı, sülfatlı ve klorürlü kayaların yer altı suları tarafından çözünmesi sonucu meydana gelirler (Nazik ve Poyraz, 2023a). Mağaraların uzunluğu oldukça değişken olup, birkaç metreden yüzlerce kilometreye kadar ulaşabilir.

Bursa ili sınırları içinde tanımlanan 101 mağaradan (Çizelge 2) beş tanesi, buldukları doğal çevre, morfometrik ve morfojenetik oluşum ve gelişim özellikleri ile biyolojik ve antropolojik değerleri nedeniyle jeosit olarak değerlendirilebilir. Bu mağaralar; Mustafakemalpaşa ilçesindeki Ayiini ve Ayvaini Mağaraları, İnegöl ilçesindeki Oylat ve Koca Mağaraları ile Keles ilçesi yakınlarındaki Kocasu-Kayalıdere Kanyonu üst yamacında bulunan Gavurini Mağarası'dır (Şekil 4; Nazik ve Poyraz, 2023b).

Çizelge 2. Bursa Mağaralarının ilçelere göre dağılımı (Nazik ve Poyraz, 2023a).

Table 2. Distribution of Bursa Caves by districts (Nazik and Poyraz, 2023a).

Sn.	İlçe	Mağara sayısı
1	Mustafakemalpaşa	36
2	İznik	13
3	İnegöl	8
4	Gürsu	7
5	Osmangazi	7
6	Keles	6
7	Nilüfer	5
8	Yıldırım	5
9	Orhaneli	3
10	Büyükorhan	2
11	Karacabey	2
12	Kestel	2
13	Yenişehir	2
14	Gemlik	1
15	Orhangazi	1
16	Mudanya	1 (Deniz Mağ.)
17	Harmançik	-
TOPLAM		101

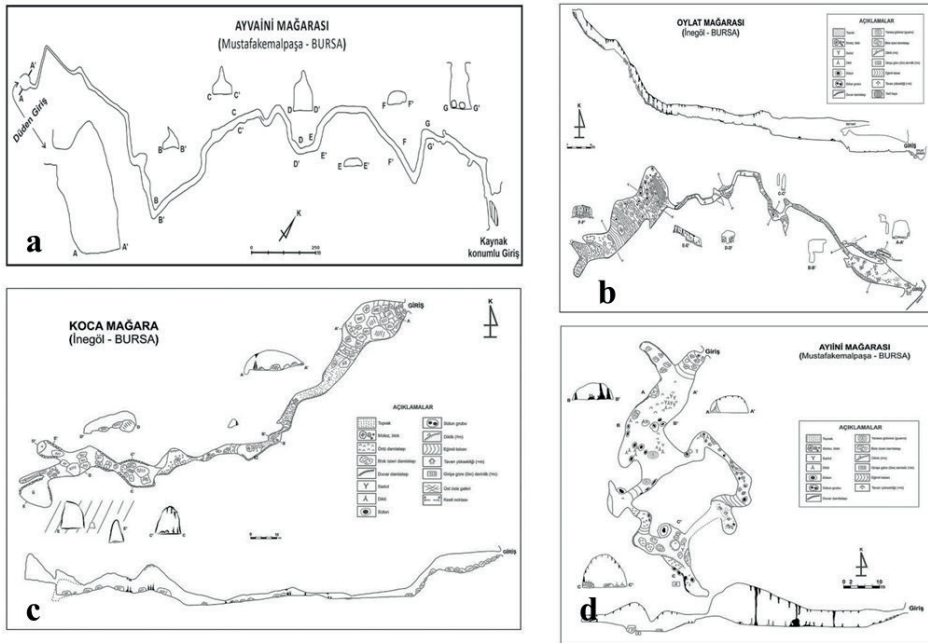
Ayvaini mağarası

Aralarında 4 km yatay mesafe ve 80 m düşey seviye farkı olan iki girişli bir mağaradır (Nazik ve Poyraz, 2023b). Düden (subatan) konumunda olan birinci giriş; Bursa, Mustafakemalpaşa ilçesine bağlı Kazanpınar ve Doğanalan köyleri arasında, diğer girişi ise yeraltı sularının yeryüzüne çıktığı (kaynak konumunda) Nilüfer ilçesine bağlı Ayvaköyü yakınında yer alır (Şekil 4). Uluabat Gölü'nün güneydoğusunda 370 m rakımında bulunan, toplam uzunluğu 4866 m ve hidrolojik olarak aktif olan Ayvaini mağarası, Güney Marmara Bölgesi'nin en uzun ve Türkiye'nin ise sekizinci en uzun mağarasıdır (Nazik ve Poyraz, 2023b).

Jura-Alt Kretase kireçtaşları içerisinde gelişen mağaranın giriş kısmında merdiven ile inilen 17 metrelik düşey bir iniş olmasına karşın

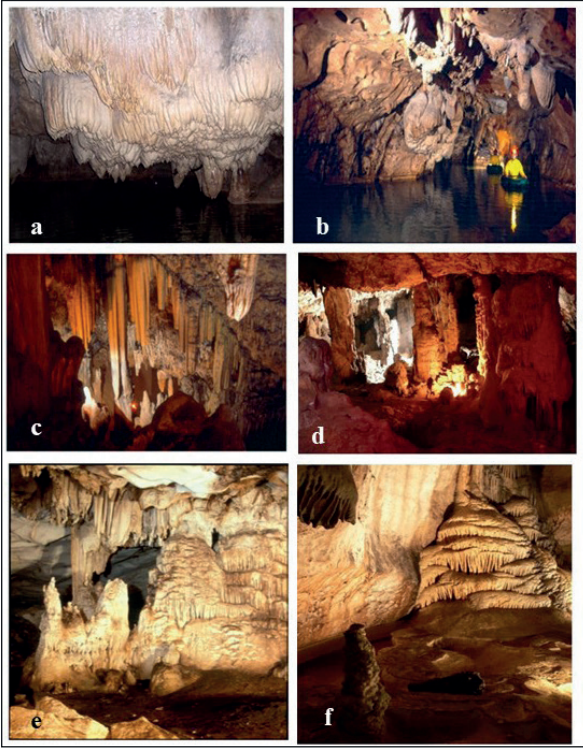
genel olarak yatay gelişmiş bir mağaradır. İnişin ardından ulaşılan geniş salondan sonra ana galeri başlar. Ana galeri %1-2'lik bir eğimle devam eder ve genişliği 4-10 m arasında değişiklik gösterir (Şekil 18a). Mağarada çok sayıda baca gözlenmiştir. Ayrıca mağara içinde su seviyesinin mevsimsel olarak değiştiği ve boyutları yer yer 3-4 metreye ulaşan 60 civarında gölcük yer almaktadır. Mağaranın çıkışındaki gölcüğün uzunluğu 400 metreyi bulmaktadır (Nazik ve Poyraz, 2023b).

Mağara içinde görünüşleri son derece ilginç damlataşlarla (sarkıt, dikit, duvar damlataşları, sulu damlataş havuzları) ve göller ile kaplı olan Ayvaini Mağarası (Şekil 19a ve b), hemen yakınında bulunan Ayınini Mağarası ile birlikte 2021 tarihinde; "Doğal Sit Nitelikli Koruma Alanı" olarak tescil edilmiştir (Nazik ve Poyraz, 2023b).



Şekil 18. Bursa bölgesindeki bazı mağaraların plan ve enine kesitleri (Nazik ve Poyraz, 2023b). **a)** Ayvaini Mağarası, (Mustafakemalpaşa, Bursa), **b)** Oylat Mağarası (İnegöl, Bursa), **c)** Gavurini Mağarası (Keles, Bursa) ve **d)** Koca Mağara (İnegöl, Bursa).

Figure 18. Plan and cross-sections of some of caves in the Bursa region (Nazik and Poyraz, 2023b). **a)** Ayvaini Cave, (Mustafakemalpaşa, Bursa), **b)** Oylat Cave (İnegöl, Bursa), **c)** Gavurini Cave (Keles, Bursa) and **d)** Koca Cave (İnegöl, Bursa).



Şekil 19. Bursa bölgesindeki mağaralardan sarkıt, dikit ve damlataş yapılarından görüntüler. **a ve b)** Ayvaini Mağarası, (Mustafakemalpaşa, Bursa), **c ve d)** Oylat Mağarası (İnegöl, Bursa), **e ve f)** Koca Mağarası (İnegöl, Bursa).

Figure 19. Images of stalactite, stalagmite and dripstone structures in caves in the Bursa region. **a and b)** Ayvaini Cave, (Mustafakemalpaşa, Bursa), **c and d)** Oylat Cave (İnegöl, Bursa), **e and f)** Koca Cave (İnegöl, Bursa).

Mağaracı ve dağcı keşif tutkunlarının uğrak yeri olan doğa harikası Ayvaini Mağarası'na girmek için mağarayı çok iyi bilen rehber eşliğinde girilmesi önemle tavsiye edilmektedir (Nazik ve Poyraz, 2023b).

Ayvaini mağarası

Bursa'nın Mustafakemalpaşa ilçesi Kazanpınar Köyü sınırları içerisinde Jura-Erken Kretase yaşlı kireçtaşları içerisinde gelişmiştir. Hidrolojik olarak askıda kalan yatay konumlu gelişimini

tamamlamış fosil ve kuru bir mağaradır (Şekil 4). Kazanpınar Köyü'nün 500 m batısında bulunan Açma Tepesi'nin doğu yamacında yer alan mağaranın bulunduğu rakım 440 m, tavan yüksekliği 1-8 m arasında değişen ve toplam uzunluğu 181 metredir (Şekil 18d). Mağarada sarkıt, sütun, dikit ve duvar damlataşları yaygındır (Nazik ve Poyraz, 2023b). Mağara girişindeki büyük salonda koloniler halinde yarasalar yaşamaktadır.

Ayvaini Mağarası, hemen yakınında bulunan Ayvaini Mağarası ile birlikte 2021 tarihinde; "Doğal Sit Nitelikli Koruma Alanı" olarak tescil edilmiştir (Nazik ve Poyraz, 2023b).

Oylat mağarası

Bursa-Ankara karayolu üzerinde; Oylat Kaplıcası'na ayrılan yoldan yaklaşık 17 km içeride; Hilmiye köyü ile Oylat Kaplıcaları'nın arasında ve Oylat Kanyonu'nun sona erdiği noktada yer almaktadır (Şekil 4). Permiyen-Triyas yaşlı rekristalize kireçtaşında içerisinde gelişen ve toplam uzunluğu 665 m olan Oylat mağarası, yatay konumlu, gelişimini tamamlamış fosil bir mağaradır (Şekil 18b). Deniz seviyesinden 525 m yükseklikte girişi bulunan mağaranın son noktası, girişten 126 m yukarıda yer alır (Nazik ve Poyraz, 2023b).

Çok dönemli-çok kökenli gelişim özelliği gösteren mağara, üç bölümden meydana gelmiştir (Şekil 18b). Kuzeydoğu-güneybatı yönlü bir fay boyunca gelişen ilk bölüm, büyük bir çöküntü salonudur ve muhtemelen Orta-Geç Miyosen öncesinde oluşmuştur. Taban eğimi 40 dereceye ulaşan, tavan yüksekliği 93 metre ile 3 metre arasında, genişliği ise 25 metre ile 55 m arasında değişen ve uzunluğu 200 m olan birinci bölüm devasa bir boşluktur. Yaklaşık 20 m tavan yüksekliği ve 450 m uzunluğa sahip dar ve ters V şeklinde menderesli akış galerisi şeklinde gelişen ikinci bölüm ise, (Şekil 18b) muhtemelen Geç Miyosen sonrasında Pliyosen döneminde

oluşmuştur. Üçüncü bölüm ise, Kuvaterner döneminde oluşan, tavan yüksekliği 15 m, genişliği 18 m olan giriş salonundan ibaret olup, mağaranın en genç ve büyük salonudur (Şekil 18b; Atabey vd., 2002; Nazik ve Poyraz, 2023b).

Mağaranın girişinde (Şekil 19c ve d) yer alan üçüncü bölümde karst breşleri, silttaşı ve çamurtaşı; ikinci bölümde dev damlataş havuzları ve duvar damlataşları gelişmektedir. Mağara sonundaki birinci bölümde ise tavan çökmesiyle oluşan iri bloklar, karst breşi, sarkıt, dikit, sütun, mağara incileri (pizolit yapıları), duvar damlataşları, makarna yapıları oluşmaktadır (Şekil 19c ve d). Mağara içerisinde sıcaklık (18°C) ve nem oranı (%90) fazla değişmemektedir. Oylat Mağarası bu özellikleriyle birçok canlı için yaşam alanı niteliğindedir.

2005 tarihinde turizme açılan Oylat Mağarası, 2023 tarihinde “Tabiat Varlığı, B Grubu Mağara” olarak tescil edilmiştir (Nazik ve Poyraz, 2023b).

Gavurini mağarası

Bursa'nın Keles ilçesi Gelemiş köyü (Şekil 4) sınırları içerisinde, Kocası-Kayalıdere Kanyonu'nun üst yamacında bulunan Gavurini Mağarası yatay konumlu gelişimini tamamlamış fosil ve kuru bir mağaradır. Deniz seviyesinden 780 m yüksekte bulunan mağaranın toplam uzunluğu 504 m, girişe göre en derin noktası ise -20,5 metredir. Gavurini Mağarası birbirine dar geçitlerle bağlanan üç salondan meydana gelmiştir. Bu geçit ve salonlarda damlataş birikimleri (sarkıt, dikit, sütun, duvar ve perde damlataşları) oldukça yoğundur. Mağaranın orta ve son salonlarında koloniler oluşturmuş yarasalar yaşamaktadır (Nazik ve Poyraz 2023b). Mağaranın giriş salonu, Bizans döneminde duvar ile kapatılarak yerleşim alanına dönüştürülmüştür. Gavurini Mağarası, Bursa Tabiat Varlıklarını Koruma Bölge Komisyonu tarafından, 2018 yılında Tabiat Varlığı olarak tescil edilmiştir (Nazik ve Poyraz, 2023b).

Koca mağara

Mağara İnegöl'ün 18 km batısında bulunan Kıranköy'ün, Uludağ Milli Parkı sınırları içindeki Kıranköy Yaylası'nda yer alır (Şekil 4). Toplam uzunluğu 203 m, girişe göre son noktası -13 m derinliğinde olan Koca Mağara (Şekil 18c), büyük bir Permiyen mermer bloğu içinde yatay olarak gelişmiş kaynak konumlu fosil bir mağaradır. Bursa'daki mağaralar arasında topoğrafik olarak en yüksekte (1.920 m) gelişen mağara, Uludağ göllerinin 5 km güneydoğusunda yer alır. Yüksek dağ karstının (glasiyo karst) karakteristik bir şekli olan mağaranın içi, görünümüleri son derece güzel, her renk ve türden damlataşlarla kaplıdır (Şekil 19e ve f). Özellikle içleri su ile dolu, derinliği 0,5-1 m arasında olan damlataş havuzları, mağarayı daha ilginç hale getirmiştir (Nazik ve Poyraz, 2023b).

Uludağ Milli Parkı'nın sınırları içinde bulunan Koca Mağara, 2023 yılında milli parkın “Uludağ Alan Başkanlığı” na dönüştürülmesi sonucu, aynı statüye dönüşmüştür.

Periglasiyel Yapılar

'Periglasyal' terimi, genellikle geçmişte ve günümüzde buzul örtülerinin bulunduğu bölgelerin sınırlarında ya da geniş soğuk iklim bölgelerinde donma-çözülme etkinliğine bağlı olarak gerçekleşen süreçler ve bu süreçlerin yaygın olarak görüldüğü alanları tanımlamak için kullanılır (Öztürk, 2023).

Ülkemizin de içinde yer aldığı orta enlemlerdeki dağlık alanların orman üst sınırı üzerinde yer alan Alpin kuşaklar periglasiyel süreçlerin egemen olduğu alanlardır. Bu alanlardaki periglasiyel özellikler, dağlık alanın topoğrafik koşulları ve iklimsel özellikleri tarafından kontrol edilmektedir (Öztürk, 2023).

Marmara Bölgesi'ndeki en yüksek dağ olan Uludağ, aynı zamanda Kuvaterner buzullaşmasının izlerinin görüldüğü ve Batı Anadolu'da periglasiyel (buzul çevresi) yapıların bulunduğu

tek lokasyondur. Uludağ'da buzul gölleri (Sirk), çember, girland, buzul vadisi, yamaç döküntüsü ve kaya buzulu gibi değişik periglasiyel yapılar 1800 metre rakımının üstünde yaygın olarak görülmektedir (Öztürk, 2023).

Uludağ bölgesinde bulunan periglasiyel yapılar ve sirk göllerine yaz aylarında karlar eridikten sonra farklı birkaç güzergahdan belirli noktalara kadar araba ile ulaşıldıktan sonra birkaç saatlik bir yürüyüşle ulaşılabilir.

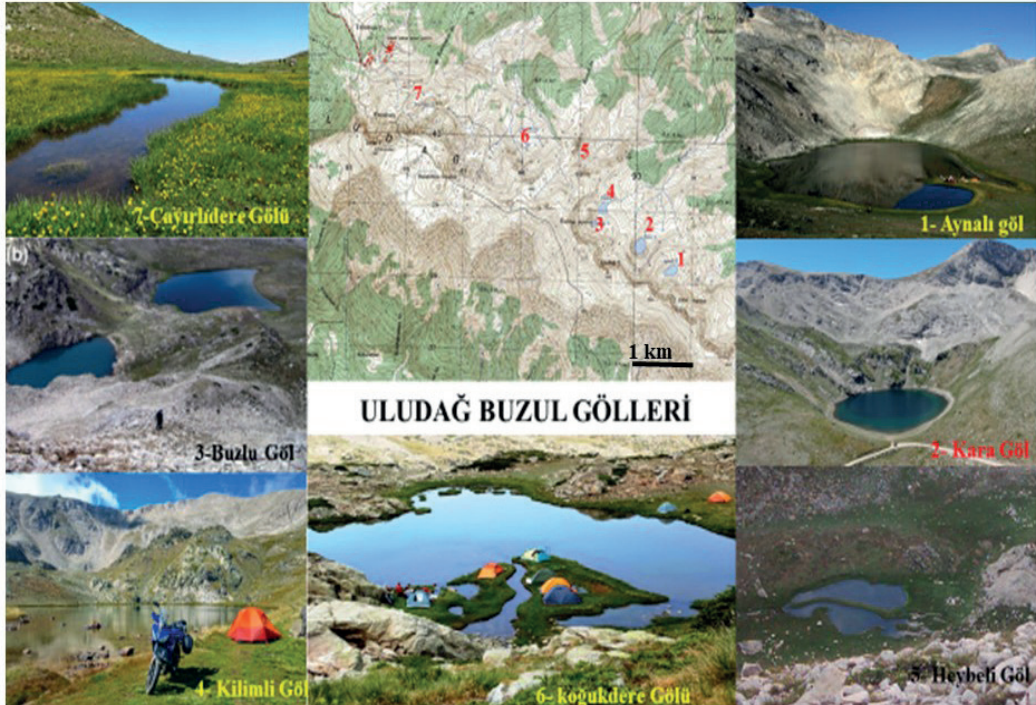
Buzul Gölleri

Uludağ'ın yüksek kesimlerinde 'göller bölgesi' olarak adlandırılan alanda Geç Kuvaterner döneminde etkili olan buzulların aşındırmasıyla oluşan çukurların (Sirk) suyla dolması ya da

moren çökellerinin oluşturduğu setlerin arkasında suların birikmesiyle oluşan ve bir kısmı yazın kuruyan yedi adet buzul gölü mevcuttur (Şekil 4; Çizelge 1).

Aynalı Göl

Karatepe'nin (2550 m) kuzey yamaçlarında 2.410 m rakımda bulunan göl (Şekil 4 ve 20), diğer göllere oranla daha fazla güneş gördüğü ve güneş ışınlarının su üzerinde yansması nedeniyle bu ismi almıştır. Göl 500 m çapında üç tarafı dik duvarlarla çevrili kuzeydoğuya bakan at nalı şeklindedir. İçme suyu kaynağının da bulunduğu göl, sakinliği ve doğal güzelliği nedeniyle yabancı dağcılar tarafından tercih edilen bir rotadır (Orhan ve Kozak, 2023b).



Şekil 20. Uludağ buzul (sirk) göllerinin yerbulduru haritası. 1- Aynalı Göl, 2- Kara Göl, 3- Buzlu Göl, 4- Kilimli göl, 5- Heybeli Göl, 6- Koğukdere (Kayıp göl) Gölü, 7- Çayırıldere Gölü.

Figure 20. Location map of Uludağ's cirque lakes. 1- Aynalı Lake, 2- Kara Lake, 3- Buzlu Lake, 4- Kilimli Lake, 5- Heybeli Lake, 6- Koğukdere (Lost Lake) Lake, 7- Çayırıldere Lake.

Kara Göl

Adını güneyindeki Karatepe'den alan dairesel şekilli Kara Göl 2.270 m rakımda bulunmaktadır (Şekil 4 ve 20). Uludağ'ın kuzeydoğu yamaçlarındaki göl, önünde 10 m kalınlığındaki moren seddenin arkasında gelişmiştir. Gölü çevreleyen sirk duvarlarının yüksekliği 300 m'yi bulmaktadır (Şekil 20). Adına yakışır şekilde ürpertici bir görünüme sahip olan göl, yeterince güneş görmemesi ve içme suyu bulunmaması nedeniyle kamp yapmak için tercih edilmez (Orhan ve Kozak, 2023b).

Buzlu Göl

Kilimli gölün yaklaşık 200 m doğusunda küçük bir tepenin ardında 2.390 m rakımda bulunan göl (Şekil 4 ve 20), ağustos ayı başlarına kadar buz kütleleri ile doludur (Şekil 20). Göl dairesel bir şekle sahip ve dik kenarlıdır (Orhan ve Kozak, 2023b).

Kilimli Göl

2330 m rakımında tabanı çok sık bir bitki örtüsü ile kaplı olan gölün derinliği 4,5 metre civarındadır (Şekil 4 ve 20). *Dipsiz Göl* olarak da bilinen göl 20 m kalınlığındaki moren birikintisinin arkasında gelişmiştir (Şekil 20). İçme suyunun bulunduğu gölün çevresi piknik alanı ve kamp yeri olarak kullanıma uygundur (Orhan ve Kozak, 2023b).

Heybeli Göl

Kilimli Göl'ün kuzeyinde 2410 m rakımda bulunan Heybeli Göl, yaz aylarında tamamen kurduğu için gölden ziyade bir plato görünümü almaktadır (Orhan ve Kozak, 2023b; Şekil 4 ve 20).

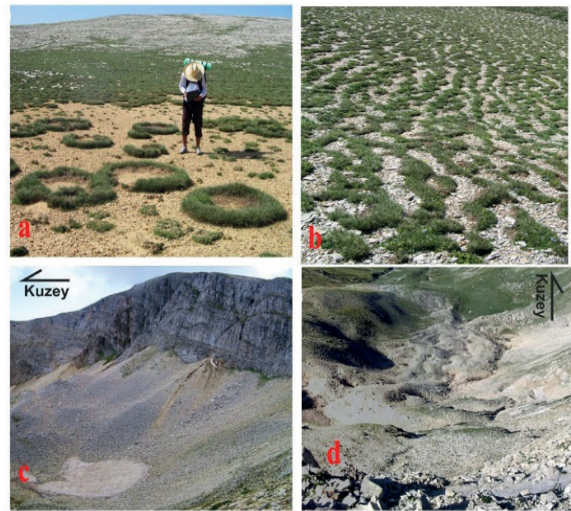
Koçukdere Gölü (Saklıgöl) ve Çayırıldere Gölü

Uludağ'ın kuzeybatı yamacında 2216 m rakımında bulunan göl yaz aylarında kurur. (Şekil 4 ve 20; Orhan ve Kozak, 2023b).

Ustaoğlu vd., (2008) Temmuz 2003'de Uludağ'daki buzul göllerinin yüzey suyu sıcaklığını 4,8 - 14,5 °C arasında, Ağustos 2003'te ise 15,7 - 23 °C ve pH değerlerini ise Temmuz'da 8,02 - 9,1 °C Ağustos'ta ise 8,47 - 9,82 °C arasında değiştiği tespit etmişlerdir. Ayrıca, buzul göllerinde 36'sı zooplankton, 38'i omurgasızlar ve 8'i omurgalı olmak üzere toplam 82 tür tanımlanmıştır. Uludağ kurbağası olarak bilinen *Rana Macrocnemis* doğal yayılım alanlarında bulunmaktadır.

Çemberler

Alpin bitkilerin oluşturduğu ve Uludağ'da yaygın görülen periglasiyal yapılardan bir tanesi olan çemberler, tipik olarak daire şeklindedir ve çemberlerin sınırı tümüyle Alpin bitkileriyle çevrilidir (Öztürk, 2023; Şekil 21a).



Şekil 21. Uludağ'daki periglasiyal yapılardan görüntüler **a:** Çemberler **b:** Girland, **c:** Yamaç döküntüsü **d:** Kaya buzulu (Öztürk, 2023).

Figure 21. Periglacial structures on Uludağ **a:** Circles **b:** Girland, **c:** Talus **d:** Rock glacier (Öztürk, 2023).

Girlandlar

Eğimli yamaçlarda Alpin bitkilerin oluşturduğu yarım ay şekilli ve Uludağ'da en yaygın görülen periglasiyal yapılardır (Öztürk, 2023; Şekil 21b).

Yamaç döküntüleri

Uludağ'ın kuzey kesimindeki mermerler üzerinde bir yamaç boyunca birikerek talus konileri ya da talus yamaçlarını oluşturan döküntü yığımları bulunur. Bu şekiller 'kayşat', 'talus konisi', 'kolüvyal yelpaze', 'etek döküntüsü' olarak ta isimlendirilir (Şekil 21c; Öztürk, 2023).

Kaya buzulları

Sirklerin içerisinde biriken buz ve kar içeren yamaç döküntülerinin yüklerinin zamanla artması ve bu moloz kütlelerinin bir buzul gibi aşağıya doğru hareket etmesi sonucunda oluşur (Öztürk, 2023; Şekil 21d).

Granit jeomorfolojisi

Granit, gnays ve kuvarsit gibi kayalardaki çatlak sistemleri boyunca etkili olan ayrışma (weathering) olayları sonucu oluşan ve çevresinden izole halde bulunan kayaç kütlelerine "Tor" adı verilir. (Uzun, 1995). Granitik kayalarda, hem derinlerde soğumayla oluşan düşey ve düşeye yakın çatlaklar hem de üzerindeki kayaç kütlelerinin erozyonla aşınmasının neden olduğu basınç rahatlaması ile yatay ve yataya yakın çatlaklar gelişir. Yağmur ve kar suyu bu çatlaklar boyunca anakayanın derinliklerine kadar ulaşabilir ve çatlaklar boyunca etkili olan ayrışmaya sebep olur.

Uludağ oteller bölgesi ve güney kesiminde granitik kayalar yüzeylenmektedir. Merkezi Uludağ Graniti, Oteller bölgesinde yüzeyler, Güney Uludağ Metagraniti, yaklaşık 2 km genişlikte, 15 km uzunlukta dik bir duvar oluşturur. Ayrıca Uludağ'ın güneyinde metamorfik ve

ultramafik kayaları kesen iki büyük Eosen graniti (Topuk ve Tepelce granitleri) daha yer alır (Okay, 2023; Şekil 4).

Uludağ'da regolitin süpürüldüğü birçok yerde farklı boyut ve şekilde gömülü ayrışma küreleri (corestone), büyük ayrışma blokları (boulders) ve yatay eklem ayrımları ile belirgin tünemiş bloklar (tor) yaygındır. Uludağ oteller bölgesinde yüzeyleyen granitler ve metagranitlerde iki farklı tor tipi belirlenmiştir. i- yatay ve yataya yakın çatlaklara bağlı gelişen bazlama yığını benzeri torlar (Şekil 22); ii- düşey ve düşeye yakın yönde gelişen "Y" biçimli çatlaklar boyunca meydana gelen konik şekilli torlar (Uzun, 1995).



Şekil 22. Uludağ'da oteller bölgesinde Çobantepe civarında gelişen Tor yapılarından bir görünüm.

Figure 22: Representative views of tor structures developed around Çobantepe within the hotel zone of Uludağ.

TARTIŞMA ve SONUÇLAR

Bursa ve yakın çevresi tarihsel, kültürel ve kış sporları için önemli bir merkez olmasının yanı sıra özgün jeolojik yapıları, gölleri, fosil yatakları,

madenleri ve jeomorfolojik yapılarıyla zengin bir jeoçeşitliliğe sahiptir. Bursa'nın güneybatısındaki Nilüfer vadisinde başlayıp, Bozüyük güneybatısına kadar uzanan ve bünyesinde çok sayıda jeosit bulunduran Uludağ, Türkiye'nin önemli bir kayak merkezi olmasıyla birlikte ayrıca doğa yürüyüşleri, piknik, bisiklet ve motosiklet turları için de gözde bir destinasyondur.

Klasik turizm anlayışından farklı olarak, heyecan verici, eğitici ve aynı zamanda eğlenceli etkinlikler sunan; tüm yıla yayılabilen ve sürdürülebilir nitelikteki jeoturizm, günümüzde giderek önem kazanmaktadır. Türkiye'nin önemli kültür, kış sporları ve turizm merkezlerinden biri olan Bursa ve çevresinde, jeoturizme önemli katkı sağlayacak çok sayıda jeolojik ve jeomorfolojik açıdan değerli ve jeomiras potansiyeline sahip jeositler bulunmaktadır.

63 farklı kara memeli fosili tanımlanan Paşalar fosil yatağı, Anadolu Neojen sınıflamasında tanımlanan 12 fauna grubundan biri ve en eskisidir. Ulusal ve uluslararası kategoride değerlendirilen bölgeden elde edilen bulgular çok sayıda uluslararası saygın dergide yayınlanmıştır.

Karacabey longozu, Türkiye'deki dört longozun en büyüğüdür ve Önemli Kuş Alanı (ÖKA) kategorisindedir.

Özgün bir mineralojisi olan mor jadeit (mor yeşim), Dünya'da sadece Bursa'nın Harmancık bölgesinde çıkan özel bir taştır.

Bursa ili sınırları içinde tanımlanan 101 mağaradan beş tanesi (*Ayını ve Ayvaini Mağaraları, Oylat, Koca Mağaraları ve Gavurini Mağarası*) buldukları doğal çevre, morfometrik ve morfojenetik oluşum ve gelişim özellikleri nedeniyle potansiyel jeosit olarak değerlendirilebilir.

Marmara Bölgesi'ndeki en yüksek dağ olan Uludağ, Kuvaterner buzullaşmasının izlerinin görüldüğü ve Batı Anadolu'daki periglasiyel (buzul çevresi) yapıların bulunduğu tek lokasyondur.

Bursa ili sınırları içinde yer alan Uludağ, Ayvaini Mağarası ve Paşalar Memeli Fosil Yatağı Türkiye'nin ilk 100 jeositi listesinde yer almaktadır.

Bursa ilinde tanımlanan jeolojik miras öğelerinin önemli bir kısmı Uludağ ve yakın çevresinde yer almakta ve kolayca ulaşılabilir konumdadırlar. Bu durum bölgede yapılacak jeoturizm aktiviteleri için büyük bir avantajdır

Bursa ve yakın çevresindeki jeositlerin büyük bir çoğunluğu, Uludağ Alan Başkanlığı'nca yönetilen alan içerisinde ya da Tabiat Varlıklarını Koruma Genel Müdürlüğü tarafından kontrol edilen alanlar içerisinde yer almaktadır. Bu da mevcut jeositlerin korunması için olumlu bir durumdur.

Bursa ve çevresindeki fosil yatakları, kanyonlar, mağaralar, göller, mineraller ve diğer jeomorfolojik unsurlar, yalnızca bölgenin jeolojik evrimini belirlemede kullanılmaz, aynı zamanda jeolojik miras ve jeoturizm potansiyeli açısından da yüksek değere sahiptir. Bu unsurların korunması, bilimsel araştırmaların sürdürülmesi ve sürdürülebilir yıl boyu turizm kapsamında topluma kazandırılması, bölgenin ulusal ve uluslararası düzeyde önemini artıracaktır.

Bölgede gelecekte yapılacak çalışmalarla ilin jeoçeşitliliği, jeolojik miras potansiyeli ve yeni jeositlerin ortaya çıkarılma potansiyeli oldukça yüksektir.

EXTENDED SUMMARY

Geological heritage elements, including geomorphological features, minerals, rocks, and fossils, are essential for reconstructing Earth's history, identifying and mitigating natural hazards, and addressing global challenges such as climate change adaptation. Consequently, the concepts of geosites, geological heritage, geoparks, and geotourism have gained increasing prominence in recent years. The protection and promotion of these elements are actively supported by UNESCO and other international institutions.

Uludağ, one of Türkiye's principal winter sports centers and a region hosting numerous significant geosites, rises from the Nilüfer Valley southwest of Bursa and extends toward the southwest of Bozüyük. Forming a prominent topographic barrier along the southern margin of Bursa, Uludağ developed as a ridge approximately 15–20 km wide and about 80 km long, trending WNW–ESE. The massif reaches its highest elevation at Uludağ Tepe, at 2,543 m above sea level. Bursa is tectonically situated along the İzmir–Ankara suture zone, a major tectonic boundary formed by the subduction of the Tethys Ocean between two Triassic and pre-Triassic tectonic domains: the Sakarya Zone of the Pontides and the Tavşanlı Zone of the Anatolide–Tauride Block. This suture, represented locally by the Göktepe and Soğukpınar fault systems, is located south of the city. A defining geological characteristic of the Sakarya Zone is the presence of non-metamorphosed successions ranging from the Early Jurassic to the Eocene, which unconformably overlie units of the Triassic subduction–accretionary complex. The Karakaya Complex, which is widely exposed within the Sakarya Zone, represents Triassic subduction–accretionary prism units and includes possible remnants of a Triassic oceanic plateau. This complex extends eastward from the Biga Peninsula for more than 1,000 km along the Sakarya Zone, forming a key element of northwestern Anatolia's tectonic architecture.

Contrary to popular belief, Uludağ is not of volcanic origin. Volcanic rocks are virtually absent from the massif, which is instead composed predominantly of metamorphic and plutonic lithologies. The core of Uludağ consists of gneiss and amphibolite, collectively referred to as the Uludağ Massif, with an estimated thickness of approximately 4 km. This core is surrounded by marbles that locally attain thicknesses of up to 400 m. In satellite and Google Earth imagery, a

prominent white band extending toward the ESE flank of Uludağ – resembling persistent snow cover – corresponds to these marble units. South of these units, commonly termed the Zirve marbles, gneiss reappears and forms the structural core of the massif.

The Sakarya Zone and the Anatolide–Tauride Block collided during the Paleocene as a result of the complete subduction of the intervening Tethys Ocean; consequently, the region was deformed, uplifted, and eroded. The 35-Ma-old Southern Uludağ Metagranite is cut by the 28-Ma-old Central Uludağ Granite, which does not exhibit ductile deformation. This suggests that the shear zone was active between the Late Eocene and Early Oligocene (35–28 Ma). Despite the complex and long evolution of the Bursa region dating back to the Carboniferous, Uludağ achieved its present structure and morphology as a result of events within the last 35 million years.

The Paşalar Mammal Fossil site, located 12 km from the Mustafakemalpaşa district of Bursa, is an important stratigraphic geological heritage. To date, 26 different species have been identified at this site, which represents the oldest of the twelve faunal groups defined in the Neogene classification of Anatolia and preserves a unique Middle Miocene fauna dating to approximately 15 million years ago.

Coal-bearing Miocene-aged units, ranging in thickness from 50 to 150 meters, were deposited in the İnegöl, Harmancık, Keles, Orhaneli, and Mustafakemalpaşa and İnegöl basins, located north and south of the Uludağ high. The sedimentological structures, structural features, lignite seams, lignite-forming trees and plants, associated spores and pollen, as well as leaf fossils and macro- and microorganisms preserved within the marsh environments that generated the lignite deposits of the Orhaneli Gümüşpınar, Çivili, and Altıntaş coal fields, which supply the Orhaneli

Thermal Power Plant meeting a significant portion of Bursa's energy demand, constitute geosites of considerable importance for the region.

Located in the western sector of the Kocasu Delta, where the Kocasu River discharges into the Sea of Marmara, the Karacabey Longoz (flooded forest) represents one of the rare wetland ecosystems of its kind in Türkiye. It is the largest of the four floodplains found in Turkey. Located on migratory routes, the Kocasu Delta and the Karacabey Longoz are important feeding, resting, and breeding grounds for numerous bird species. For this reason, they have been designated as an Important Bird Area.

Lakes İznik and Uluabat, two of Turkey's most beautiful lakes, boast numerous archaeological and historical sites and possess great biological, limnological, and geological significance, as well as scenic beauty and touristic appeal.

Bursa also hosts significant mineralogical and economically important geoheritage elements. A mineral first identified in the contact zone between marble and granite within the Uludağ Massif was named bursaitite after the province of Bursa. Bursaitite is a sulfate salt mineral crystallizing in the orthorhombic system, with the chemical formula $Pb_5Bi_4S_{11}$. It has a Mohs hardness of approximately 2.5, a density of about 6.2 g/cm³, and is characterized by a grey color and metallic luster.

Purple jadeite has a unique mineralogy and is found only in the Harmancık region of Bursa.

The scheelite (CaW04) deposit, a brittle mineral with white, off-white, yellowish, and pinkish colors, a hardness of 4.5 to 5, and a density of 5.9-6.1 g/cm³, is located within the Uludağ Massif. The Bursa-Uludağ scheelite deposit is the largest deposit in Turkey, accounting for 98% of the total reserves.

Marble deposits, which are both domestically and internationally sought after, are present in Bursa and its surrounding areas. Mustafa Kemalpaşa White Marble is composed of Middle Jurassic-Early Cretaceous recrystallized limestone. The marble is white in color and coarsely crystalline. Karacabey Black Marble is found as recrystallized limestone lenses within Paleozoic schists. Bursa Beige Marble is composed of Early Cretaceous, beige to yellowish-grey, medium-bedded, fossiliferous limestone.

Bursa province includes numerous canyons and waterfalls that are geomorphological heritage elements. Sadağı Canyon, 55 km from Bursa and 7 km from the Orhaneli district, is 12 km long. Formed by streams, the canyon walls bear portraits of humans and animals, traces of past life. The rock bath, built by the Roman Emperor Hadrian for his wife, is surrounded by stone walls on three sides and has 60-degree hot water. Sansarak Canyon, situated approximately 93 km from the Bursa city center and 17 km from İznik, lies at an elevation of about 1,000 m above sea level within a densely forested setting and extends for approximately 7 km. Fevziye Canyon, locally known as the "dry stream", is located on the foothills of Uludağ, approximately 14 km from İnegöl (Bursa Province), and extends for about 6 km. Tacir Canyon, situated 22 km northwest of the İznik district within the Samanlı Mountains, is approximately 15 km long and contains an exceptional assemblage of 236 waterfalls and 64 small ponds, with individual cascades ranging in height from 2 to 40 m. Yarhisar Canyon lies 75 km from the Bursa city center and 18 km from Yenişehir; it is about 5 km long and is characterized by numerous waterfalls and lakes reaching depths of 4–5 m. Owing to the legend of the so-called "Cennet Canyon", Yarhisar Canyon remained largely unexplored for many years. The Kocasu–Kayalıdere (Orhaneli Stream) Canyon, located near Keles and extending between the

villages (neighborhoods) of Kocakovacık and Gelemiş, represents a typical example of a deeply incised cave canyon. This canyon is approximately 7 km long, highly sinuous, and exhibits a rugged morphology, with local depths reaching up to 600 m.

Suuçtu Waterfall, situated at an elevation of 464 m, cascades from a height of 38 m along a fault plane developed within metagranites near Muradiyesarnıç Village, approximately 17 km from Mustafakemalpaşa and 125 km from the city center of Bursa.

Of the 101 caves identified within the boundaries of Bursa Province, five can be regarded as geosites owing to their well-preserved natural settings, morphometric and morphogenetic characteristics, and biological and anthropological significance. These include the Ayiini and Ayvaini caves in the Mustafakemalpaşa district; the Oylat and Koca caves in the İnegöl district; and the Gavurini Cave, located on the upper slope of the Kocasu–Kayalidere Canyon near the Keles district.

Ayvaini Cave is a cave with two entrances separated by a distance of 4 km and a level difference of 80 meters. It contains approximately 60 pools, some reaching 3-4 meters in size. The water level of the lakes exhibits pronounced seasonal fluctuations, and the cave contains exceptionally well-developed dripstone formations, including stalactites, stalagmites, wall flowstones, and actively wet dripstone pools.

Ayiini Cave located 500 meters west of Kazanpınar Village in the Mustafakemalpaşa district is a fossilized and dry cave that developed within Jurassic-Early Cretaceous limestones. It is hydrologically suspended and predominantly horizontal in orientation. Its ceiling height varies between approximately 1 and 8 m, and it extends for a total length of 181 m. Stalactites,

stalagmites, columns, and wall dripstones are common features.

Oylat Cave is a horizontal and fossil cave with a total length of 665 meters, developed within Permian-Triassic recrystallized limestone, approximately 17 km south of the Bursa-Ankara highway. The entrance is 525 meters above sea level, and the cave's terminus is 126 meters above the entrance. The cave, exhibiting multi-period and multi-origin development, consists of three sections. The first section consists of a large collapse chamber, with floor inclinations reaching up to 40°, ceiling heights ranging from approximately 3 to 93 m, widths between 25 and 55 m, and a length of about 200 m. The second section developed as a narrow and inverted V-shaped vadose gallery, with a ceiling height of approximately 20 m and a length of around 450 m. The third section, which forms the entrance hall, represents the youngest and largest chamber of the cave and is characterized by a ceiling height of about 15 m and a width of approximately 18 m. large blocks produced by ceiling collapse, karst breccia, stalactites, stalagmites, columns, cave pearls (pisolitic structures), wall flowstones, and helictitic pasta formations are common throughout the cave.

Gavurini Cave is a fossil, dry, and horizontally developed cave located on the upper slope of the Kocasu-Kayalidere Canyon within the boundaries of Gelemiş village in the Keles district of Bursa. Located 780 meters above sea level, the cave has a total length of 504 meters, and its deepest point, relative to the entrance, is -20.5 meters. Gavurini Cave consists of three halls connected by narrow passages. These passages and halls are densely populated with dripstone deposits (stalactites, stalagmites, columns, walls, and curtain dripstones). The entrance hall of the cave was enclosed by a wall during the Byzantine period and converted into a residential area.

Koca Cave is located on the Kıranköy Plateau, 18 km west of İnegöl. With a total length of 203 m, it is the highest-altitude cave in Bursa Province, situated at 1,920 m above sea level and located approximately 5 km southeast of the Uludağ Lakes. The cave interior is richly ornamented with dripstone formations of diverse colors and morphologies, creating a visually striking setting. Water-filled dripstone pools, with depths ranging from 0.5 to 1 m, further enhance the cave's scientific and aesthetic significance.

Uludağ is the only location in Western Anatolia where Quaternary periglacial structures are present. Examples of various periglacial structures such as cirque lakes, rings, garlands, talus escarpments, and rock glaciers are quite common. Seven glacial lakes (cirques) are present in the area of Uludağ's higher elevations, known as the lakes region, formed by the filling of holes formed by glaciers erosion during the late Quaternary period or by the accumulation of water behind dams formed by moraine deposits. Some of these lakes dry up in the summer.








Two distinct types of tors have been identified within the granites and metagranites exposed in the Oteller region of Uludağ: (i) flatbread-like tors developed along horizontal and sub-horizontal joints; and (ii) conical tors formed along Y-shaped joint systems oriented in vertical and sub-vertical directions.

The fossil beds, canyons, caves, lakes, minerals, and other geomorphological features in and around Bursa do not only serve to determine the region's geological evolution but also hold high value in terms of geological heritage and geotourism potential. Protecting these elements, pursuing scientific research, and integrating them into society through sustainable year-round tourism will enhance the region's national and international significance.

KATKI BELİRTME

Bursa bölgesi ve kuzeybatı Anadolu'da yaptığı bilimsel çalışmalar ile Türkiye Jeolojisine önemli katkıları olan, ayrıca 22-23 Eylül 2023 tarihlerinde Bursa'da düzenlenen "**Bursa'nın Jeolojik Miras Çalıştayı**" na katılarak önemli katkıda bulunan ve maalesef 12 Kasım 2023'de aramızdan ayrılan sayın Prof. Dr. Aral İ. Okay'ı rahmetle anıyoruz.

ORCID

Hükmü Orhan  <https://orcid.org/0000-0002-0009-3396>
Aral I. Okay  <https://orcid.org/0000-0003-2398-5386>
Nizamettin Kazancı  <https://orcid.org/0000-0003-0724-2347>
Lütfi Nazik  <https://orcid.org/0000-0003-4972-8839>
Murat Poyraz  <https://orcid.org/0000-0002-5915-6873>
Berna Alpagut  <https://orcid.org/0000-0002-5640-1036>
Yakup Çelik  <https://orcid.org/0000-0002-2150-852X>

KAYNAKLAR / REFERENCES

- Alpagut, B. (2023). Bursa-Paşalar Miyosen dönem fosil yatağı kazısı, Bir doğal ve kültürel miras öyküsü. H. Orhan (Ed.), *Bursa İlinin Jeolojik Miras Değerleri*, (s.46-55). Jeoloji Mühendisleri Odası yayını no 152.
- Andrews, P. & Alpagut, B. (Misafir Ed.ler) (1990). The Miocene Hominoid Site at Paşalar, Turkey. *Journal of Human Evolution*. 19 (4-5), 335-589.
- Andrews, P. & Alpagut, B. (Misafir Ed.ler) (1995). Further papers on the Miocene hominoid site at Paşalar, Turkey. *Journal of Human Evolution*, 28(4), 301-409.
- Atabey, E, Nazik, L. ve Törk, K. (2002). Oylat Mağarası çökel kayalarının sedimantolojisi, İnegöl (Bursa). *Maden Tetkik ve Arama Dergisi*, 123-124, 91-98.

- Çelik, Y. (2021), *Keles (Bursa) Neojen havzası kömür içerikli çökellerin depolanma ortamları. Uluslararası katılımlı Sedimentoloji Çalışma Grubu 2021 Çalıştayı bildirimleri özet kitapçığı*, 55-60.
- Çelik, Y., Karayigit, A. I., Oskay, R. G., Kayseri-Özer, M. S., Christanis, K., Hower, J. C. & Querol, X. A. (2021). *Multidisciplinary Study and Palaeoenvironmental Interpretation of Middle Miocene Keles Lignite (Harmancık Basin, NW Turkey), with Emphasis on Syngenetic Zeolite Formation. International Journal of Coal Geology*, 237, Article 103691. <https://doi.org/10.1016/j.coal.2021.103691>
- Çiçek, E. (2004). Subasar ormanların özellikleri ve Türkiye'nin Subasar Ormanları. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, Seri B*, 54(2), 107-111.
- Dostoğlu, N. (2023). UNESCO Dünya mirası Bursa: Hedefler ve sorumluluklar. H. Orhan (Ed.), *Bursa İlinin Jeolojik Miras Değerleri*, (s.56-61). Jeoloji Mühendisleri Odası yayın no 152.
- Erginal, A. E. ve Ertek, A. (2008). Orhaneli Plütununun bazı jeomorfolojik özellikleri: Denüasyon tarihi konusunda göstergeler. *MTA Dergisi*, 137, 79-89.
- Erginal, A. E., Kıyak, N. G., Öztürk, M. Z., Avcıoğlu, M., Bozcu, M. & Yiğitbaş, E. (2012). The origin and age of beach rock in a fresh-water environment, Lake Iznik, NW Turkey. *Sedimentary Geology*, 243-244, 148-154. <https://doi.org/10.1016/j.sedgeo.2011.10.012>
- Erkut E. (2016). *Bursa Orhaneli bölgesi, Sadağı ve civarının hidrojeolojisi* [Yayımlanmamış Yüksek lisans tezi]. İstanbul Teknik Üniversitesi.
- Eroğlu, G. ve Şahiner, M. (2019). *Dünya'da ve Türkiye'de Tungsten (Wolfram)*. MTA Fizibilite Etütleri Dairesi Başkanlığı Yayını.
- Eryılmaz, D. (2023). 2003-2013 Yılları Arasında Yapılan Bursa-Paşalar Kazısı Hominoid Dişlerinin Metrik ve Morfolojik Analizi. *Ahi Evran Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*. 9(3), 988-1007. <https://doi.org/10.31592/aeusbed.1307544>
- İncedayı, N. (2015). *Kocasu çayı deltası ve yakın çevresinin ekolojik açıdan değerlendirilmesi*. [Yayımlanmamış doktora tezi]. İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü
- Karaman, E. S. (2002). *Farklı Türkiye mermer türlerinin toplam alfa ve toplam beta radyoaktivite seviyelerinin tayini* [Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi]. İTÜ Nükleer Enerji Enstitüsü.
- Kavgacı, A., Özalp, G. & Özhatay, N. (2007). Flora of Igneada floodplain forests (Longozes) and their surroundings. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi A*, 57(2), 61- 90
- Kazancı, N., Emre, Ö., Erkal, T., İleri, Ö., Ergin, M. ve Görür, N. (1999). Kocasu ve Gönen Çayı deltalarının (Marmara denizi kuzey kıyıları) güncel morfolojileri ve tortul fasiyesleri. *MTA Dergisi*, 121, 33-50.
- Kazancı, N. (2023). Bursa gölleri ve jeomiras özellikleri. H. Orhan (Ed.), *Bursa İlinin Jeolojik Miras Değerleri*, (s.78-91). Jeoloji Mühendisleri Odası yayın no 152.
- Kazancı, N. Şaroğlu, F. ve Yeşildere, Y. (2015). Jeolojik Miras ve Türkiye jeositleri çatı listesi. *MTA Dergisi*, 151, 263-272.
- Kelly, J. Andrews, P. & Alpagut, B. (2008). The Hominoid Remains from the Miocene Site of Paşalar, Turkey. *Journal of Human Evolution*, 54(4), 453-538. <https://doi.org/10.1016/j.jhevol.2007.08.006>
- Ketin, İ. (1947). Über die Tektonik des Uludağ – Massivs: *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, 1, 60-88. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/720161>
- Kraeff, A. (1974). Bursait mineralinde parlaklık ve mikrosertlik ölçmeleri. *MTA Bülteni*, 82, 133-136.
- Nazik, L. ve Poyraz, M. (2023b). Bursa'da jeosit özelliği taşıyan mağara ve kanyonlar. H. Orhan (Ed.), *Bursa İlinin Jeolojik Miras Değerleri*, (s.99-108). Jeoloji Mühendisleri Odası yayın no 152.

- Nazik, L. (2010). Türkiye morfolojisinde kanyonlara yeni bir yaklaşım: Mağara kanyonlar. *Ulusal Jeomorfoloji Sempozyumu*, 11-13 Ekim, Afyonkarahisar
- Nazik, L. ve Poyraz, M. (2023a). Bursa ilindeki karstik yapılar. H. Orhan (Ed.), *Bursa İlinin Jeolojik Miras Değerleri*, (s.32-45). Jeoloji Mühendisleri Odası yayın no 152.
- Okay, A. I. & Whitney, D.I. (2010). Blueschists, Eclogites, ophiolites and suture zones in Northwest Turkey: A review and a field excursion guide. *Ofoliti*, 35(2), 131-172.
- Okay, A. I. (2023a). Uludağ'ın jeolojisi ve evrimi. H. Orhan (Ed.), *Bursa İlinin Jeolojik Miras Değerleri*, (s.10-19). Jeoloji Mühendisleri Odası yayın no 152.
- Okay, A. I. (2023b). Bursa'ya özgü değerli bir taş-Mor yeşim. H. Orhan (Ed.), *Bursa İlinin Jeolojik Miras Değerleri*, (s.126-130). Jeoloji Mühendisleri Odası yayın no 152.
- Orhan, H. ve Kozak, Y. (2023a). Bursa kanyonları. H. Orhan (Ed.), *Bursa İlinin Jeolojik Miras Değerleri*, (s.109-118). Jeoloji Mühendisleri Odası yayın no 152.
- Orhan, H ve Kozak, Y. (2023b). Uludağ buzul (Sirk) gölleri. H. Orhan (Ed.), *Bursa İlinin Jeolojik Miras Değerleri*, (s.119-123). Jeoloji Mühendisleri Odası yayın no 152.
- Orhan, H. (2023). Bursait. H. Orhan (Ed.), *Bursa İlinin Jeolojik Miras Değerleri*, (s.124-125). Jeoloji Mühendisleri Odası yayın no 152.
- Özkul, M. (2023). Jeoparklar ve jeoturizm. H. Orhan (Ed.), *Bursa İlinin Jeolojik Miras Değerleri*, (s.62-71). Jeoloji Mühendisleri Odası yayın no 152.
- Öztürk, M. Z. (2023). Uludağ'ın periglasial jeomorfolojisi. H. Orhan (Ed.), *Bursa İlinin Jeolojik Miras Değerleri*, (s.20-31). Jeoloji Mühendisleri Odası yayın no 152.
- Pişkin, A. İ. (1998). *Bursa-Uludağ volfram ve skarn mineralizasyonunun ekonomik değerlendirilmesi* [Yayınlanmamış Yüksek lisans tezi]. İstanbul Üniversitesi.
- Sarıyıldız, T., Parlak, S. ve Tanı, M. (2020). Bursa-Karacabey subasar ormanlarının kavak ve fıstıkçamı plantasyonlarına dönüştürülmesinin toprak karbon ve azot stoklarına etkisinin araştırılması. *Ağaç ve Orman*, 1(1), 28-35
- Seyitoğlu, G. ve Esat, K. (2023). Bursa Sıyrıma Fayı: Uludağ genişlemeli çekirdek kompleksi tanımlaması için anahtar konumda bulunan bir jeosit önerisi. H. Orhan (Ed.), *Bursa İlinin Jeolojik Miras Değerleri*, (s.91-98). Jeoloji Mühendisleri Odası yayın no 152.
- Tolun, R. (1955). A new mineral: Bursait. *Unesco Symp. Appl. Geol. Near East*, Ankara.
- URL-1, (16 Ağustos 2023). *T.C. Bursa Valiliği*. <http://www.bursa.gov.tr>
- URL-2, (06 Eylül 2025). *T.C. Bursa Valiliği*. Karacabey Longoz Ormanları. <http://www.bursa.gov.tr/karacabey-longoz-ormanlari>
- URL-3. <http://www.ivmminerals.org/public/images/bursa.jpg>
- URL-4, (16 Ağustos 2023). *Assignment Point*. Bursait: Properties and Occurrences <https://assignmentpoint.com/bursait-properties-occurrences/>
- URL-5, (16 Ağustos 2023). *Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü*. Tungsten – Volfram. (<https://www.mta.gov.tr/v3.0/metalik-madenler/tungsten-volfram>)
- URL-6, (09 Eylül 2025). *Arel Doğaltaş*. www.arelstone.com/tr.
- URL-7, (06 Eylül 2025). *Visit Bursa*. Sadağı Kanyonu. <https://visitbursa.org/tr/mekanlar/sadagi-kanyonu-23>
- URL-8, (12 Ağustos 2023). <https://gezgince.com/tr/gezinti/sadagi-kanyonu-ve-kaya-hamami/>
- URL-9, (16 Ağustos 2023). *Bursada Bugün*. <https://www.bursadabugun.com/haber/bursa-sansarak-kanyonu-hak-ettigi-degeri-bulacak-1323099.html>
- URL-10. (16 Ağustos 2023). *Sözcü*. <https://www.sozcü.com.tr/hayatim/yasam-haberleri/cennetten-bir-kose/>

URL-11. (16 Ağustos 2023). İnegöl Belediyesi.

<https://www.inegol.bel.tr/inegol/inegolde-gezilecek-yerler-inegol-rehberi/fevziye-kanyonu>

URL-12, (06 Eylül 2025). Visit Bursa. Tacir Kanyonu.

<https://visitbursa.org/tr/mekanlar/tacir-kanyonu-26>

URL-13, (06 Eylül 2025). Mustafakemalpaşa Belediyesi. Suuçtu Şelalesi.

<https://www.mustafakemalpaşa.bel.tr/mustafakemalpaşa/suuctu-selalesi>

Ustaoğlu, M. R., Balık, S., Sarı, H. M., Mis, D. Ö., Aygen, C., Özbek, M., İlhan, A., Taşdemir, Yıldız, A., S. ve Topkara, E. T. (2008). Uludağ (Bursa)'daki buzul gölleri ve akarsularında faunal bir çalışma. *E.Ü. Su Ürünleri Dergisi*, 25(4), 295–299.

Uzun, A. (1995). Uludağ'da Tor oluşumu. *Türkiye Coğrafya Dergisi*, 30, 53-65.



Uşak İlinin Jeosit Potansiyeli ve Jeomiras Değerleri
Geosite Potential and Geoheritage Assets of Uşak Province

Gözde Zorlu Dündar^{1*} , Selahattin Polat² 

¹ Uşak Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Coğrafya Ana Bilim Dalı, Uşak, Türkiye

² Uşak Üniversitesi, İnsan ve Toplum Bilimleri Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Uşak, Türkiye

• Geliş/Received: 16.10.2025 • Düzeltmiş Metin Geliş/Revised Manuscript Received: 09.02.2026 • Kabul/Accepted: 13.02.2026
• Çevrimiçi Yayın/Available online: 17.05.2026 • Baskı/Printed: 22.05.2026

Araştırma Makalesi/Research Article

Türkiye Jeol. Bül. / Geol. Bull. Turkey

Öz: Jeositler, geçmişten günümüze uzanan jeolojik veya jeomorfolojik olay, süreç ve özellikleri temsil eden; fosil toplulukları, mineraller, kayalar, yapısal unsurlar ve yüzey şekilleri gibi doğal öğeleri içerir. Ayrıca, antik taş ocakları, antik su yolları ve kaya meskenleri gibi kültürel unsurları da kapsamaktadır. Jeolojik miras/jeomiras ise; bilimsel, eğitsel ve peyzaj değeri açısından önem taşıyan, doğal veya insan kaynaklı tehditlere karşı sürdürülebilir bir yaklaşımla korunması gereken jeolojik- jeomorfolojik oluşumlardır.

Yaklaşık 5.341 km²'lik yüzölçümüne sahip Uşak ili sınırları içinde, jeomiras değeri bulunan ve jeoturizmin gelişimi için önemli bir potansiyel oluşturan doğal ve kültürel jeositler yer almaktadır. Uşak ilinde faylar, fay basamakları, bitki ve omurgalı hayvan fosil yatakları, pişme zonları ve alterasyon zonları gibi jeosit potansiyeli taşıyan unsurlar tespit edilmiştir. Bunlara ek olarak, travertenler, traverten konileri, dasit sütunları, peribacaları, kanyon vadiler, vadi içi yatak çukurları, badlands topografyası ile aşınım ve birikim kökenli karstik şekiller de incelenmiş ve jeosit sınıflandırması kapsamında değerlendirilerek morfolojik ve jeolojik özellikleri açıklanmıştır. Uşak ili, doğal süreçlerle oluşmuş jeosit çeşitliliğinin yanı sıra, kültürel ve tarihi mirastan kaynaklanan bir çeşitliliğe de sahiptir. Bu kapsamda, antik su yolları, antik yollar, antik taş ocakları, kaya mezarları, höyükler, tümülüsler ve kaya (mağara) yerleşimleri gibi kültürel jeositler belirlenmiş ve özellikleri detaylandırılmıştır.

ProGEO'nun jeosit sınıflandırmasına göre, araştırma alanında yedi farklı sınıfa ait toplam 64 jeositin tespit edilmiş olması, Uşak ilinin jeolojik, jeomorfolojik ve jeo-arkeolojik açıdan zengin bir doğal ve kültürel miras potansiyeli taşıdığını ortaya koymaktadır.

Anahtar Kelimeler: Jeomiras, jeomorfoloji, jeosit, jeoturizm, Uşak.

Abstract: Geosites encompass natural elements that represent geological or geomorphological events, processes, and features extending from the past to the present, including fossil assemblages, minerals, rocks, structural components, and landforms. They also include cultural elements such as ancient quarries, water channels, and rock dwellings. Geological heritage (geoheritage) consists of geological-geomorphological formations that possess significant scientific, educational, and landscape value and must be preserved against natural or anthropogenic threats through a sustainable approach.

Within the borders of Uşak province, which has a surface area of approximately 5,341 km², there are natural and cultural geosites that have geoheritage value and represent significant potential for the development of geotourism. Elements with geosite potential in Uşak province, including faults, fault scarps, plant and vertebrate fossil deposits, skarn zones, and alteration zones, were identified. In addition, landforms identified during fieldwork—namely travertines, travertine cones, dacite columns, fairy chimneys, canyon valleys, intra-valley bed depressions, badland

* Yazışma / Correspondence: gozdezorludundar@gmail.com

© 2026 JMO Her hakkı saklıdır/All rights reserved
<http://tjb.jmo.org.tr>
<http://dergipark.gov.tr/tjb>

topography, and erosion- and deposition-derived karstic forms—were examined, classified as geosites, and their morphological and geological characteristics were described. Uşak province hosts not only a diversity of geosites formed by natural processes but also a variety derived from cultural and historical heritage. In this context, cultural geosites such as ancient water channels, ancient roads, ancient quarries, rock tombs, mounds (höyük), tumuli, and rock (cave) settlements were identified and their characteristics detailed.

According to ProGEO's geosite classification, the identification of a total of 64 geosites from seven different classes in the research area demonstrates that Uşak province possesses a rich natural and cultural heritage potential from geological, geomorphological, and geoarchaeological perspectives.

Keywords: *Geoheritage, geosite, geotourism, geomorphology, Uşak.*

GİRİŞ

Jeositler, mineraller, kayalar, yapılar, istifler, fosil toplulukları, yer şekilleri veya arazi parçaları gibi güncel veya geçmişteki herhangi bir jeolojik süreç, özellik veya olayı temsil eden unsurlardır. Jeolojik miras ise, bilimsel öneme sahip, estetik veya görsel değer taşıyan, aynı zamanda doğal veya insan kaynaklı faktörlerle yok olma tehlikesi altında bulunan jeositler olarak tanımlanır (Wimbledon, 1996; Kazancı vd., 2015).

ProGEO (International Association for the Conservation of Geological Heritage) yer bilimlerinin tüm alt disiplinlerini kapsayacak şekilde, jeositleri on temel kategoride sınıflandırmıştır (ProGEO Group, 1998; Kazancı vd., 2015). Bu kategoriler şunlardır: a) stratigrafik, b) ortamsal, c) volkanik, metamorfik ve tortul kayaç petrolojisi, dokular, yapılar, olaylar ve provenanslar, d) mineralojik ve ekonomik, e) yapısal, f) jeomorfolojik yapılar, aşınma-depolanma süreçleri, yer şekilleri ve arazi manzaraları, g) göktaş kaynaklı olaylar, h) kıta ve okyanus ölçeğindeki olaylar ile levha tektoniği ilişkileri, i) denizaltı jeolojisi ve j) tarihi ve kültürel jeositler.

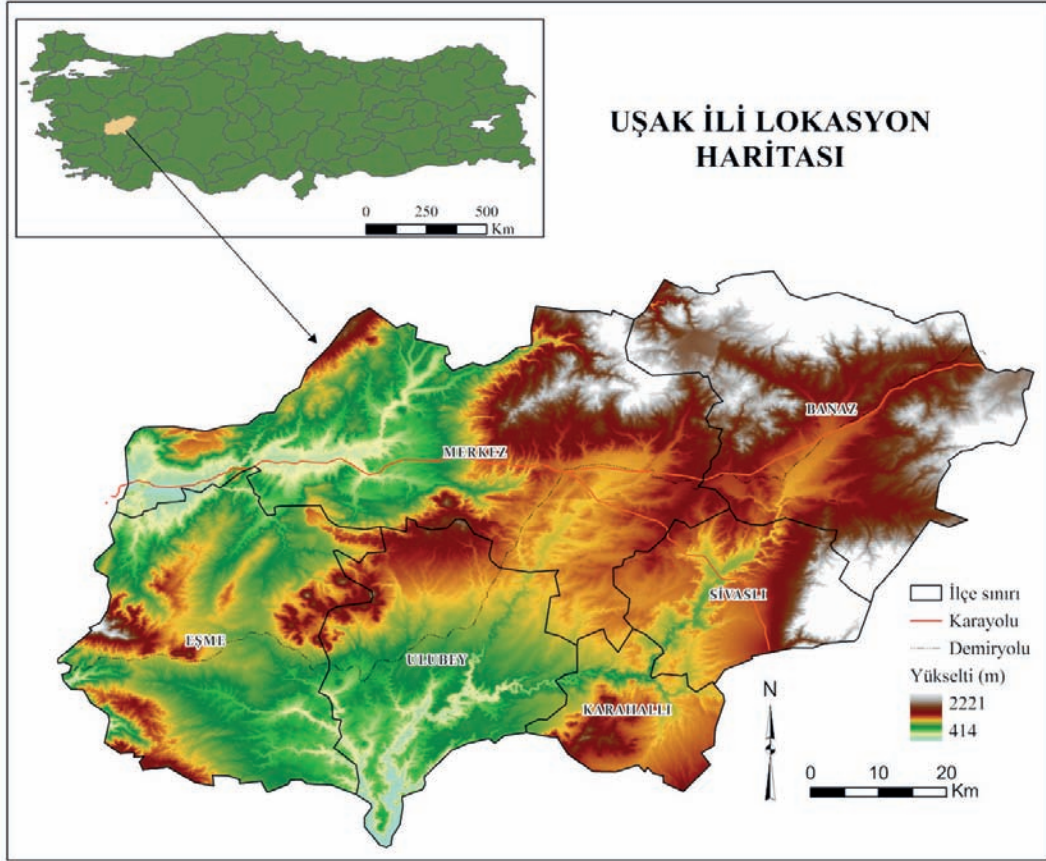
Jeolojik veya jeomorfolojik olay ile süreçlerin kanıtları olan jeositler, tanınması, korunması ve ziyaret edilmesi gereken alanlardır. Yok olma tehdidi altındaki ve korunması gereken jeositler “jeolojik miras” olarak kabul edilir. Bunlar, jeolojik geçmişi veya yer kabuğunun evrimini arazi, istif, mineral, kayaç, fosil, yer şekli, yapı, doku gibi somut verilerle ortaya koyarlar. Bu

oluşumlar, ülkeler için korunması gereken bilimsel değerler ve zenginlikler arasında yer alır (Kazancı ve Şaroğlu, 2009).

Jeositler; jeolojik oluşum özellikleri, görsel etkileycilikleri ve nadir bulunmaları nedeniyle korunması gereken doğal unsurlardandır. Farklı koruma statüleri altında değerlendirilseler de aynı zamanda yüksek jeoturizm potansiyelleri sayesinde ekonomik katkı sağlayabilen doğal kaynaklardır. Dünyada ve Türkiye’de jeosit olarak tanımlanan oluşumların sayısında ve bu alanlara olan ilgide son yıllarda belirgin bir artış gözlemlenmektedir.

Jeolojik miras (jeomiras) alanları, yer kabuğunun geçmişine ilişkin oluşumları barındıran ve zengin değerlere sahip olduğundan ayrıca doğa bilincinin oluşmasına katkı sağladığından dolayı gelecek nesillere aktarılması için koruma altına alınması gereken yerlerdir. Bilimsel, turizm, estetik-görsel ve eğitim değerleri olan jeomiras unsurlarını görmek amaçlı ziyaretçi çekmeleri, bu oluşumları jeoturizm potansiyeli açısından önemli kılar. Bu jeolojik miras alanlarına yapılan ziyaretler ve etkinlikler, eğitsel jeoturizm ve dinlence jeoturizmi olarak iki ana gruba ayrılmaktadır (Kazancı vd., 2015).

Uşak ili, Ege Bölgesi’nde, yaklaşık 38°10’–38°55’ K enlemleri ile 28°45’–30°01’ D boylamları arasında İç Batı Anadolu Eşiği üzerinde bulunur (Şekil 1). Kütahya, Denizli, Manisa ve Afyonkarahisar illeriyle çevrilidir. İlin yüzölçümü yaklaşık 5.341 km²’dir.



Şekil 1. Uşak İli lokasyon haritası.

Figure 1. Location map of Uşak province.

Bu çalışma, Uşak ilinin ulusal ve uluslararası düzeyde önem arz eden jeositleri ile jeomiras unsurlarını ayrıntılı olarak belirlenmesini amaçlamaktadır. Bunun yanı sıra, elde edilen sonuçların bölgedeki jeoturizm planlamalarına, belirlenebilecek jeoçizim rotalarına ve jeoyollara bilimsel bir temel oluşturması hedeflenmektedir.

GENEL JEOLJİK ÖZELLİKLER

Uşak ilinde, Paleozoyik, Mesozoyik ve Senozoyik dönemlerine ait metamorfik, magmatik ve sedimanter kökenli kaya birimleri yüzeylenmektedir (Şekil 2).

Eşme Formasyonu

Sahanın temelini, Paleozoyik yaşlı Eşme Formasyonu oluşturur. Eşme Formasyonu, mikalı gözlü gnayslar, mikaca zengin gnayslar, kuvars-feldispat-mika şistler, kalkşistler, granatlı mikaşistler, en üst seviyelerde ise klorit-serisit şist ve kuvarsitler meydana getirir (Şekil 3a ve b). Formasyon, tipik olarak Eşme ilçesinin batısında yüzeylendiği için bu ad verilmiştir (Ercan vd., 1978). Hem gözlü gnayslar hem de örtü şistleri, ilin batısında Eşme ilçesinde KD-GB uzanımlı bir kuşak boyunca yüzeylenmektedir. Uşak'ın kuzeybatısında Kızıl Dağ, Adıgüzel Barajı'nın yukarı kesimi, Sivasslı ilçesinde Eldeniz, Cinoğlu ve Ketenlik köyleri çevresi birimin yüzeylenmiş

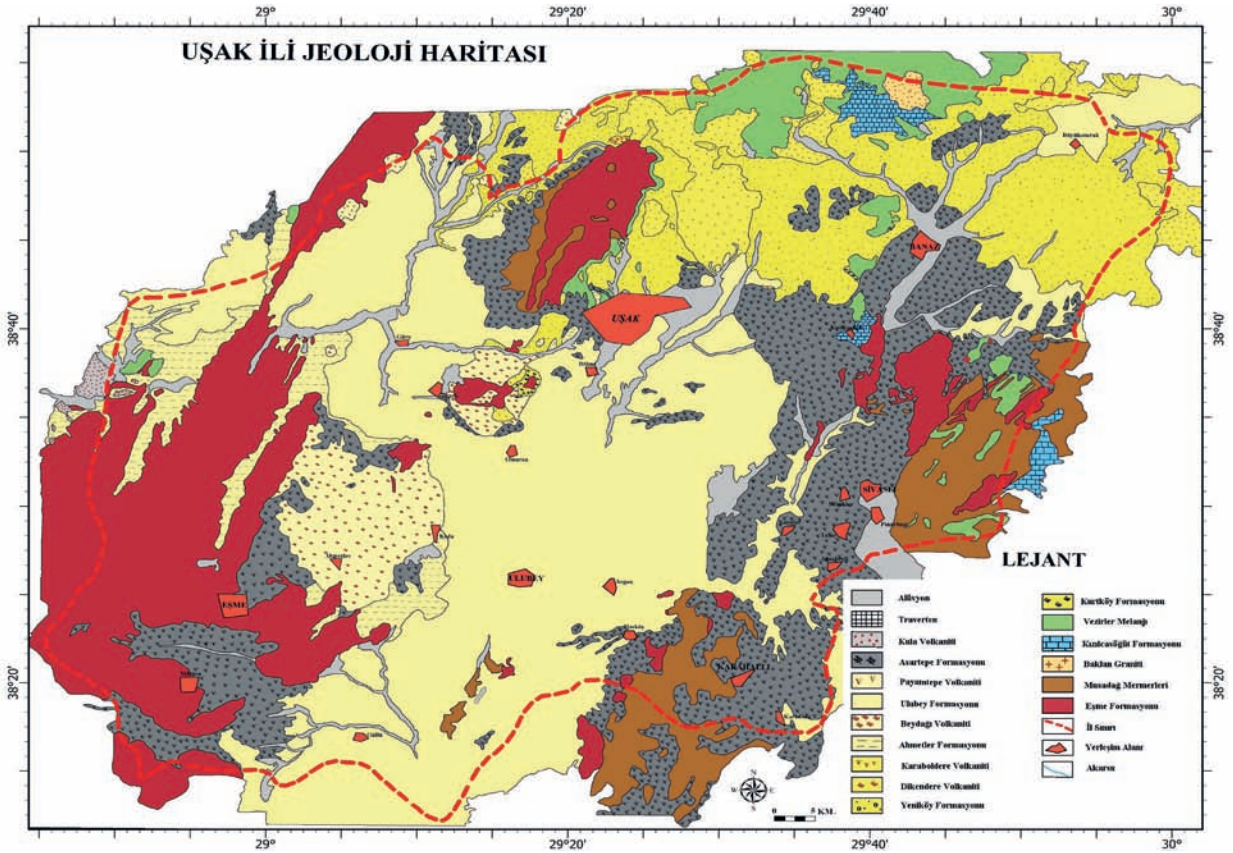
olduğu yerlerdir. Gözlü gnayslar, tektonik etkiler sonucunda Kısıık köyü doğusundaki İmren Dere vadisinde ve Gediz Çayı'nın oluşturduğu Çataltepe Boğazı'nın alt kesimlerinde yüzeylenme imkânı bulmuştur. Menderes Masifi'nin çekirdeğini oluşturan gözlü gnays ve gnayslarla örtü şistler, birbirinden ayırt edilmemiş olup tamamı Eşme Formasyonu adı altında gruplandırılmıştır (Ercan vd., 1978).

Musadağı Mermerleri

Paleozoyik'in son dönemi olan Permilen'de oluşmaya başlayan ve Mesozoyik'in ilk dönemi Triyas'ta oluşumunu sürdüren beyaz, bej, açık gri, koyu gri, mavi renkli mermerlerden oluşan birimi, Karahallı batısındaki Musadağı Tepe'den (939 m) dolayı Ercan vd. (1978) Musadağı mermerleri,

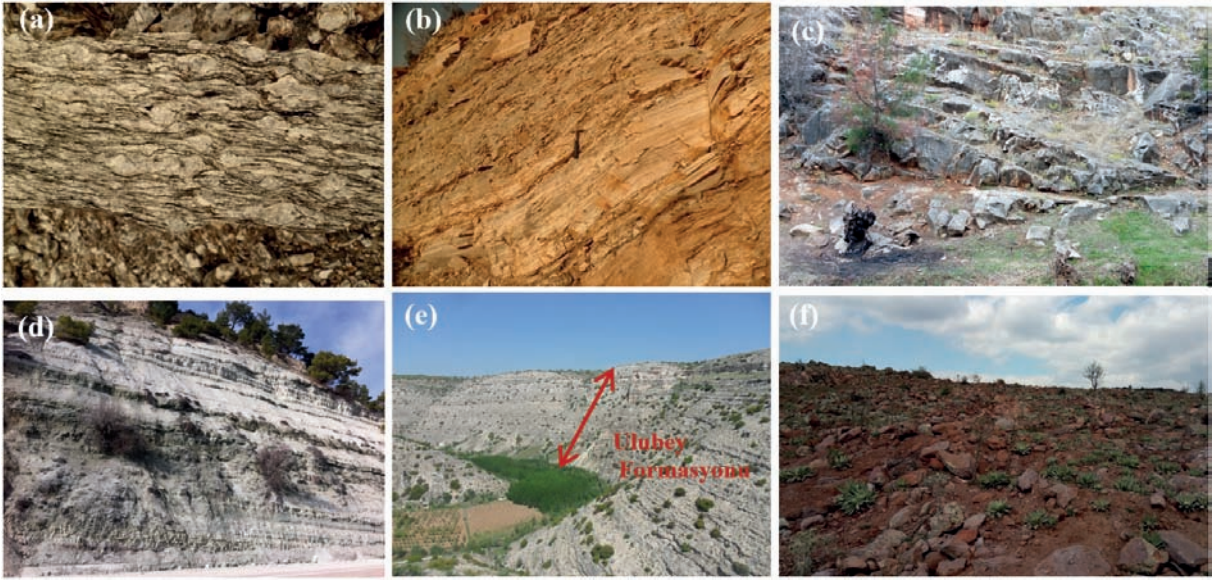
Konak vd. (1986) ise Karahallı Formasyonu olarak adlandırmıştır. Mermerler, Karahallı ilçesinde geniş bir yayılıma sahiptir. Bulkaz Dağı, Ulubey ilçesi Çamlıbel ve Hanyeri çevresinde Banaz Çayı vadisi mermerlerin mostra verdiği yerlerdir (Şekil 3c). Söz konusu mermerlerin içinde herhangi bir fosil bulunmamakla birlikte, yakın çevrede yapılan çalışmalarda (Akkuş, 1962; Kalafatçioğlu, 1962; Boray vd., 1973) birim içinde Permilen ve Triyas'a ait fosillere rastlanmıştır. Birime Akkuş (1962) Mesozoyik, Kalafatçioğlu (1962) Permilen-Mesozoyik, Boray vd. (1973) ise Üst Triyas yaşını vermişlerdir (Ercan vd., 1978).

Menderes Masifi metamorfiteilerinin üzerinde Jura ve Kretase yaşlı kaya birimleri durur. Bunlar, Orta-Üst Jura yaşlı Kızılcaşöğüt Formasyonu ile Üst Kretase yaşlı Vezirler Melanjı'dır.



Şekil 2. Uşak ili jeoloji haritası. (Ercan vd., 1978'den değiştirilerek).

Figure 2. Geological map of Uşak province (Modified from Ercan et al., 1978).



Şekil 3.a) Menderes Masifi'nin çekirdeğine ait gözlü gnayslar (Üçkuyular kuzeyi), **b)** Eşme Formasyonu'nu oluşturan şistler, **c)** Musadağı mermerleri, **d)** Ahmetler Formasyonu (Çatalbayır köyü batısı, Selendi-Uşak karayolu), **e)** Orta Miyosen yaşlı Ulubey Formasyonu, **f)** Aglomera, andezitik lav ve tüfleri içeren Beydağı volkaniti.

Figure 3.a) Augen gneisses belonging to the core of the Menderes Massif (north of Üçkuyular), **b)** Schists constituting the Eşme Formation, **c)** Musadağı marbles, **d)** Ahmetler Formation (West of Çatalbayır village, Selendi-Uşak highway), **e)** The Middle Miocene Ulubey Formation, **f)** The Beydağ Volcanic Unit, containing agglomerate, andesitic lava, and tuffs.

Kızılcasöğüt Formasyonu

Kızılcasöğüt Formasyonu, Musadağı mermerleri üzerine uyumsuz olarak gelir. Gri-mavimsi ve beyaz renkli denizel ortamda çökelmiş dolomitik kireçtaşlarından oluşan birim, masif ve tabakalı bir yapı sergiler. Banaz İlçesi'ne bağlı Kızılcasöğüt beldesi çevresinde ve Çokrağan kaynağı yakınındaki Çalüstü Tepe'de yüzeylenir. Bingöl (1977)'in, Çiçeklikaya dolomitik kireçtaşı üyesi olarak adlandırdığı birimde Orta-Üst Jura yaşını veren fosiller tespit etmiştir. Kireçtaşları, Vezirler melanjı ile tektonik dokanaklı olup Baklan graniti tarafından kesilmiştir.

Vezirler Melanjı

Vezirler Melanjı çeşitli boyutlarda ultramafik kayalar (harzburjit, dünit, lertzolit), radyolarit, pembe renkli çörtlü kireçtaşı, çamurtaşı, spilit-tüf,

magnezit ve mermer gibi farklı litolojik birimler içerir (Ercan vd., 1978; Başarı, 1982). Bingöl (1977)'in Muratdağı Melanjı, Ercan vd. (1978) Vezirler Melanjı olarak adlandırdığı ofiyolitli melanj, Uşak batısında Huzurpark kuzeyinden itibaren yüzeylemeye başlar. Vezirler mahallesi, Sorkun, Belkaya, Dağyenice köyleri dolaylarında yüzeylemeler verir. Banaz kuzeybatısında Kapıdağ'da ve en geniş yüzeylenmeyi ise Murat Dağı'nda yapmaktadır.

Melanjin oluşumu ve bölgeye yerleşimi sırasındaki tektonik etkiler nedeniyle kaya birimlerinin ilksel stratigrafik ilişkileri bozulmuştur. Melanjın yerleşim yaşını Akdeniz ve Konak (1979), Günay vd. (1986) Maastrichtiyen-Eosen, Ercan vd. (1978) Senomaniyen'den daha genç olduğunu, Öztürk vd. (2003) Üst Kretase, Aydoğan vd. (2008) ise Kretase kabul edilmiştir. Bingöl (1977) ise melanja 70 my. yerleşim yaşı vermiştir.

Baklan Graniti

Bahadır köyü kuzeybatısında Baklan Tepe (1964 m) çevresinde yer alır. Baklan Graniti, granodiyoritik bileşime sahip Uşak ilindeki tek plütonik küttedir. Granitler yaklaşık 15 km² lik bir alanda mostra verir. Kütle, Kızılcasöğüt Formasyonu ve Vezirler Melanjını keserek sokulum yapmış ve temas ettiği kayalarda metamorfizmaya neden olmuştur. Bingöl (1977), Sr/Rb yöntemine göre granitin 52 ± 7 milyon yıl yaşında olduğunu ve Paleosen-Eosen aralığında yerleştiğini öne sürerken; Aydoğan vd. (2008) ise K-Ar yöntemine dayanarak 17.8 ± 0.7 ile 19.4 ± 0.9 Milyon yıl (Erken Miyosen) yaşını önermişlerdir.

Neojen Birimleri

İl arazisinde Alt Miyosen'den Pliyosen'e kadar uzanan aralıkta çökelmiş tortul ve volkanik birimler yüzeylenmektedir. Ercan vd. (1978) tarafından bu birimler; Hacıbekir Grubu ve İnay Grubu adı altında incelenmiştir. Hacıbekir Grubu'nu, akarsu-göl ortamında çökelmiş konglomera, kumtaşı ve çamurtaşı tortulları ve volkanitler meydana getirir. Grupta Kürtköyü Formasyonu, Yeniköy Formasyonu, Dikendere Volkanitleri, Küçükderbent Formasyonu ve Karaboldere Volkanitleri yer alır.

Kürtköy Formasyonu

Formasyon, alüvyon yelpazesi ve nehir yatağı ortamını temsil eden kumtaşı ve çakıltaşlarından oluşur. Birim altta blok ve çakıllarından oluşan yeşil renkli tek kökenli konglomeralarla başlamakta, çeşitli çakılları içeren az yuvarlaklaşmış, çok kökenli konglomeralarla devam etmektedir (Ercan vd., 1978). Formasyon Uşak ile Sorkun köyü arasındaki yol yarmasında tip kesitini vermektedir. Kürtköyü Formasyonu üzerinde uyumlu olarak Yeniköy Formasyonu çökelleri yer aldığından,

yaşı Alt Miyosen kabul edilmiştir (Ercan vd., 1978).

Yeniköy Formasyonu

Formasyon açık sarı, beyaz, açık yeşilimsi, kirli beyaz renk tonlarında gözlenen kumtaşı, çakıltaşı, marn, killi kireçtaşlarından meydana gelir. İstif içinde yer yer kömür tabakaları bulunur. Bu kömür mercekleri, bataklık ve akarsu çökelmeleri arasındaki etkileşimi yansıtmaktadır. Özellikle Ahırdağı batı eteklerinde geniş bir yayılım gösterir. Kürtköyü Formasyonu üzerine uyumlu olarak gelir. Ercan vd. (1978), Günay vd. (1986), Seyitoğlu (1997) Orta-Üst Miyosen, Bingöl (1977) Orta Miyosen, Ersoy ve Helvacı (2007) ile Karaoğlu ve Helvacı (2012) Alt Miyosen yaşını vermişlerdir.

Küçükderbent Formasyonu

Yeniköy Formasyonu üzerinde uyumlu olarak gelen Küçükderbent Formasyonu kireçtaşı ve karbonatlı kiltası-silttaşının oluşturduğu gölsel çökellerden oluşur. Kumtaşı, kiltası, tüfit, bitümlü şeyl, çamurtaşı ara düzeyleri de kapsar. Küçükderbent Formasyonu, yer yer jipsli düzeyler içerir (Ercan vd., 1978). Derbent, İlyaslı çevresi istifin en iyi gözleendiği yerlerdir. Bitümlü şeyl düzeylerindeki yaprak, ostracod ve balık fosilleri ile kömür düzeylerinden aldıkları spor ve polenlere dayanarak formasyona Üst Miyosen yaşı atfedilmiştir (Ercan vd., 1978).

Dikendere Volkanitleri

Dikendere Volkanitleri riyolit, riyodasit, andezit, traki-andezitik lav ve tüflerden ibarettir. Yukarıkaracahisar köyü çevresinde, Uşak kuzeyinde Dikendere vadisinde yüzeylenir. Birime Ercan vd. (1977, 1978) Orta Miyosen, Bingöl (1977) radyometrik yaş tayinine göre 16-20 my. yaşını vermiştir.

Karaboldere Volkanitleri

Riyodasit-trakiandezit ve andezitik türde lav, tuf ve aglomeralardan oluşur. Volkanizma, gölsel ortamda Küçükderbent formasyonunun tortullarının çökelişi sürerken başlamış, yer yer göle tuf gerci de vermiştir. Uşak kuzeyinde Elmadağ'da ve güneyde Karabol köyü yöresinde geniş alanlarda yüzlek verir. Üst Miyosen yaşı kabul edilmiştir (Ercan vd., 1977).

Ercan vd. (1978) tarafından tanımlanmış İnay Grubu ise altta akarsu-göl ortamını temsil eden Ahmetler Formasyonu, gölsel kireçtaşlarından oluşan Ulubey Formasyonu ve Beydağı volkanitlerinden ibarettir.

Ahmetler Formasyonu

Ercan vd. (1978) tarafından tanımlanan Alt-Orta Miyosen yaşlı birim sellenme ve kaymalar ile moloz akması çökellerinden oluşan Merdivenlikuyu üyesi, konglomera, kumtaşı, tüfit, kıltaşı, marn ve kireçtaşları ve akarsu çökellerinden oluşan Balçıklıdere üyesi ve silttaşı, kıltaşı, tüfitlerden oluşan gölsel ortamı yansıtan Gedikler üyesi olmak üzere üç üyeye ayrılmıştır (Şekil 3d). Gedikler üyesi jips mercekleri içerir. Formasyonun kalınlığı 400 m'ye kadar ulaşır (Göktaş vd., 2025). Formasyonunun havza kenarı tortulları, Beydağı Volkanitleri üzerinde çökelmiştir (Karaoğlu ve Helvacı, 2012). Ulubey formasyonuna ait gölsel kireçtaşları ile yanal ve düşey geçişlidir.

Ulubey Formasyonu

Ulubey Formasyonu gri, bej ve kalın ile çok kalın tabakalı ve masif yapıya bol karstik boşluklu gölsel kireçtaşlarından ibarettir (Şekil 3e). Uşak ili arazisinde en geniş yayılışa sahip olan bu formasyon, genellikle yatay veya yataya yakın konumda olmakla birlikte, Clandras Su Kemerini ile

Yayalar köyü arasında gevşek kıvrımlı bir yapıya sahiptir. Birim diyatomit mercekleri ile gastropod ve lamellibranch fosilleri içermektedir (Ercan vd., 1978). Ulubey Formasyonu'nun kalınlığı yaklaşık 300 m'ye ulaşmaktadır. İstif, Ahmetler Formasyonu ile yanal ve düşey yönde geçişlidir. Asartepe Formasyonu ise uyumsuz olarak gelir. Ercan vd. (1978) Ulubey Formasyonu için Pliyosen yaşı öngörülürken, Seyitoğlu vd. (2009) yaptıkları çalışmalarla formasyonun Orta Miyosen yaşta olduğunu ortaya koymuşlardır.

Beydağı Volkanitleri

Andezit, trakiandezit, riyolit, riyodasit, dasit, tuf ve aglomeralardan oluşur. Aglomeraların içerisinde Menderes Masifi'ne ait metamorfik kayaç bileşenlerine rastlanmaktadır. Alt-Orta Miyosen zamanındaki volkanizmanın eseri olan bu volkanitler İtecik Tepe (1250 m), Kışladağı (1298 m), Beydağı (1210 m) ve çevresinde geniş mostra verir. Seyitoğlu (1997) birimin yaşını Alt-Orta Miyosen olarak belirlemiştir (Şekil 3f).

Asartepe Formasyonu

Asartepe Formasyonu; kırmızımsı kahverengi, turuncu ve yer yer beyaz renkli, gevşek kireç-tuf-kil çimentolu, orta-kalın ve zayıf tabakalı, polijenik, yarı yuvarlaklaşmış çakıllı konglomera-kumtaşı ve çamurtaşı araldanmalı, ince marnlı-kireçli seviyeler içeren akarsu kökenli çökellerden meydana gelir. Alüvyal yelpaze ortamında çökelmiştir. Formasyon içerisinde kanal dolguları gözlenmektedir (Ercan vd., 1978). Ulubey Formasyonu üzerinde uyumsuz bir şekilde yer alır. Ercan vd. (1978) tarafından Pliyosen yaşı verilen bu formasyon son zamanlarda yapılan çalışmalar ve bulunan fosiller ile Üst Miyosen döneminde özellikle Vallesiyen ve Turoliyen (~9 Ma) arasında geliştiği tespit edilmiştir (Şen vd., 1994; Seyitoğlu vd., 2009; Alçiçek vd., 2019; Tarhan, 2021; Göktaş vd., 2025).

Payamtepe Volkanitleri

Üst Pliyosen’de iklimin kuraklaşması sonucu göllerin kurumasını ve kireçtaşlarının litifikasyonunu takiben, sahada yeni bir volkanik evre başlamıştır. Bu evrede, Payamtepe volkanitleri olarak adlandırılan bazaltik lavlar ile az miktarda tüf ve aglomera oluşmuştur (Ercan vd., 1978). Payamtepe volkanitleri, Zahmanlar köyü batısında Payamtepe’de, Üçkuyular köyü Adiyeler mahallesi çevresinde, Eynehan ve Göğem köyü yakınlarında görülmektedir. Tortul formasyonlarla olan ilişkilerine dayanarak Üst Pliyosen yaşlı olduğu sonucuna varılmıştır (Ercan vd., 1977).

Kuvaterner

Sahada Kuvaterner, travertenler, taraça depoları, yamaç molozları ve eski-yeni alüvyonlar (Üst Kuvaterner) ile temsil edilmektedir (Ercan vd., 1978; Gökğöz vd., 2011). Travertenler Aksaz, Hanyeri, Örencik, Akbulak, Hasköy, Hamamboğazi, Derbent köyü Karakaya Mahallesi güneyi, Sürmecik (Gedikler) ve Öksüz-Kızılcaşöğüt arasında Bağarası mevkiinde termal ve mineralli sular tarafından çökeltilmişlerdir. Banaz ilçesi Kızılcaören köyü güneybatısındaki Sürmecik (Uyuzhamamı) ve çevresi, travertenlerin en geniş yüzeylendiği alanlardan biridir. Maksimum 10 m kalınlığındaki travertenler içinde bulunan çeşitli omurgalı hayvan fosilleri ile Paleolitik Çağ’a ait yontmataş aletler, birimin Alt-Orta Kuvaterner yaşında olduğunu işaret etmektedir.

UŞAK İLİ JEOSİTLERİ

Uşak ilinde ProGEO’nun jeosit sınıflandırmasına göre yedi farklı sınıfta toplam 64 jeosit bulunmaktadır (Şekil 4). Bu sınıflar şunlardır: Grup a: Stratigrafik, Grup b: Ortamsal, Grup c: Volkanik, Metamorfik ve Tortul Petroloji; Dokular ve Yapılar; Olaylar ve Provenanslar, Grup d: Minerolojik, Ekonomik, Grup e: Yapısal, Grup

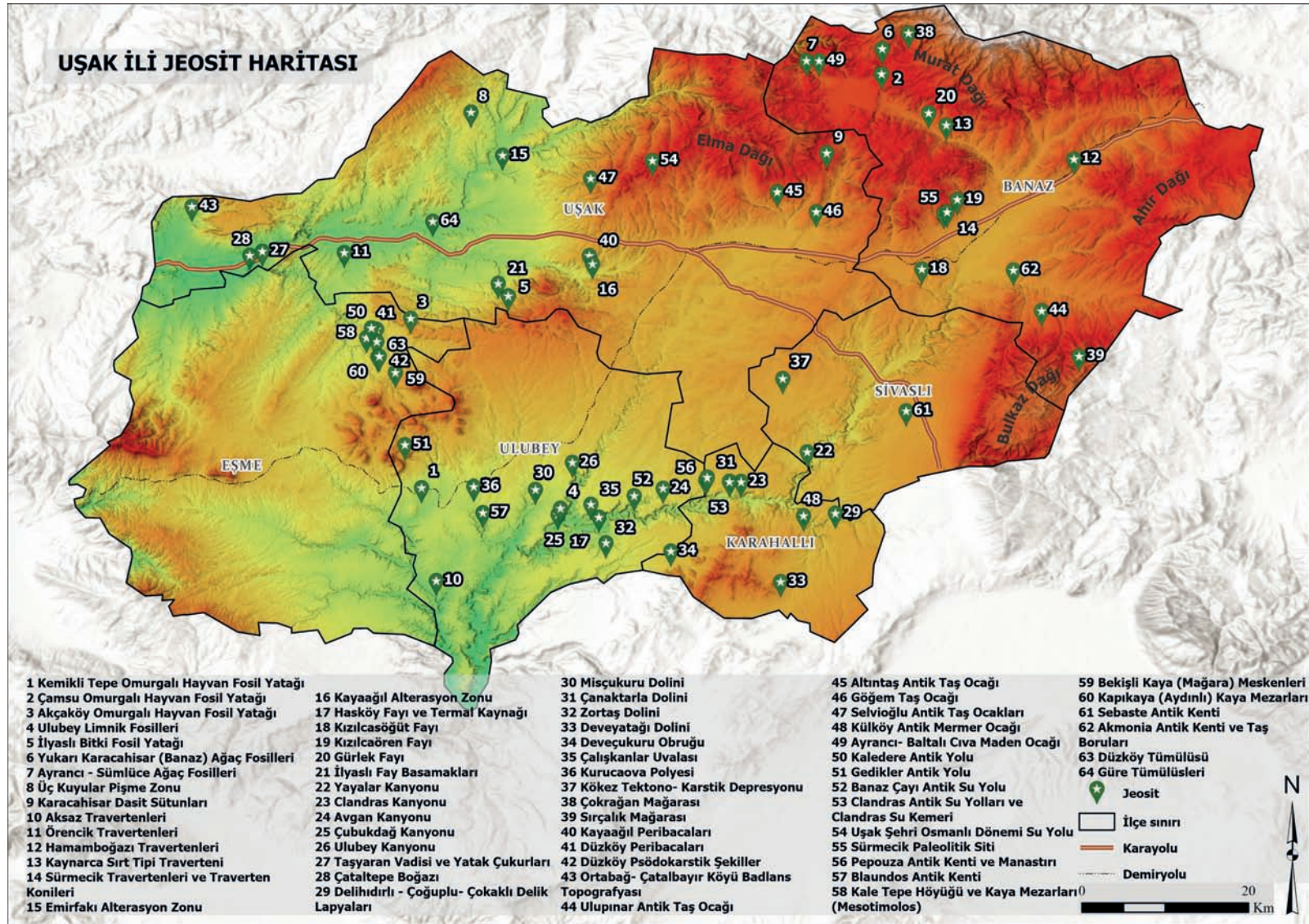
f: Jeomorfolojik Yapılar, Aşınma ve Depolanma Süreçleri, Yer Şekilleri ve Arazi Manzaraları ve Grup g: Tarihi ve Kültürel.

Paleontolojik Jeositler

Paleontolojik jeositlerin, tanıtılması ve korunması gerekmektedir. Bunlardan memeli fosilleri, biyokronolojinin oluşturulmasına, paleoekoloji ve paleoklimatolojinin anlaşılmasına ve sonuçta paleocoğrafyanın aydınlatılmasına katkı sağlamaktadır. Türkiye’de günümüze kadar yaklaşık 424 memeli fosil yatağı tespit edilmiştir. Bunların büyük bir kısmı Neojen’e sadece 34 bulgu yeri ise Pleyistosen zamanına aittir (Kaya ve Saraç, 2007). Uşak il sınırları içerisinde yer alan paleontolojik jeositler, bilimsel açıdan taşıdıkları önemin yanı sıra yerbilimleri eğitimi kapsamında değerlendirilebilecek yüksek jeosit potansiyeline sahiptir (*Grup a*).

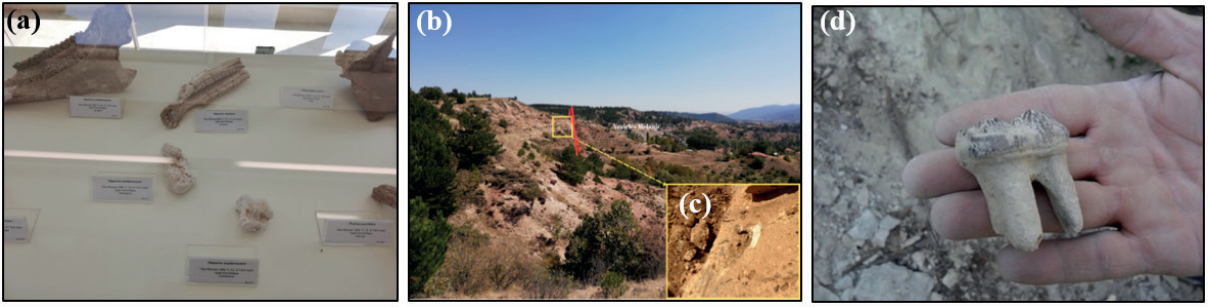
Kemikli Tepe omurgalı (vertebreli) hayvan fosili yatağı

Fosil yatağı, Ulubey’in Karacaahmet köyünün 4,5 km güneybatısında, Balçıklı derenin batı yamacında yer almaktadır. Sahada 29 farklı memeli hayvana ait fosil bulunmuştur. Biyostratigrafik ve magnetostratigrafik çalışmalara göre Kemiklitepe fosil lokalitesine Üst Miyosen yaşı verilmiştir (Yalçınlar, 1983; Ozansoy, 1969; Ercan vd., 1978; Tuna, 1985; Şen vd., 1994; Seyitoğlu vd., 2009). Fosillerin lokalitesi Asartepe Formasyonu’na aittir. Dolayısıyla Asartepe Formasyonu’nun yaşı da Üst Miyosen’dir. Kemiklitepe fosil sahasında Seyitoğlu vd. (2009) tarafından elde edilen bulgulara göre, genel olarak deforme olmamış İnay Grubu’nun yaşı da “Alt-Orta Miyosen” olması gerektiği ortaya konulmuştur. Kemikli Tepe omurgalı biyozonuna ait fosillerin bir kısmı MTA Genel Müdürlüğü binasında sergilenmektedir (Şekil 5a). Saha, 06.10.2020 tarih ve 31266 sayılı Resmî Gazete’de yayımlanan karar ile “Kesin Korunacak Hassas Alan” olarak ilan edilmiştir.



Şekil 4. Uşak ili jeosit haritası.

Figure 4. Geosite map of Uşak province.



Şekil 5. a) MTA Genel Müdürlüğü binasında sergilenen Kemikli Tepe omurgalı hayvan fosilleri, b) Çamsu Omurgalı Hayvan Fossil Yatağı ve eğim atımlı fay, c) Kumtaşları içinde fossil ve fay düzlemi, d) Konglomera ve kumtaşı tabakaları içinde yer alan Akçaköy Omurgalı hayvan fosilleri.

Figure 5. a) Kemikli Tepe vertebrate fossils on display at the MTA General Directorate Building b) The Çamsu vertebrate fossil bed and a dip-slip fault, c) Fossil and fault plane within the sandstones, d) Akçaköy vertebrate fossils found within conglomerate and sandstone layers.

Çamsu omurgalı hayvan fosil yatağı

Banaz İlçesi'ne bağlı Çamsu köyünün batı kesiminde kırmızı ve bej renkli marn ile konglomeralar içerisinde bulunmaktadır. Fossil yatağı, Arifçeşmesi mevkiinde ilk defa 1969 yılında Yalçınlar (1983) tarafından tespit edilmiştir. Sahada *Hipparion gracile*, *Gazella* sp. ve Carnivora takımına ait fosiller tanımlanmıştır. Fosiller, Çamsu köyünün kuzeyinde doğu-batı yönünde uzanan eğim atımlı fayın düzlemi üzerinde gözlenmektedir (Şekil 5b ve c).

Akçaköy omurgalı hayvan fosil yatağı

Yalçınlar (1947) tarafından tespit edilen fosil yatağı, Uşak'ın 30 km güneybatısında Akçaköy-Karacaömerli-Tepeköy arasında yer almaktadır. Kemik fosilleri Akçaköy mezarlığı ve yerleşimin kuzeyindeki Ayrıklıöz dere vadisinin üst kesimlerinde dağınık halde gözlenmektedir. Bu alan, Türkiye'nin en zengin omurgalı fosil yataklarından biri olarak kabul edilmektedir (Yalçınlar, 1983). Yatakta başlıca; *Mastodon* sp., *Aceratherium* sp., *Rhinoceros* sp., *Hipparion gracile*, *Palaeoreas* sp. ve *Gazella* sp. fosilleri tanımlanmıştır (Yalçınlar, 1946; Yalçınlar, 1983) (Şekil 5d).

Ulubey gölsel (limnik) fosilleri

Ulubey Çayı ve Yavru Çayı'nın oluşturduğu kanyonlarda, pembe ve nispeten gri renkli kireçtaşları içinde *Planorbarius cornu* Brongn, *Bulimus phrygius* Fischer, *Lymnaea (Stragnicola)* sp. aff. *palustris* Müller, *Segmentina* sp., *Planorbis (Planorbis)* sp., *Valvata* sp. ve *Pisidium* sp. fosilleri bulunmaktadır. Gölsel fosillere, Ulubey Formasyonu'nun yayılış gösterdiği alanlarda rastlanılır. Ancak belirlenen konumda yoğun olarak bulunması ve net bir şekilde izlenmesi jeosit olma değerini arttırmaktadır (Şekil 6a).

İlyaslı bitki fosil yatağı

Fosiller, İlyaslı köyünün güneydoğusunda yer alan linyit ocağında ince taneli, ince tabakalı, laminalı kumtaşı, silttaşı, kiltası ve marnlardan oluşan, yer yer linyit seviyeleri içeren sedimanter istif içerisinde çeşitli bitki, yaprak ve dal parçalarını içermektedir. Birim gölsel ortamda oluşmuş olup, bu bitki fosilleri yörenin paleoflorası hakkında önemli ipuçları sunmaktadır.



Şekil 6. a) Orta Miyosen yaşlı Ulubey gösel fosilleri. **b ve c)** *Sequoioxylon*'lara ait silisleşmiş ağaç fosilleri, **(d)** Ayrancı-Sümlüce'de bulunan çam (*Pinuxylon*) cinsine ait ağaç fosilleri (85 x 65 cm boyutlarında).

Figure 6. a) *Ulubey Limnic fossils of Middle Miocene age. b & c)* *Silicified tree fossils belonging to Sequoioxylon, d)* *Tree fossils of the pine (Pinuxylon) genus found in Ayrancı-Sümlüce (measuring 85 × 65 cm).*

Yukarı Karacahisar (Banaz) ağaç fosilleri

Yukarı Karacahisar ağaç fosilleri, Uşak'ın kuzeydoğusunda ve 40 km mesafededir. Fosiller, Küçükler Baraj Gölü'nün batısında ve yaklaşık 3,1 km²'lik bir alanda dağınık halde bulunmaktadır (Polat vd., 2019). Bingöl (1977)'nin Muratdağı melanjı olarak nitelendirdiği ofiyolitli karışığın üst seviyelerinde kırmızı ve kahverengi renkleriyle dikkat çeken, yaklaşık 30 m kalınlığa ulaşan, nikel, kobalt ve demir cevheri içeren lateritik birikimler içerisinde bulunmaktadır. Silisleşmiş ağaç fosillerinin, *Sequoioxylon* cinsine ait olduğu belirlenmiştir (Şekil 6b ve c). Alanda farklı ağaç türlerine ait fosil bulgusuna rastlanılmamış olması sekoya türünün saf topluluk oluşturduğunu işaret etmektedir. Fosiller, Eosen-Oligosen (Paleojen) dönemine ait orman yapısı, iklim özellikleri ve toprak koşulları hakkında önemli veriler sunmaktadır. Ayrıca söz konusu zamanda bölge ikliminin ılıman karakterde olduğunu göstermektedir (Polat vd., 2019).

Ayrancı (Combur)-Sümlüce ağaç fosilleri

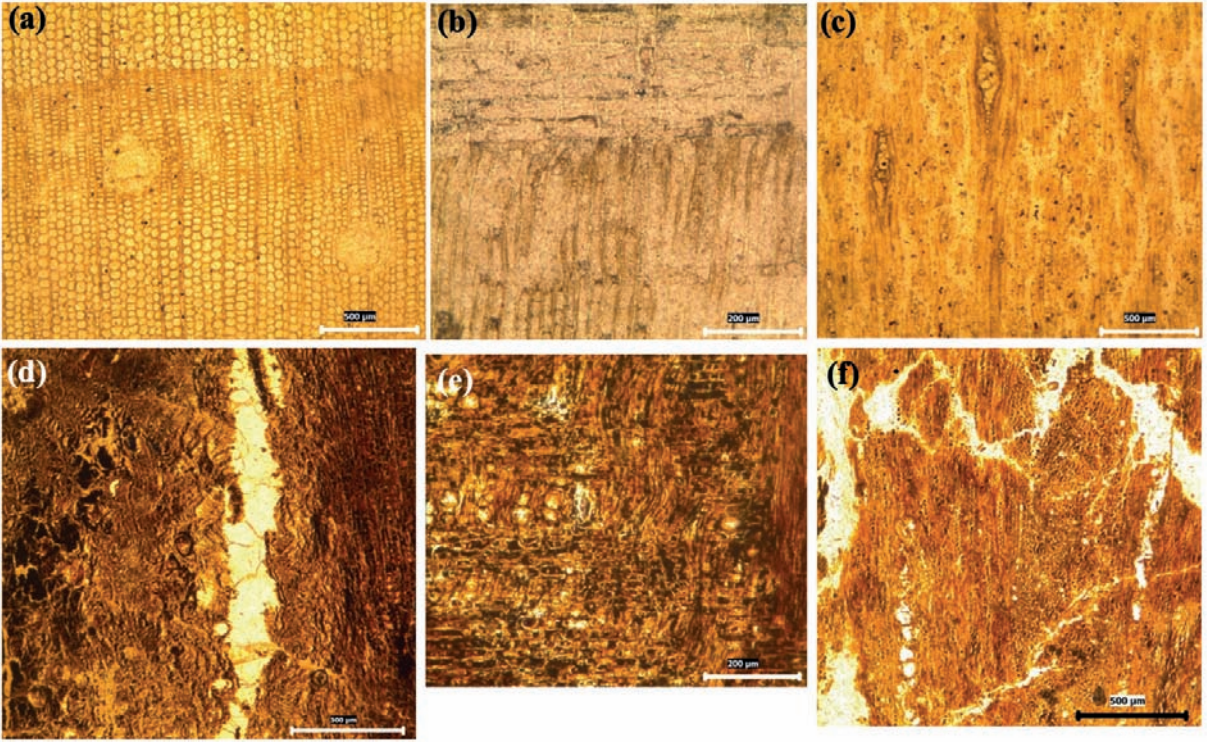
Ayrancı, köyünün batısında Sümlüce mevkiinde tespit edilmiştir (38,865745°K-29,526815° D). İki büyük petrifiye bloktan biri 85 x 65 cm, diğeri ise 60 x 58 cm boyutlarındadır (Şekil 6d).

Arazide çok sayıda küçük boyutlu ağaç fosilleri gözlemlenmektedir.

İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Orman Fakültesi Orman Botaniği Anabilim Dalı laboratuvarında yapılan analizler, petrifiye örneklerinin çam (*Pinuxylon*) (Şekil 7a, b ve c) ve meşe (*Quercoxylon*) cinsine (Şekil 7d, e ve f) ait olduğunu ortaya koymuştur. Fosiller, açık sarı, yeşil ve gri renkli konglomera, kumtaşı, killi kireçtaşı ve tuf ara katmanları içeren Yeniköy Formasyonu içinde bulunmaktadır. Fosillerdeki odun dokusu iyi korunmuştur. Saha güneyindeki Elmadağı merkezli volkanizmanın, ağaçların fosilleşmesinde etkili olduğu anlaşılmaktadır.

Üç Kuyular Pişme Zonu

Yeniköy Formasyonu ile metamorfik kayalar arasındaki temas, Kıran-Kadıoğlu-Kurtçamı bölgesinde belirgin şekilde izlenebilen düşük açılı bir normal fay (K40-55°D) ile temsil edilmektedir. Bu fay sistemi sonucunda, Adiyeler Mahallesi doğusunda ve Zahman köyü kuzeyindeki Payam Tepe'de (1027 m) volkanik aktiviteler gerçekleşmiştir. Seyitoğlu (1997), K/Ar tarihleme yöntemiyle trakiandezitik lavların $15,5 \pm 0,4$ milyon yıl yaşında olduğunu belirlemiştir.



Şekil 7. *Pinuxylon* cinsine ait kesitler: **a)** Enine kesit, **b)** Radyal kesit, **c)** Teğet kesit. *Quercoxylon* cinsine ait kesitler: **d)** Enine kesit, **e)** Radyal kesit **f)** Teğet kesit.

Figure 7. Sections belonging to the genus *Pinuxylon*: **a)** Transverse section, **b)** Radial section, **c)** Tangential section. Sections belonging to the genus *Quercoxylon*: **d)** Transverse section, **e)** Radial section, **f)** Tangential section.

Üçkuyular köyü Adiyeler mahallesi yakınındaki Güllügedik Tepe (850 m) ve Kocakale Tepe (914 m) gibi yükseltilerdeki volkanik sokulumlar, metamorfik şistleri etkileyerek mor renkli bir görünüm kazanmalarına yol açmıştır (Şekil 8a). Pişme sürecine bağlı olarak şistlerdeki foliasyon yapısı bozulmuş ve kırıntılı bir ayrışma dokusu gelişmiştir. Bu olay sonucunda kalınlığı 2 m'ye ulaşan kırmızımsı-mor renkli bir pişme (termal metamorfizma) zonu ortaya çıkmıştır (*Türkiye Çatı Listesi, Grup c*).

Karacahisar Dasit Sütunları

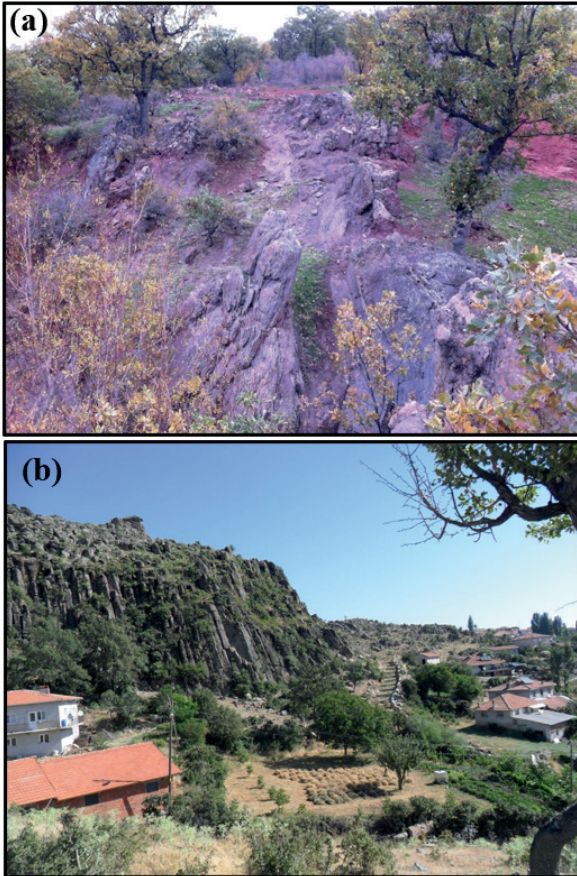
Uşak'ın 17 km kuzeydoğusunda, Aşağı Karacahisar yerleşmesi gerisinde yer almaktadır. Volkanik kökenli Elmadağı'nın doğusunda bulunan dasitik kayalar, Kavacık deresinin

doğusundaki Davulkaya Tepe (1293 m) ve kuzeybatısındaki sırt boyunca yüzeylenmektedir (Şekil 8b). Köyün kuzeybatısında gelişen sütunlar, tipik soğuma yapıları sergilemektedir. Sütunların genişlikleri 1 metreyi aşmaktadır (*Türkiye Çatı Listesi, Grup c*).

Traverten Jeositleri

Türkiye'de Kuvaterner yaşlı traverten ve tufa oluşumları oldukça yaygındır (Pedley, 2009; Özkul vd., 2010; Polat, 2011; Koşun, 2012; Toker Tagliasacchi, 2018). Travertenler dönemlerinin ve bölgelerin tektoniği, deprenselliği (Piccardi, 2007; Uysal vd., 2007; Mesci vd., 2008; Çolak Erol vd., 2015; Kumsar vd., 2016; Van Noten vd., 2019), ortam-çevre koşulları ve iklimi (Andrews

vd., 2000; Özkul vd., 2002; Kele vd., 2011; Özkul vd., 2013; Toker vd., 2015) ve yaşam izlerine (Erten vd., 2005; Kappelman vd., 2008; Pandolfi ve Erten, 2017) dair kayıtları bünyelerinde barındırmaları ayrıca çeşitli yapılarda malzeme olarak kullanılmaları nedeniyle önemlidir. Traverten/tufa topografyası, doğanın insanlara bahsettiği önemli bir miras ve ekolojik zenginliktir (Dong vd., 2023). Özellikle travertenlerin morfolojik özellikleri turistik açıdan önemlidir. Dünya’da jeoturizme konu olan yerlerden bir kısmı travertenlerin yüzeylendiği alanlardır. İldeki travertenler *Türkiye Çatı Listesi’nde Grup d*, kategorisinde yer almaktadır.



Şekil 8. a) Volkanik faaliyet sonucunda şistlerde meydana gelen pişme zonu (Adiyeler mevki), **b)** Miyosen yaşlı Karaboldere Volkanitlerinin oluşturduğu dasit sütunları (Kuzey yönüne bakış).

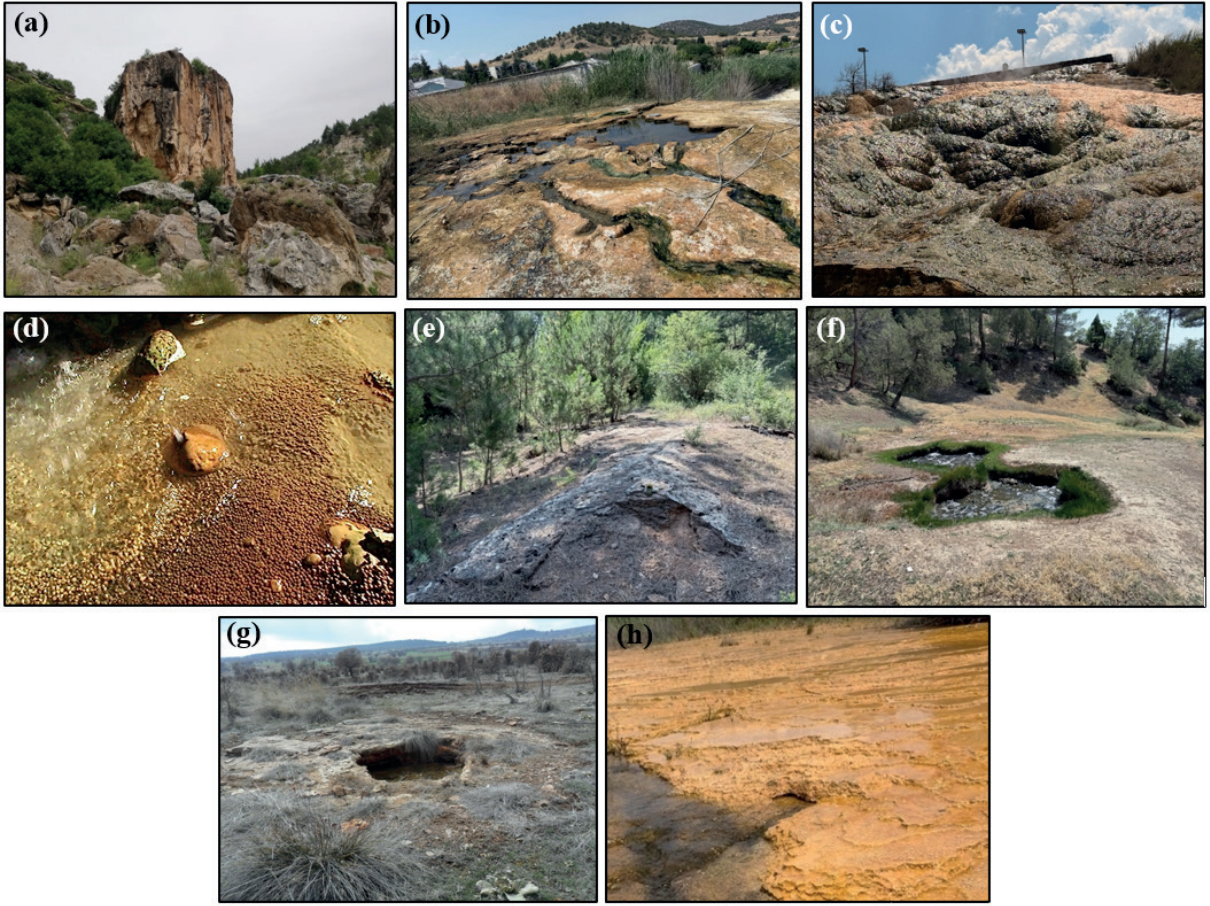
Figure 8. a) The contact metamorphic aureole (skarn zone) in schists caused by volcanic activity (Adiyeler locality), **b)** Dacite columns formed by the Miocene Karaboldere Volcanics (view to the north).

Aksaz travertenleri

Aksaz köyünün Aksaz mahallesi güneyinde, Hamam (Aksaz) Çay vadisinde yer alan travertenler, vadi boyunca yüzeylenmektedir. Bu travertenler, sıcaklığı 33-37, 6 °C arasında değişen Aksaz termal sularının etkisiyle oluşmuştur (Polat ve Güney, 2013; Özkul vd., 2014). Sahada teras ve sırt tipi travertenler bulunmaktadır. Sırt tipi travertenler dışındaki birimler oldukça gözenekli olup bol miktarda bitki kalıbı içermektedir. Aksaz bölgesindeki travertenler yaklaşık 153 bin ile 185 bin yıl arasında çökelmiştir ve hem buzul hem de buzul arası dönemlere karşılık gelmektedir. Daha genç travertenler, Roma Dönemi hamam kalıntılarına ve güncel dere yatağına daha yakın konumda bulunur (Özkul vd., 2014). Aksaz Hamamı çevresinde yer alan ve 85° eğime sahip sarp yüzey, tahrip olmuş bir sırt tipi travertenin kanal dolgusunu temsil etmektedir. Bu dolgu 13 m kalınlığındadır (Şekil 9a). Aksaz travertenlerinin, Blaundos antik kentinde yapı taşı olarak kullanıldığı bilinmektedir (Polat ve Güney, 2013).

Örencik travertenleri

Uşak’ın 38 km batısında Örencik köyünün kuzeyinde yer almaktadır. Travertenler D-B doğrultusunda uzanan, Taşlı Tepe ile Tekke Tepe kuzeyinden geçen fay hattı üzerinde depolanmışlardır. Eski traverten depolarından ikisi Damlakça dere vadisinde, diğeri ise Örencik Kaplıca tesisi girişinde yüzeylenmektedir. Güncel traverten çökelişi, kaplıca tesislerinin kuzeyinde sürmektedir (Şekil 9b).



Şekil 9. a) Aksaz Travertenleri, b) Örencik Travertenleri, c) Hamamboğazı Travertenleri, d) Hamamboğazı oolit ve pisoid oluşumu, e) Kaynarca sırt tipi traverteni, f) Hatıpler köyü kuzeyinde hidrojen sülfür (H_2S) gaz çıkışları, g) Sürmecik traverten konisi, h) Sürmecik'te güncel oluşumlu traverten çökelişi.

Figure 9. a). Aksaz Travertines, b) Örencik Travertines, c) Hamamboğazı Travertines, d) Hamamboğazı oolite and pisoid formation, e) Kaynarca ridge-type travertine, f) Hydrogen sulphide (H_2S) gas emissions to the north of Hatıpler village, g) Sürmecik travertine cone, h) Current travertine deposition in Sürmecik.

Hamamboğazı travertenleri

Hamamboğazı travertenleri, Uşak-Afyon karayolunun doğusunda, Hamamboğazı termal kaynakları ve çevresinde yayılım göstermektedir. Travertenler, KD-GB yönlü normal fay hattı boyunca yüzeye çıkan maksimum $67,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ sıcaklığındaki suların eseridir (Özkul vd., 2016). Suyun kimyasal özelliklerine bağlı olarak travertenler; yeşil, kırmızı ve sarı renklere sahiptir.

Yaklaşık 250 m boyunca $K45^{\circ}\text{D}$ doğrultusunda uzanan sırt tipi bir traverten kütlesi

üzerinde üç farklı çatlak sistemi gelişmiştir. Bu açılma çatlaklarından çıkan sular, tek bir traverten sırtı oluşturacak şekilde çökelmiştir. Yaklaşık 75 m kalınlığındaki sırtın hem doğusunda hem de batısında, güncel traverten çökelişi (Şekil 9c) devam etmektedir (Zorlu vd., 2024). Travertenlerin su çıkış yollarını tıkaması nedeniyle, kaynakların zamanla yerleri değişmektedir (göç etmektedir). Termal kaynakların çıkış ağızlarında kahverengi ve sarı renklere, küresel bir geometriye sahip olan oolit ve pisolit taneleri gözlenir (Şekil 9d).

Sahadaki güncel travertenleri çökeltten sıcak sular, sondaj kuyularından boşalmaktadır. Sondaj kuyusuna yakın, ilk 4-5 metrelik mesafede, kanal içinde ender görülen lifsi-şeritsi 'streamer' traverten litotipi gelişmiştir (Özkul vd., 2016).

Kaynarca sırt tipi travertenleri

Banaz İlçesi Yeşilyurt köyü, Dere Mahallesi, Hacıbahri Damı yakınında yer alır. KB-GD yönlü Gürlek fayı tarafından kontrol edilen Hüyük dere vadisinin güneyinde konumlanmıştır. "Kaynarca" adını taşıyan, demir bakımından zengin soğuk mineralli suyun yüzeye çıktığı noktada, kalsiyum karbonatın üst üste birikmesiyle oluşmuştur. Oldukça basık bir morfolojiye sahiptir. Bol gözenekli olması ve bitki kalıpları içermesi nedeniyle tufa özelliği taşır. Yaklaşık 10 m uzunluğundaki sırt, vadinin uzanış doğrultusuna paraleldir. Sırtın merkezi açılma çatlakları doğrultusu, sahanın KB-GD yönünde sıkıştığını, KD-GB yönünde ise genişlediğini göstermektedir (Şekil 9e).

Kaynarca kaynağı kuzeyinde, D-B yönünde akararak Gürlek Çayı'na karışan Ekşisu derenin yatağında ve birleştiği noktanın güneyinde yamacın alt kesimlerinde belirgin şekilde hidrojen sülfür (H₂S) gaz çıkışları görülmekte ve duyulmaktadır. Bu hattın birkaç kilometre güneybatısında, Kükürtdamı Mahallesi yakınındaki Küllü dere vadisinde ayrıca Hatıpler köyü kuzeyinde de H₂S gaz çıkışları gözlemlenir (Şekil 9f).

Sürmecik travertenleri ve traverten konileri

Sürmecik travertenleri, Banaz'ın batısında, Kızılcaören köyü ile Yalancı dere vadisi arasında yer alır. Travertenler yaklaşık 1 km²'lik bir alan kaplar. Yerel halk tarafından 'Uyuzhamamı' adıyla bilinen alanda travertenler, fay hattı boyunca yüzeye çıkan sıcak ve soğuk sular (14-24 °C) tarafından oluşturulmuştur (Polat, 2017). Sahanın güneybatısında, bağıl yüksekliği 50

cm'ye ulaşan 13 adet küçük traverten konisi, fay hattı boyunca sıralanmaktadır (Şekil 9g). Alanın kuzeydoğusundaki topografyada belirgin bir şekilde görülen üç koniden ikisi madencilik faaliyetleri sonucunda ortadan kaldırılmış, yalnızca biri özgün morfolojisini koruyabilmiştir. Travertenler kahverengi, krem renkli ve gözenekli olup tufa özelliği göstermektedir. Aktüel traverten çökeli Yalancı dere vadisinde mikro teraslar şeklinde gerçekleşmektedir (Şekil 9h).

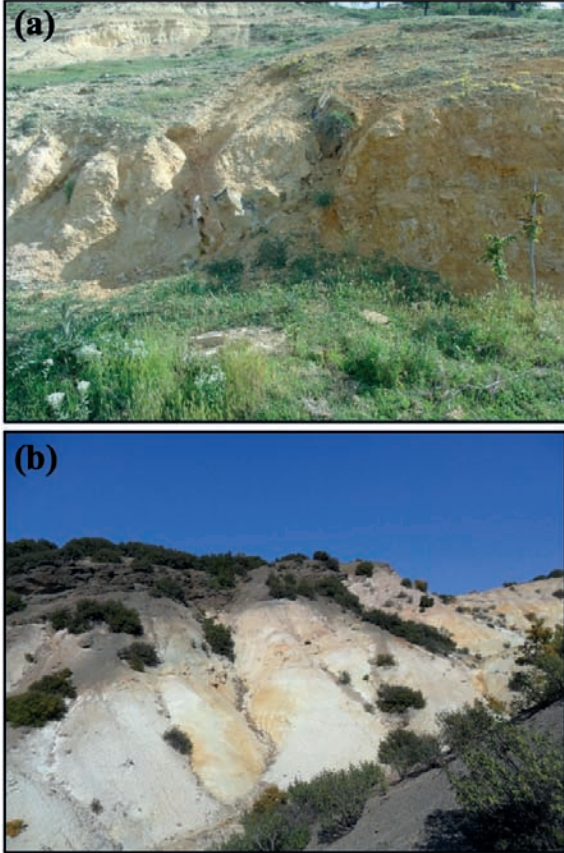
Tektonik Jeositler

Türkiye, büyük depremlerin çok sık meydana geldiği ve dolayısıyla aktif tektonikle ilgili jeolojik ve jeomorfolojik kayıtların çok bulunduğu bir ülkedir. Her biri birer jeosit olan bu tektonik kayıtlar, korunması gerekli jeomiras öğeleridir. Fay boyunca gözlenebilen jeositler deprem kırıkları ve bunlara bağlı yüzey deformasyonu ve ötelenmeler, fay aynaları, ötelenmiş morfolojik öğeler, basınç sırtları, kripler, açılma çatlakları, travertenler, ezik zonlar, yaş ve atım korelasyonlarında kullanılan fosilli düzeyler vb. şeklindedir (Şaroğlu ve Emre, 2006). Aktif fayların temel özelliklerini belgelemek yer bilimleri disiplinleri, planlamacılar ve mühendisler için önemli ölçüde fayda sağlamaktadır (Emre vd., 2018). Uşak ilinde yer alan önemli faylar ve alterasyon zonları tektonik jeositler olarak sınıflandırılmıştır (*Grup e*). Bu alanlar, toplumda deprem konusunda farkındalık oluşturmak için ve yerbilimleri ile coğrafya eğitim alanları olarak düşünülmüştür (Özkul vd., 2025).

Emirfakı alterasyon zonu

Yerkabuğunun nispeten sığ kesimlerindeki kayaçların içlerinde dolaşan sıcak akışkanlarla (hidrotermal çözeltiler) kimyasal ve mineralojik olarak değişime uğrama süreci "hidrotermal alterasyon" olarak tanımlanır (Şener, 2011). Emirfakı köyünden geçen fay hattı boyunca, Kuyu deresinin kuzeyinde, Yeniköy Formasyonu içine

sızan demir ve kükürt bakımından zengin sular hidrotermal alterasyona neden olmuştur (Şekil 10a). Sahada, geçmişteki sıcak su çıkışlarıyla ilişkili olarak çökelmiş kahverengi, kırmızı ve sarı renklerde demir oksitler ve kükürt oksitler gözlemlenmektedir (Gökgöz vd., 2011).



Şekil 10. Hidrotermal alterasyon zonları, **a)** Emirfakı alterasyon zonu, **b)** Kayağıl alterasyon zonu.

Figure 10. Hydrothermal alteration zones, **a)** Emirfakı alteration zone, **b)** Kayağıl alteration zone.

Kayağıl alterasyon zonu

Kayağıl köyü kuzeyinde yer almaktadır. Uşak şehri güney çevre yolu yarmasında alterasyon zonu net şekilde izlenmektedir. Alterasyon zonu KB-GD doğrultusunda, Kurtçukuru Tepe (842 m) ile Gelincik Tepe (961 m) arasında uzanır. Termal kaynak suları, alttaki metamorfik şistleri ve üstteki

volkanik kayaları etkileyerek sarı, kırmızı ve yeşil renklere boyamıştır (Şekil 10b).

Hasköy Fayı ve termal kaynağı

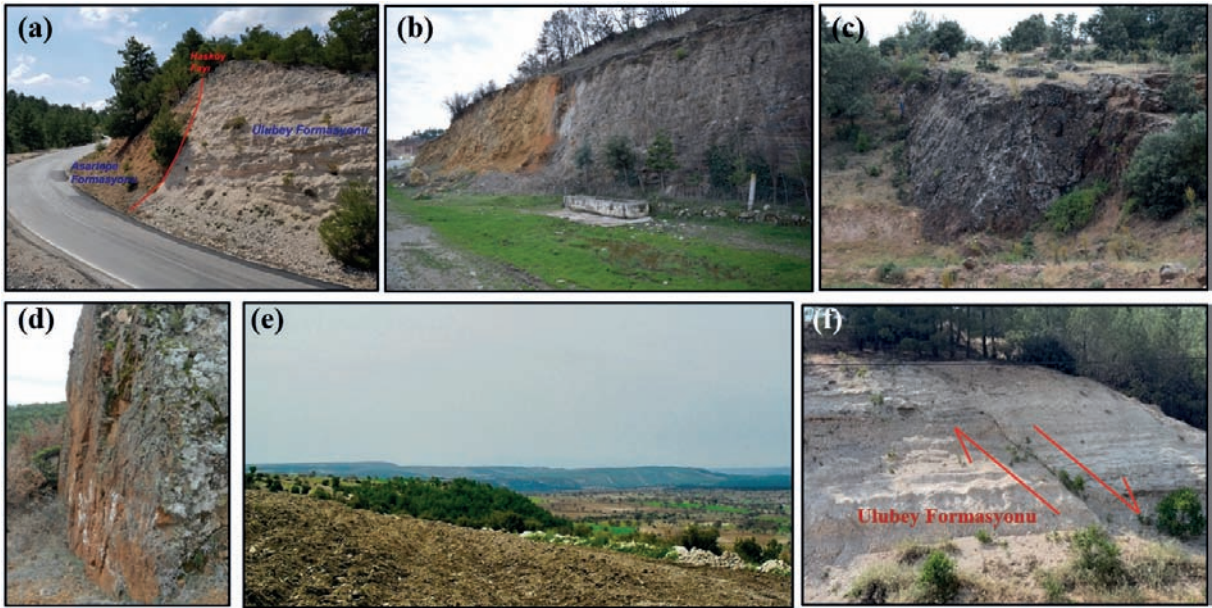
Hasköy Fayı, Banaz Çayı kanyonu içinde ve Hasköy yerleşim alanının batısında konumlanır. KD-GB doğrultusunda uzanan normal eğim atımlı Hasköy fayı, yaklaşık 700 m kadar izlenebilmektedir. Karahallı-Ulubey karayolu yarması, Ulubey Formasyonu ile Asartepe formasyonu arasındaki tektonik dokanağın gözlemlendiği noktadır (Şekil 11a). Bu tektonik yapı üzerinde iki termal kaynak çıkar; Hasköy ve Acısu termal kaynakları. Bunlardan 33,1 °C sıcaklıktaki Hasköy kaynağı, Banaz Çayı'nın kenarında birçok noktadan boşalır. Acısu kaynağı ise Hasköy termal kaynağına yakınında olup 25,7 °C sıcaklığındadır (Gökgöz vd., 2011).

Kızılcaşöğüt Fayı

Kızılcaşöğüt Fayı, K30°D doğrultusuna sahiptir. Kızılcaşöğüt-Erice yolu üzerinde, şistler ile kireçtaşları arasındaki tektonik dokanağı oluşturur. Daha kuzeydoğuda Vezirler Melanjı ile Yeniköy formasyonunu keser ve Kızılcaören köyü istikametine kadar uzanır. Sürmecik termal kaynakları ve konileri bu fay hattı boyunca sıralanır (Şekil 11b).

Kızılcaören Fayı

Kızılcaören Fayı, Derbent ile Banazköy arasında yaklaşık 20 km uzunluğa sahip eğim atımlı bir normal faydır. Kuzey blok yükselmiş, güney blok ise alçalmıştır. Jeolojik ve jeomorfolojik olarak diri bir faydır. Fay, Vezirler melanjı ile Yeniköy Formasyonu arasında gelişmiştir. Fay dikliği, Kapıdağı'ndan inen akarsular tarafından parçalanmış ve fay façetaları oluşmuştur. Kızılcaören köyü kuzeyinde fayın morfolojik izleri oldukça belirgindir (Şekil 11c).



Şekil 11. a) Kuzeydoğu-güneybatı doğrultuda uzanan Hasköy fayı, **b)** KD-GB doğrultulu Kızılcaöğüt fayı (GB'ye bakış), **c)** Kızılcaören fay düzlemi (B'ye bakış), **d)** Gürlek Çayı vadisini denetleyen Gürlek fayına ait fay sarplığı (G'ye bakış), **e)** İlyaslı fay basamakları (B'ye bakış), **f)** İlyaslı-Uşak karayolu yarmasında yer alan verrev atımlı fay.

Figure 11. a) Hasköy fault, which trends NE-SW, **b)** Kızılcaöğüt fault with a northeast-southwest orientation (view to the SW), **c)** Kızılcaören fault plane (view to the W), **d)** Fault scarp of the Gürlek Fault controlling the Gürlek stream valley (view to the S), **e)** İlyaslı Fault steps (view to the W), **f)** Dip-slip fault located in the İlyaslı-Uşak highway cut.

Gürlek Fayı

Gürlek Fayı, Comburt Ovası güneyinden başlar, Yeşilyurt köyüne doğru yaklaşık 24 km boyunca uzanır. Kuzeye 50°-60° eğimli verrev atımlı normal bir faydır. Gürlek Çayı (Hüyük Çayı) vadisini denetler. Kocakızılkaya çevresinde Kızılcaören Fayı ile kesişir. Kocakızılkaya mevki fay düzleminin gözlemlendiği bir noktadır (Şekil 11d). 40–50 m kadar eğim atımı nedeniyle Kapıdağı'ndan inen akarsuların vadileri asılı kalmıştır. Emre vd. (2018), Simav Fay Zonu (SFZ) içinde Banaz Segmenti (BS) olarak göstermiş ve 6.71 büyüklüğünde deprem üretebileceğini hesaplamışlardır.

İlyaslı fay basamakları

Uşak'ın batısında, Eskişaray-İlyaslı-Güre-Karacaömer yerleşimleri arasındaki alan, genel uzanımı D-B doğrultulu çok sayıda verrev

atımlı fay tarafından parçalanmıştır. Yoncalı deresinin kolları, bu fayları enine keserek fay dikliklerinin (skarplar) sürekliliğini bozmuş ve fay fasetlerine (yamaç) dönüştürmüştür. İlyaslı köyü, bu fay fasetlerinden birinin önünde kurulmuştur. Günümüzde, fay basamaklarının bulunduğu alanlarda tarımsal faaliyet yapılırken, fay dikliklerinin üzeri kızılçam ormanlarıyla kaplıdır. Yoncalı dere vadisinin ikiye böldüğü bu alanın batısında 5, doğusunda ise 6 fay basamağı belirgin bir şekilde izlenmektedir (Şekil 11e ve f). Basamakların yükseltisi Karabol Çayı vadisinden güneye doğru gidildikçe artar.

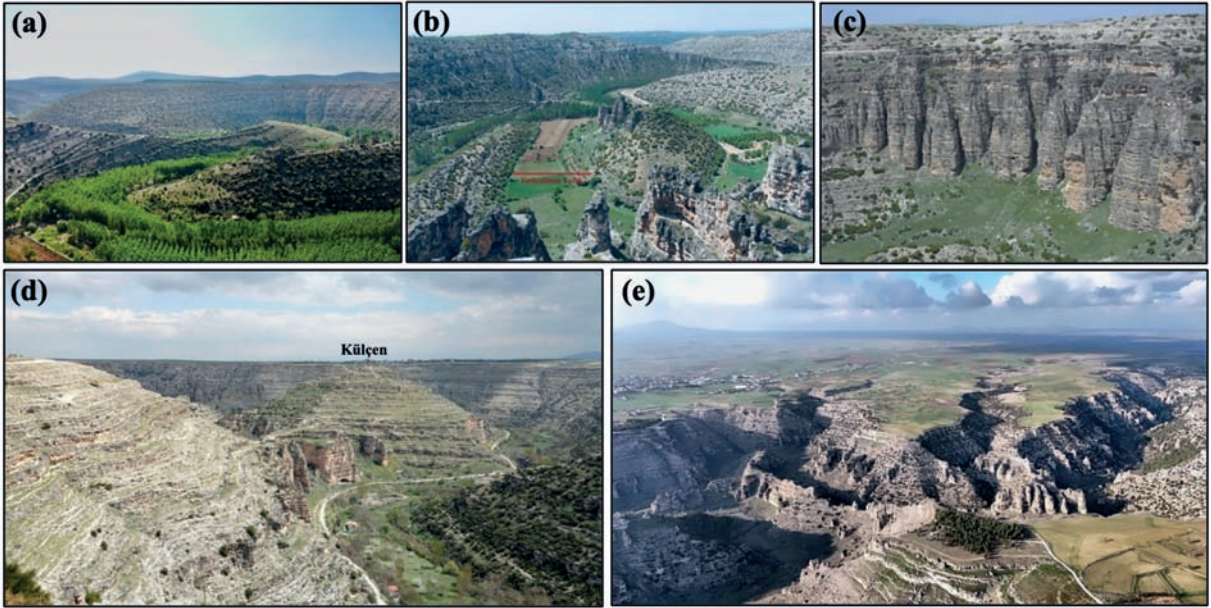
Kanyonlar

Akarsuların yerkabuğunu düşey yönde derince kazınmasıyla ortaya çıkan kanyonların dik yamaçları boyunca yörenin kaya türleri, istiflenme, jeolojik yapısı ve aşınma şekilleri açık bir şekilde gözlenir

hale gelir. Kanyonlar, çevresine göre öne çıkan ve insanların daha çok dikkatini çeken doğal ve jeolojik-jeomorfolojik yapılardır (Gül ve Özkul, 2023). 74 km uzunluğundaki Banaz Çayı Kanyonu; çalışma kapsamında Yayalar kanyonu, Clandras Kanyonu, Avgan Kanyonu, Çubukdağ Kanyonu ve Ulubey Kanyonu olmak üzere beş ayrı jeosit olarak belirlenmiştir. Sahadaki kanyon jeositleri, jeodeğer, jeoçeşitlilik, jeoturizm ve kültürel jeosit değeri nedeniyle öne çıkmakta ve jeo eğitim için önemli bir alan niteliği taşımaktadır. Kanyonlar, Türkiye Jeositleri Çatı Listesi'nde 'Grup f'de yer alır (Kazancı vd., 2015). Çalışmanın kapsamı dışında olduğundan dolayı kanyonlar hakkında kısa bilgiler verilmiştir.

Banaz Çayı kanyonu

Murat Dağı'ndan kaynaklarını alan Banaz Çayı, Ulubey platosunda gömük (boğaz) menderesler çizerek derin bir kanyon vadi içinde akar. Banaz Çayı Kanyonu'nun (BÇK) gömük menderesli bir yapıda ve bir aşınım yüzeyi (En Alt Pleyistosen) içerisinde gelişmiş olması, sahanın morfojenezinde genç tektonik hareketlerle oluşan bir gençleşmenin etkili olduğunu göstermektedir (Şekil 12a, b ve c). Kanyonda temel araziye Eşme Formasyonu ve Musadağı mermerleri, örtü birimini ise Ahmetler Formasyonu ve Ulubey Formasyonu oluşturur. Uşak ilinde en geniş yayılıma sahip birim Ulubey Formasyonu'dur (Şekil 3). Uşak ilindeki en önemli jeositlerden biri olan BÇK, büyük ölçüde görsel Ulubey Formasyonu içinde açılmıştır (Dündar, 2019). Banaz Çayı ve yan kolları, bu yapıyı maksimum 185 m kadar yarmıştır.



Şekil 12. a) Banaz Çayı Kanyonu'nun menderesli yapısının görünüşü (Doğuya bakış), b) Mera tepe terk edilmiş menderes yatağı, c) Menderes yeniklerinde görülen karstik kuleler (Mera Tepe Batısı), d) Kazancı Deresi (Ulubey Deresi) tarafından oluşturulan Ulubey Kanyonu (Doğuya bakış) e) Ulubey Kanyonu (Foto: A.A. Dur).

Figure 12. a) View of the meandering Banaz River Canyon (view to the East), b) Mera Hill abandoned meander channel, c) Karstic towers observed in the meander loops (west of Mera Hill), d) Ulubey Canyon formed by Kazancı stream (Ulubey stream) (view to the East), e) Ulubey Canyon (Photo: A.A. Dur).

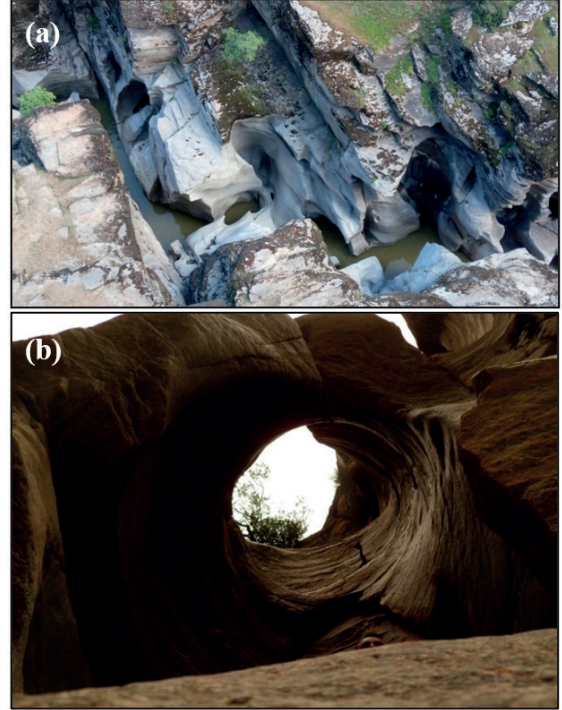
BÇK'nin oluşumunda akarsu (flüvyal) etkilerinin yanı sıra, tektonik faaliyetlerin ve kireçtaşlarının çözünme (karstlaşma) süreçlerinin de çeşitli derecelerde katkısı olmuştur. BÇK, Ege Bölgesi'nde dikey yönlü gerçekleşen tektonik yer hareketleri ile akarsu aşındırması arasındaki ilişkileri göstermesi ve nadir görülen yüzey şekillerini içinde barındırması nedeniyle önemli jeositlerdendir. BÇK, tek bir bölüm halinde değildir, başlıca beş ayrı bölüme ve jeosite ayrılmıştır. Bunlar, ana akarsu vadisindeki Yayalar Kanyonu Jeositi, Clandras Kanyonu Jeositi, Avgan Kanyonu Jeositi, Çubukdağ Kanyonu Jeositi ve yan kol Ulubey deresinin (Kazancı deresi) oluşturduğu Ulubey Kanyonu Jeositi olarak belirlenmiştir. Bunlardan Ulubey Kanyonu Mart 2024'te açıklanan "Türkiye'nin En İyi 100 Jeolojik Mirası ve Anahtar Jeolojik Alanları" listesinde, Uşak ilinden listeye giren tek jeosit olma özelliğini taşır (Şekil 12d ve e). Ulubey Kanyonu, Türkiye'de erişilebilirlik açısından en avantajlı kanyonlardan biridir.

Taşyaran (İmren) Vadisi ve Yatak Çukurları

Taşyaran (İmren) vadisi, Uşak'ın 46 km batısında yer alır (Şekil 13a). İmren deresi, Çatal Tepe (900 m) ve Aktaş Tepe'nin üzerinde bulunduğu Paleozoyik yaşlı birimlerden oluşan eşik içindeki faylı vadisinde akarsu yatağında suyun hidrolik gücü ve korozyon etkisi ile oluşan, derinliği genişliğinden fazla olan silindirik veya çanak şeklinde çok sayıda aktif ve pasif akarsu yatak çukuru (pothole) ile dikkati çekmektedir. Çukurlar, akarsuyun taşıdığı çakıl, kum gibi malzemelerin ana kayayı dönerek aşındırması sonucu meydana gelmiştir.

Eski ve pasif durumdaki yatak çukurlarından bazıları, akarsuyun yatağını daha derine doğru aşındırması sonucu, güncel vadi tabanından yukarıda, asılı konumda kalmışlardır (Polat ve Deniz, 2017), (Şekil 13b). İmren deresi vadisinin 53,50 hektarlık bir bölümü, Taşyaran Vadisi Tabiat

Parkı adı altında 22.06.2016 tarihinde Türkiye'nin 209. tabiat parkı olarak tescillenmiştir.



Şekil 13. a) Paleozoyik yaşlı birimler içinde oluşan Taşyaran Vadisi, b) Taşyaran Vadisi'nde asılı kalmış yatak çukuru.

Figure 13. a) Taşyaran valley formed within Palaeozoic units, **b)** Suspended stream pothole in the Taşyaran valley

Çataltepe Boğazı

Boğaz, Uşak'ın batısında Yenişehir ile Kısık köyleri arasında yaklaşık 14 km boyunca KD-GB doğrultusunda uzanır. Gediz Irmağı'nın, kuzeydoğu-güneybatı yönünde uzanan eşiği yarması sonucu oluşmuştur. Irmak, üstte Balçıklidere ve Ulubey Formasyonu'nu, temelde ise Paleozoyik yaşlı Eşme formasyonuna ait metamorfik kayaları yarararak antedant karakterli bir boğaz açmıştır. Boğazın batısında ve doğusunda KD-GB doğrultulu fay hatları uzanmaktadır. Kuzeydeki fay, Taşkonak köyü

kuzeyinde yol yarmasında net bir şekilde izlenmektedir. Doğudaki fay ise Kocahasan-Hamamdere-Çatal-Yenişehir hattını takip etmektedir. Yöre halkı, bu fay hattı üzerinde, Çatal yerleşiminin güneybatısındaki İmren vadisinde 1966 yılına kadar bol debili bir termal kaynağın çıktığını belirtmektedir. Bu fayların yanı sıra, boğazı eğim atımlı çok sayıda fay kesmektedir. Boğaz içinde ve dışında Ulubey Formasyonu'nun farklı yükseltilerde gözlenmesi, Ulucak yerleşimi çevresinde görüldüğü gibi, aslen yatay konumlu Balçıklidere Formasyonu'nun batıya doğru eğimli durumu, bölgedeki genç tektonik hareketleri işaret etmektedir. Çataltepe Boğazı'nın içinde açıldığı eşiğin üst seviyelerinde, 700-800 m yükseltilerinde şist ve gnaysları kesen bir fosil aşımın yüzeyi dikkat çekmektedir. Paleozoyik birimler üzerinde yer alan Miyosen-Pliyosen yaşlı sedimentlerin sıyrılması sonucunda fosil aşımın yüzeyi ortaya çıkmıştır.

Karstik Jeositler

Karstik alanlar, jeolojik ve jeomorfolojik mirasın önemli öğeleridir ve turizm açısından jeomorfolojik yapıları ana tema olarak görülmekte, doğal peyzajı oluşturmada ve turistlerin yoğun ilgisini de çekmektedir (Newsome ve Dowling, 2018). Karstik jeositler; koruma-kullanma, turizmin geliştirilmesi, bilimsel araştırmalar ve jeo eğitim açısından çok yüksek bir değere sahiptir (Delle Rose vd., 2014; Ruban, 2018). Uşak ilindeki lapyta, dolin, obruk, uvala, polye ve mağara gibi karstik şekiller jeosit olarak belirlenmiştir (*Grup f*). Jeo çeşitlilik arz eden bu jeositler gelecekte oluşturulabilecek bir karstik jeo eğitim rotasına hazırlanmasına temel oluşturması ve sahada karstik afetlere karşı farkındalık oluşturması açısından önemlidir.

Delihıdırlı – Çoğuplu – Çokaklı delik lapyaları

Uşak ilinde, karst topoğrafyasının en küçük boyutlu aşımın şekilleri olan lapyalardan, delikli lapyta formu yoğun olarak görülmektedir. Delikli

lapyalar, Karahallı ilçesine bağlı Delihıdırlı, Çoğuplu, Çokaklı, Alfaklar ve Karayakuplu yerleşimleri arasında kalan bölgede kireçtaşları (Ulubey Formasyonu) üzerinde yaygındır. Bu yoğunlukta delikli lapyayı, platonun başka bir yerinde görmek mümkün değildir. Bu durum, kireçtaşlarının kalınlığı, eğimi, kimyasal bileşimi ve tektonik yapısı ile doğrudan ilişkilidir. Özellikle kireçtaşlarının silis ve kil içeriği, lapyta gelişimini etkilemektedir. Dairesel şekle sahip bu lapyaların maksimum derinliği 150 cm'dir. Delik lapyaların ağız genişlikleri birkaç santimetreden 20 cm'ye kadar değişiklik gösterir. Lapyaların içleri genellikle toprakla doludur (Polat ve Kargı, 2008).

Misçukuru Dolini

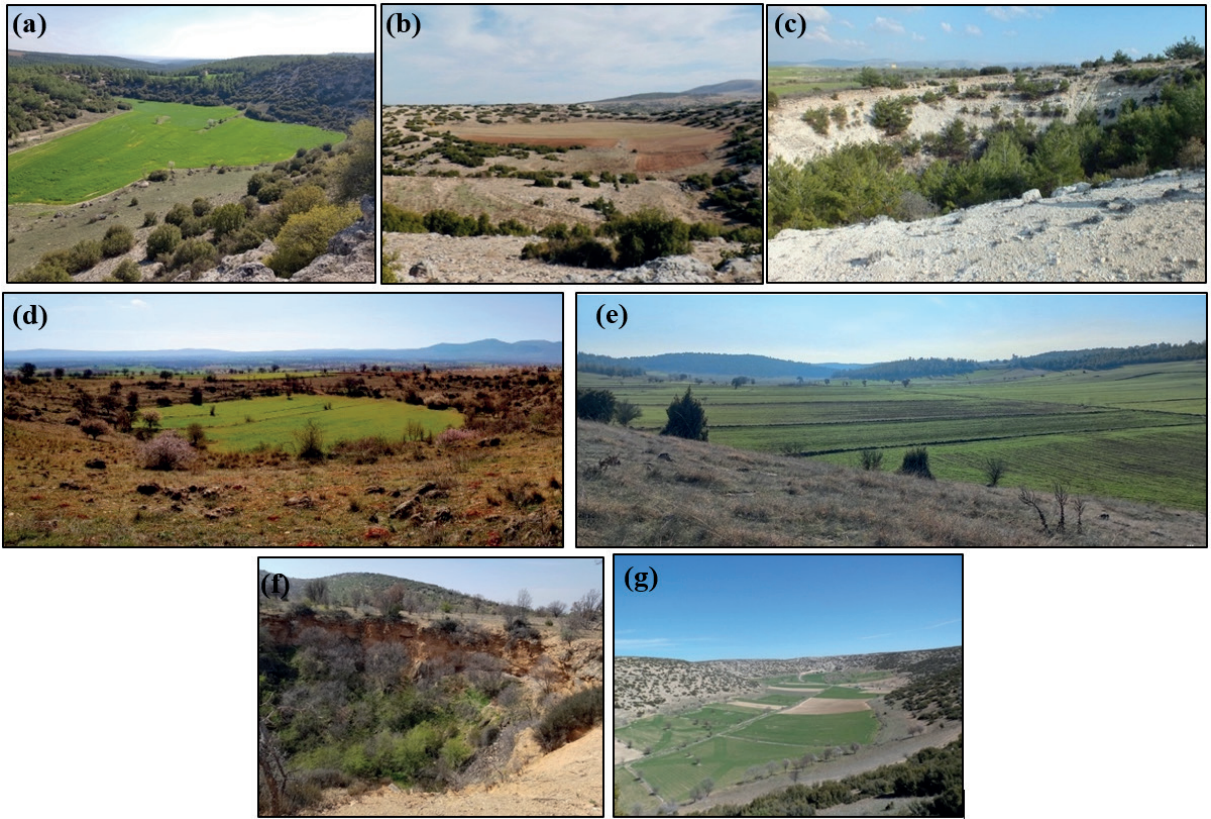
Dolin, Ulubey'in 2,5 km güneybatısında, Karaağaç dere ile Misçukuru dere arasında yer alır. Ulubey Formasyonu'na ait kireçtaşları içinde gelişmiştir. Dolin tabanı, D-B doğrultusunda 125 m, K-G yönünde ise 175 m uzunluğa sahiptir. Yaklaşık 35 m derinliğindeki dolin, çökme tipi doline örnek teşkil eder (Şekil 14a).

Çanaklarla Dolini

Çanaklarla Dolini, Avgan yerleşiminin doğusunda, Ulubey Formasyonu içinde gelişmiştir. Dairesel şekle yakın, sığ bir dolin olup, D-B yönünde 220 m, K-G yönünde ise 190 m ölçülere sahiptir. Tabanı, terrarosa topraklarla kaplıdır ve bol miktarda çanak-çömlek kalıntısını barındırmaktadır (Şekil 14b).

Zortaş Dolini

Ulubey İlçesi'ne bağlı Büyük Kayalı köyünün kuzeydoğusunda, Zortaş Tepe (748 m) civarında yer alır (Şekil 14c). Huni şeklinde bir geometriye sahiptir. Dolinin ağız çapı 100 m, derinliği ise 23 metredir. Dolin iki aşamalı çökme süreci sonucunda oluşmuştur (Polat ve Güney, 2013).



Şekil 14. **a)** Misçukuru dolini (KB'ye bakış), **b)** Çanakartarla dolini (K'ye bakış), **c)** Zortaş dolini (D'ye bakış), **d)** Deveyatağı dolini (G'ye bakış), **e)** Fluvio-karstik Kurucaova Polyesi (G'ye bakış), **f)** Deveçukuru obruğu (GB'ye bakış), **g)** Çalışkanlar Uvalası.

Figure 14. **a)** Misçukuru doline (view to the NW), **b)** Çanakartarla doline (view to the N), **c)** Zortaş doline (view to the E), **d)** Deveyatağı doline (view to the S), **e)** fluvio-karstic Kurucaova polje (view to the S), **f)** Deveçukuru sinkhole (view to the SW), **g)** Çalışkanlar uvala.

Deveyatağı (Abdilinçukuru) Dolini

Dolin, Karahallı'nın güneyindeki Şaştepe (961 m) yakınlarında yer alır. Tabanında tarım yapılan dolin, erime sonucu oluşmuştur. Ağız çapı 210 m, taban çapı 45 m, derinliği ise 8 m'dir (Şekil 14d). Permo-Triyas yaşlı mermerler içinde açılmıştır. Doğuya doğru eğimli mermer tabakaları nedeniyle asimetrik bir profile sahiptir (Polat ve Güney, 2013).

Deveçukuru Obruğu

Karahallı Bekiköy yerleşmesinin 2,5 km batısında bulunur. Güneydeki tepelik alan ile plato arasında

geçiş zonunda yer almaktadır (Şekil 14f). Obruğun ağzı, deniz seviyesinden yaklaşık 820 m yüksekliktedir. Derinliği 20 m, ağız çapı 45 m, taban çapı ise 35 m olarak ölçülmüştür (Polat ve Güney, 2013).

Çalışkanlar Uvalası

Ulubey ilçesi Çalışkanlar mahallesinin güneyinde, Banaz Çayı vadisi kuzey yamacında konumlanmıştır. Kalpak Tepe kuzeyindeki uvalanın sularını Ulacık dere ve Çirkin dere drene etmektedir. Taban yükseltisi 590 m olan uvala KD-GB yönünde 1150 m, K-G doğrultusunda

ise 250 m boyutlarındadır. Güneye doğru kavisli bir şekle sahip olan uvalanın tabanında tarım yapılmaktadır. Tabanında akarsu kökenli çakılların bulunmaması ve güneye doğru kavisli olması, çukurluğun Banaz Çayı'na ait asılı kalmış gömülü bir menderes parçası olmadığını göstermektedir. Nitekim Banaz Çayı'nın oluşturduğu menderes parçaları incelendiğinde, kanyonun kuzeyinde yer alanlar kuzeye, güneyinde yer alanlar ise güneye doğru kavislidir. Bu husus söz konusu depresyonun karstik kökenli olduğunun işaretidir (Şekil 14g). Uvala, dış drenaja açılmış olması nedeniyle orijinal morfolojisini büyük ölçüde yitirmiştir. Tabanında belirgin bir yarılmaya rastlanmaması, drenaja jeolojik olarak yakın bir zamanda açıldığını göstermektedir.

Kurucaova Polyesi

Polye, Ulubey'in Aksaz köyünün doğusunda yer alır. Polyenin kuzeyinden Ulubey-Güney karayolu geçmektedir. Ulubey Formasyonu içinde gelişmiş olan bu polye KD-GB doğrultusunda 3,5 km uzun eksene, yaklaşık 605 m taban yükseltisine ve 2,3 km² alana sahiptir. Oluşumunda flüvyal (akarsu) süreçlerin de rol oynaması nedeniyle flüvio-karstik kökenli bir polyedir. Kalabak dere tarafından dış drenaja açılmış olması nedeniyle bozulmuş polye sınıfına girmektedir (Şekil 14e).

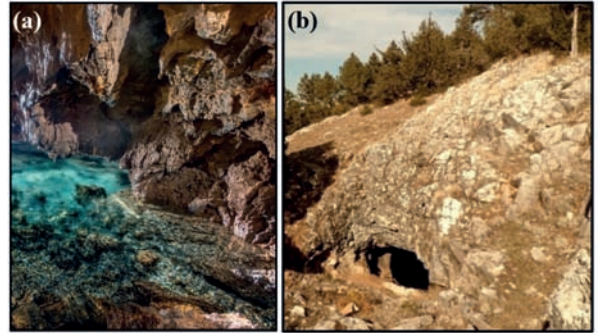
Kökez Tektono-Karstik Depresyonu

Kökez yerleşiminin batısında bulunan bu depresyonun taban yükseltisi 890 metredir. Tabanı kalın bir toprak örtüsüyle kaplıdır. Hacım, Yoncalı ve Kökez köylerine ait tarım arazilerini barındıran bu sahayı; Çillihane Tepe (977 m), Demir Tepe (1013 m), Savcılar Tepe (924 m), Közekkırı Tepe (926 m) ve Kaklık Tepe (948 m) gibi yükseltiler kuşatır. Kapalı bir havza özelliği taşıyan depresyonda, sentripetal bir drenaj ağı gelişmiştir ve depresyonda daimî akışa sahip bir

akarsu bulunmamaktadır. Depresyon temelde karstik kökenli olmakla birlikte, oluşumunda tektonizmanın da payı vardır.

Çokrağan Mağarası

Mağaralar, Kuvaterner dönemi için iyi doğal arşivlerden biri olmaları, paleoortam ile paleoiklim koşullarının yeniden yapılandırılmasına olanak tanımaları nedeniyle büyük bilimsel değere sahip karstik oluşumlardır. Çokrağan Mağarası, Yukarı Karacahisar köyü kuzeyinde, Çalüstü Tepe'de yer almaktadır. 2050 m uzunluğa sahip mağara Jura yaşlı rekristalize kireçtaşları içinde gelişmiştir. Birbirine bağlı ancak farklı dönemlerde oluşmuş üç ayrı seviyeden meydana gelir (Baykara, 2007; Polat ve Güney, 2013). Girişe göre en derin noktası -37 metredir (Baykara, 2007). Sarkıt, dicit ve sütun gibi birincil karstik birikim şekilleri bakımından zengin olan mağaranın içinde göl bulunmaktadır (Şekil 15a). Mağara sisteminden, 1346 m yükseltide yer alan ve Uşak'ın içme suyu ihtiyacının bir kısmını karşılayan Çokrağan (Çukurayn) kaynağı boşalır.



Şekil 15. a) Çokrağan Mağarası ve içindeki gölün görünüşü (Foto: E. Kulaksızoğlu), **b)** Sırçalık Mağarası girişi.

Figure 15. a) Çokrağan Cave and the lake inside it (Photo: Ertuğrul Kulaksızoğlu), **b)** Entrance of the Sırçalık Cave.

Sırçalık Mağarası (Boduşdamı-Banaz)

Sırçalık Mağarası, Boduşdamı mahallesinin (Banaz-Ulupınar) 2,5 km güneydoğusunda, Kaleboynu Tepe'nin (1709 m) batı yamacındadır. Paleozoyik yaşlı mermerler içinde düşey olarak gelişmiştir. Mağara ağzı, deniz seviyesinden 1530 m yükseklikte, mermerler ile şistlerin dokanağında açılmıştır (Şekil 15b). Giriş ağzı yaklaşık 6x3 m ebatlarındadır (Polat, 2017). Derinliği 38 m, toplam uzunluğu ise 370 m olarak ölçülmüştür. Mağara, fosil mağara özelliği taşımaktadır. Sarkıt, dikit ve sütun gibi birikim şekillerinin bulunduğu giriş salonu, defneciler tarafından tahrip edilmiştir.

Kayaağıl Peribacaları

Peribacaları, Kayaağıl köyünün kuzeyindeki yamaçlarda ve doğuda Ilıcasu dere vadisinin güney kesiminde gözlemlenmektedir. Kayaağıl Belediye Termal Tesisleri'nin kuzeyindeki peribacaları, beyaz renkli ignimbritler içerisinde şekillenmiştir. Sınırlı bir alanda yayılım gösteren peribacalarının gövde ve şapka (takke) kısımları ignimbritlerden oluşur (Şekil 16a). Gelinkayası mevkiinde yer alan peribacaları, kırmızı renkli gövdelere sahip olmalarıyla dikkat çeker.

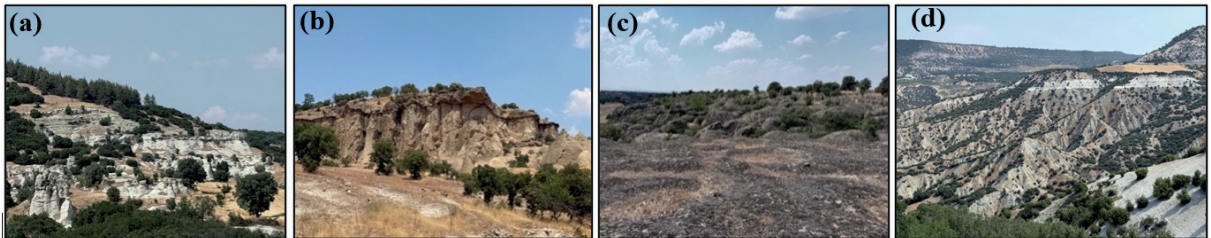
Düzköy Peribacaları

Düzköy Peribacaları, Eşme'nin kuzeydoğusunda, Aydınlı köyü Düzköy mahallesi yakınlarında,

Kale dere ve Gök dere vadilerinin yamaçlarında yer alır. Düzköy peribacalarının yüksekliği 6 m, çapı ise yaklaşık 3 metredir (Polat, 2017). Peribacaları, ignimbritler, andezitler ve volkanik breşlerden oluşan Beydağı volkanitleri içinde gelişmiştir. Peribacalarının gövde ve şapka (takke) kısımları farklı kayalar türlerinden meydana gelmektedir. Kale dere vadisinin genel olarak kuzey yamaçlarındakilerin gövdesini ignimbritler, takkesini ise kornişlerden kopan andezit blokları oluşturmaktadır (Şekil 16b). Seyriboz Damları batısındaki akarsu vadisindeki peribacaları ise volkanik breşler içinde gelişme imkânı bulmuştur.

Düzköy Psödokarstik Şekiller

Eşme ilçesinin Düzköy, Gökçukur ve Bozlar yerleşimleri arasında, Gök Dere ile Çınarlı Dere vadileri arasında kalan alanda, ignimbritler üzerinde boyutları farklı ve sayıca oldukça fazla olan çukur ve oluk şekiller dikkati çeker. Şekillerin karstlaşma ile bir ilişkisi yoktur. Bu nedenle psödokarstik şekillerdir. Özellikle Düzköy mahallesinin güneyindeki Kapıkaya mevkiinde yoğun olarak bulunurlar. Bu çukurlar ve oluklar, suyun ana kaya üzerinde fiziksel ve kimyasal aşındırıcı etkisi sonucu oluşmuş ayrışma çukurlarıdır. Genişlikleri birkaç santimetre ile maksimum 4 m arasında değişir. Derinlikleri 70-80 cm olan bu çukurlar eğimin az olduğu yerlerde ignimbrit yüzeylerinde görülmektedir (Şekil 16c).



Şekil 16. a) Kayaağıl peribacaları, b) Takkesi andezit, gövdesi ignimbritlerden yapıli peribacaları (Kale dere vadisi K yamaçları), c) İgnimbritler üzerinde gelişen psödokarstik şekiller, d) Ortabağ-Çatalbayır badlands topografyası.

Figure 16. a) Kayaağıl fairy chimneys, b) Fairy chimneys with andesite caps and ignimbrite bodies (N slopes of Kale Dere Valley), c) Pseudokarst features developed on ignimbrites, d) Ortabağ-Çatalbayır badland topography.

Ortabağ-Çatalbayır Köyü Kırgıbayırı Topografyası

Uşak ilinde kırgıbayır topoğrafyasına, Çatalbayır-Ortabağ-Ulucak yerleşimleri boyunca (Şekil 16d) ayrıca Fakılı ile Güre yerleşimleri arasındaki yamaç kuşağında rastlanmaktadır. Günümüzde de gelişimini aktif olarak sürdüren bu yer şekli, Alt-Orta Miyosen yaşlı, iyi pekişmemiş kiltası, kumtaşı, jips, marn ve tuf ardalanmasından oluşan göl ve akarsu kökenli çökeltiler üzerinde gelişmiştir. Bölgedeki badlands topoğrafyası, yüzey şekillenmesinde erozyonel süreçlerin etkinliğini ve hızını gözler önüne sermesi bakımından oldukça dikkat çekicidir. Nitekim bu sahalarda aşınım ve birikim süreçleri son derece hızlı ve yoğun işlemekte, bir yıl gibi kısa bir süre içinde dahi belirgin morfolojik değişimler gözlemlenebilmektedir.

Kültürel Jeositler

Tarihsel ve/veya arkeolojik özellikler barındıran yer şekilleri ile arazi parçaları kültürel jeosit olarak tanımlanmaktadır. Yontma taş aletler, sanat eserlerinin üretiminde kullanılan doğal hammaddeler, bu üretim süreçlerine ait kaya yüzeyi izleri, kaya yerleşimleri, kaya mezarları, antik yollar ve antik taş ocakları bu sınıflandırma kapsamında ele alınmaktadır (*Grup j*).

Antik taş ocakları

Antik taş ocakları, işletme çukurları ve terk edilmiş maden alanları, özel bir jeoturizm değeri taşır. Bu alanlar, yüzeydeki jeolojik oluşumları gözlemlenmek için birer açık hava laboratuvarı işlevi görür ve turist trafiğinin ihtiyaçları doğrultusunda bilinçli bir şekilde düzenlendiğinde hem turistik hem de eğitsel anlamda mükemmel

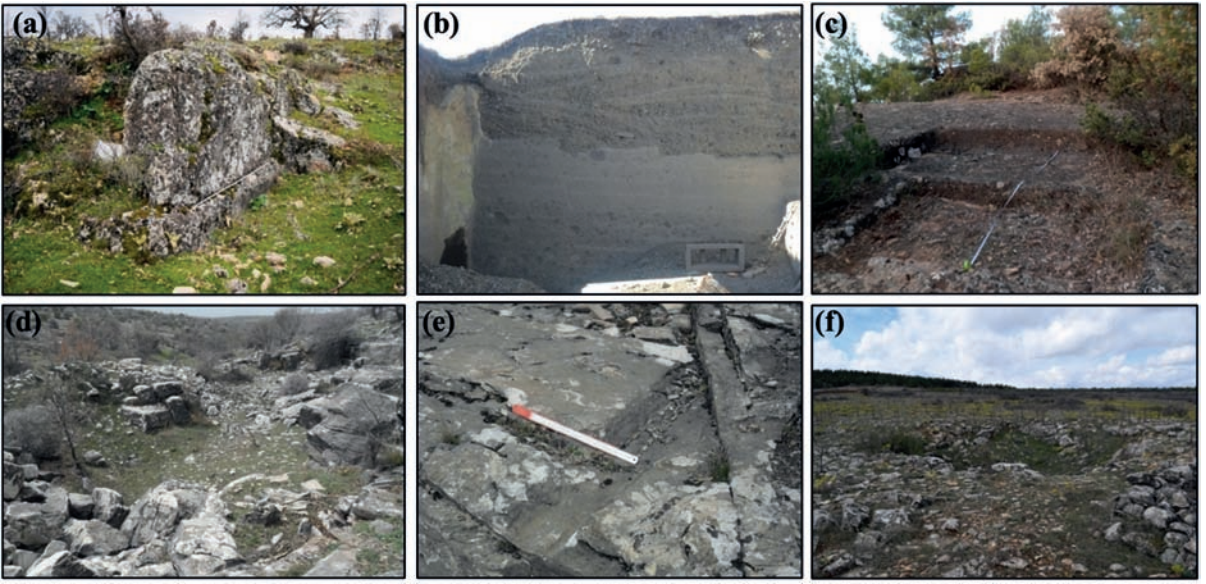
birer cazibe merkezine dönüşebilmektedir. Antik taş ocakları, insanın çağlar boyunca kayaçları işlediği alanlar olup, arkeolojik açıdan önem olmaları yanında jeoarkeoloji, jemiras, jeoturizm ve kültürel jeoloji açısından da önemlidir. Tarihsel süreçte yapı taşı çıkarımı ve şekillendirilmesine ilişkin bulgular içermesi nedeniyle Uşak'ta yer alan antik kentlerde kullanılan yapı malzemelerinin hammadde kaynaklarının belirlenmesi açısından büyük değere sahiptir.

Ulupınar antik taş ocağı

Antik mermer ocağı, Banaz ilçesi Ulupınar köyünün yaklaşık 1 km güneybatısında bulunmaktadır. Ocak izleri, Kocapınar kaynağının güneyindeki yamaçta yer alır (Şekil 17a). Asgari (1981), buradaki beyaz renkli, ince-orta taneli mermerlerin, yaklaşık 5 km kuzeyde bulunan Akmonia antik kentinin, yapıtaşı ihtiyacını kısmen karşılamış olabileceğini öne sürmektedir.

Altıntaş antik taş ocağı

Uşak şehrindeki Ulucami, Burma Cami ve Boduroğlu Cami gibi tarihî yapıların inşasında kullanılan ve günümüzde de çıkarılmaya devam eden Altıntaş Taşı, volkanik kökenlidir. İnşaat ve mimaride yüksek dekoratif özellikleri nedeniyle tercih edilen bu yapı malzemesi, Uşak'ın kuzeydoğusundaki Altıntaş köyü sınırları içinde Altıntaş Göleti ile Çarık dere arasında kalan sırt üzerindeki ocaklardan çıkartılmaktadır. Halk arasında "Küfeki Taşı" olarak adlandırılan koyu gri renkli bu taş, yapısı itibarıyla bir aglomeradır (Polat, 2017) (Şekil 17b). Aglomeralar, Elmadağ stratovolkanının ürünüdür. Günümüzde, Altıntaş köylüleri tarafından oldukça dar bir alanda ve sınırlı miktarda çıkarılan bu taş, Uşak ve çevre illerde pazarlanmaktadır.



Şekil 17. a) Ulupınar antik taş ocağı çıkarım yuvaları, b) Altıntaş antik taş ocağında Karaboldere volkaniti olarak adlandırılan aglomeralar. c) Göğem taş ocağı. (Şerit metre 310 cm), d) Roma dönemine ait Selvioğlu mermer ocaklarının bir bölümü, e) Çıkarım yuvası (Selvioğlu mermer ocakları), f) Külköy antik mermer ocağı.

Figure 17. a) Extraction pits in the Ulupınar ancient stone quarry. b) Agglomerates identified as Karaboldere volcanics in Altıntaş ancient stone quarry. c) Göğem stone quarry (measuring tape: 310 cm). d) A section of the Selvioğlu marble quarries dating back to the Roman period, e) Extraction pit (Selvioğlu marble quarries), f) Külköy ancient marble quarry.

Göğem taş ocağı

Taş ocağı, Göğem köyünün kuzeybatısında, Göğem dere vadisinin doğu yamacında bulunur. Ocak, Yeniköy Formasyonu içinde yer alan kumtaşlarının, yapı malzemesi ve değirmen taşı yapımı amacıyla işlendiği bir sahadır. Malzemenin alındığı yerler net şekilde izlenebilmektedir. Çıkartılan blokların, büyük olasılıkla Ortaköy'ün kuzeyindeki antik yerleşimde kullanıldığı düşünülmektedir (Şekil 17c).

Selvioğlu antik taş ocakları

Uşak ilindeki en önemli antik mermer ocaklarıdır. Ocak, Selvioğlu köyünün Hediler mahallesi ile Tepearası Tepe (1068 m) arasında, Kaklık derenin kollarından periyodik akışlı akarsu vadisinin her iki yamacında yer alır. Ocaklar, K-G kıvrım eksenine sahip, çekirdeği şistlerden oluşan

antiklinalin batı kanadındaki gri ve beyaz renkli, batıya doğru 40-50° arasında değişen eğime sahip mermerler içinde açılmıştır (Şekil 17d ve e). Antik dönemde bu ocaklardan büyük boyutlu taşların çıkarıldığı ve lahit yapımında kullanıldığı düşünülmektedir. Ocakların kenarındaki pasa yığınları günümüze kadar ulaşmıştır. İki ayrı ocakta yazıt bulunmaktadır. Bunlardan birinde, taş kesme ve işleme zanaatkarlarını belirtmek için kullanılan “lithoxoos” ve “latomos” gibi isimlerin yer alması oldukça ilgi çekicidir (Asgari, 1981). Ocaklarda alet izleri, taş çıkarım olukları ve basamaklar net bir şekilde seçilebilmektedir.

Külköy antik mermer ocağı

Antik ocak, Karahallı ilçesi Külköy'ün kuzeydoğusunda yer alır. Ocaklar, Taşburun Tepe'nin doğusunda, 850-900 m yükselteleri

arasında yüzeyleyen Musadağ mermerleri içinde açılmıştır. Sığ dolin şeklinde bir morfolojiye sahip çok sayıda ocak bulunmaktadır. Ocakların derinliği maksimum 3 metredir (Şekil 17f). Ocaklarda pasa yığınları, taş yuvaları, basamaklar, murç izleri, yapı malzemesi alımı sırasında oluşturulmuş kanallar gibi birçok üretim izi ve hatta yarı işlenmiş taşlar göze çarpmaktadır. Sebaste antik kentinin inşasında kullanılan mermerlerin bir kısmının bu ocaklardan sağlanmış olma ihtimali oldukça yüksektir.

Baltalı cıva maden ocağı

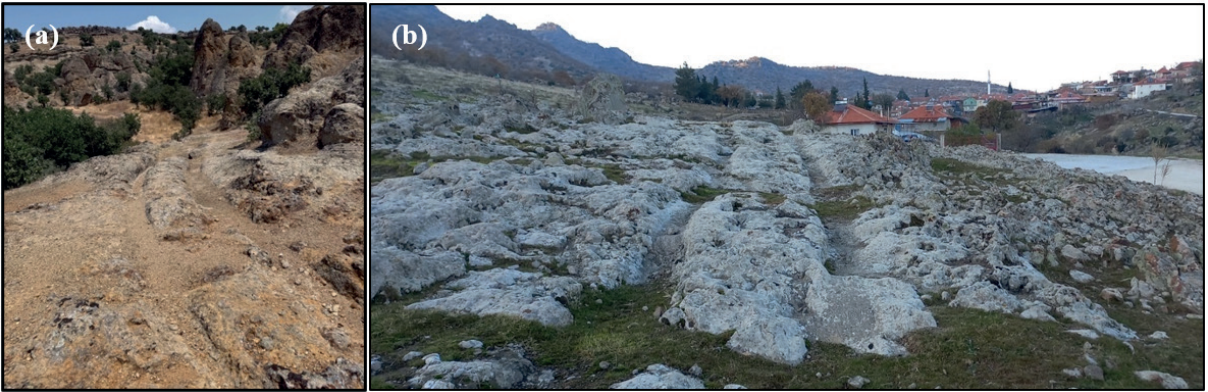
Madencilik faaliyetleri, kültürel mirasın birer anıtıdır. Ayrıca, terk edilmiş maden ocakları; jeolojik nadirlikler barındırmaları, ilgi çekici kayaç ve mineralleri, jeolojik yapıları ve stratigrafik birimleri sergilemeleri ve çeşitli doğal, ekolojik ve peyzaj değerlerine sahip olmaları nedeniyle önemli jeomiras unsurlarıdır. Eski galeriler, çukurlar ve diğer madencilik yapıları, önemli antropojenik yer şekillerini oluşturur. Baltalı'daki cıva maden ocakları, köyün batısındaki Madensivrisi Tepe ve Çakıraz Tepe'de

yoğunlaşmıştır. Volkanik aktiviteye bağlı yoğun silisleşme süreçleri sırasında, riolitik tüfler kaolinleşmeye uğramış; bu süreçle eşzamanlı olarak, hidrotermal akışkanlar mevcut çatlak sistemleri boyunca yükselerek yüzeye yakın zonlarda zinober (HgS-Cıva sülfür) içeren ikincil silisli kayaç oluşumuna neden olmuştur.

Antik Yollar

Kale Dere antik yolu

Antik yol, Eşme ilçesine bağlı Aydın köyü Düzköy mahallesi ile Camili köyü arasında, antik Mesotmolos yerleşiminin yakınlarında yer alır. Yol, Kale deresini verevine kesmektedir. Yol izleri, vadinin kuzey yamacında daha belirgin bir şekilde korunmuştur ve 360 metrelik bir mesafe boyunca, araç tekerleklerinin ignimbritler üzerinde bıraktığı oyuk izleri sayesinde takip edilebilmektedir (Şekil 18a). Antik yolun inşasında, önlerine çıkan sırtlarda, yer yer kayaları yarararak geçitler açmak suretiyle ilerledikleri anlaşılmaktadır. Yolun güneydeki uzantısı ise tarımsal faaliyetler nedeniyle belirginliğini yitirmiştir.



Şekil 18.a) Kaledere Vadisi kuzeyinde ignimbritler üzerinde açılan antik yol (KB'ye bakış), **b)** Volkanik breşler üzerinde açılan Gedikler Antik Yolu (K'ye bakış).

Figure 18.a) An ancient road carved into ignimbrites located north of the Kaledere valley. (View to the NW), **(b)** The Gedikler Ancient Road carved into volcanic breccia lithologies. (View to the N).

Gedikler antik yolu

Ulubey ilçesi Gedikler köyü güneyinde antik yol kalıntıları bulunmaktadır. Köyün güneyindeki stabilize yola paralel uzanan yol, volkanik breşler üzerinde açılmıştır. Yaklaşık 90 metrelik bir mesafe boyunca takip edilebilen yolda, araç tekerleklerinin volkanik breşleri aşındırmasıyla oluşturduğu kanallar ve tekerlek izleri belirgindir (Şekil 18b).

Antik Su Yolları ve Su Kemerleri

Banaz Çayı antik su yolu

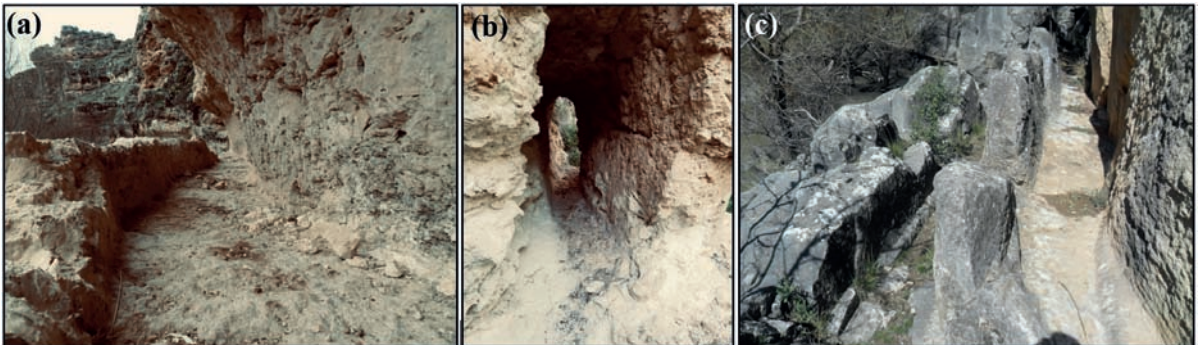
Antik su kanalı Banaz Çayı'nın oluşturduğu Avgan Kanyonu bölümünde, kanyonun kuzey yamacındadır. Kanyonun uzanışına paralel olarak inşa edilmiştir. Su kanalı, kireçtaşlarının oyulması ve bazı kesimlerde ise tüneller açılması şeklinde yapılmıştır (Şekil 19a ve b).

Doğal süreçler (moloz akıntıları, akarsu aşındırması, seller) ve beşerî faktörler (tarım ve yol yapım çalışmaları) nedeniyle kanalları kesintisiz bir şekilde izlemek mümkün değildir. Kanalın, kanyon içindeki tarım arazilerini sulama amacıyla yapıldığı düşünülmektedir.

Clandras antik su yolları ve Clandras su kemeri

Clandras Antik Su Yolu, Karahallı ilçesine bağlı Karayakuplu köyü sınırları içinde yer alır. Sistem, Clandras Su Kemerinden başlayarak Pepouza antik yerleşiminin yakınına kadar uzanır. Kanallar, vadinin kuzey yamacında birbirine paralel üç hat (Şekil 19c), güney yamacında ise tek hat şeklinde oyulmuştur. Kuzeydeki vadi tabanına en yakın olan kanalın uzunluğu yaklaşık 1.7 km'dir. Bu su iletim kanalları, bazı kesintiler olmakla birlikte, genellikle mermerler içine oyulmuştur. Kaya devrilmesi, heyelan gibi kütle hareketleri ile diğer doğal süreçlerin yanı sıra insan kaynaklı faktörler de kanallarda tahribata yol açmıştır. Bu nedenlerle, belirtilen kesimde kanalların bazı bölümleri tamamen yok olmuştur. Kanalların derinliği maksimum 180 cm, genişliği ise ortalama 50 cm'ye ulaşmaktadır.

Clandras Su Kemerini, Clandras Kanyonu Jeositi'nin başlangıç kesiminde, Banaz Çayı üzerinde inşa edilmiştir. Yapım tekniği ve mimari özellikleri bakımından oldukça dikkat çeken bu yapı, çeşitli kaynaklarda "köprü" olarak da anılmaktadır. Kemer, Banaz Çayı seviyesinden yaklaşık 17 m yükseklikte, 24 m uzunluğunda ve 1,75 m genişliğindedir. Tek gözlü olarak inşa edilen yapı, Helenistik ve Roma öncesi dönemlere ait mimari izler taşımaktadır.



Şekil 19. a) Ulubey Formasyonu kireçtaşları içerisine açılmış antik su yolu, b) Suyu iletmek için açılan tünel, c) Clandras kanyonu kuzey yamacında 3 hat şeklinde açılmış su yolları.

Figure 19. a) An ancient water channel carved into the limestones of the Ulubey Formation, b) Tunnel excavated for water conveyance, c) Three distinct water channels carved along the northern slope of the Clandras canyon.

Uşak şehri Osmanlı dönemi su yolu

Cumhuriyet öncesi dönemde Uşak'ın su ihtiyacının büyük bölümü, halkın Kızıldağ olarak adlandırdığı; Kolankaya Tepe, Yumurcak Tepe (1278 m) ve Kıran Tepe (1387 m) gibi tepelik alanın güney yamacında akan Menevşelikkaya dere, İpırılar dere, Hacıahmet dere ve Çokkozlar gibi akarsuların yukarı havzalarındaki kaynaklardan karşılanmıştır. Toplanan sular, tünel ve toprak borular aracılığıyla şehir içindeki çeşmelere iletilerek yerleşimin su ihtiyacı giderilmeye çalışılmıştır. Günümüzde, Cevizüstü derenin kabul havzasında, Çallıoğlu Mahallesi ile Pırtılar Mahallesi arasında ve Ilıcaksu derenin kollarından Bağdere vadisinde su yollarının kalıntılarına rastlanmaktadır. Toprak altına inşa edilmiş olan su yolları, 160 cm yüksekliğinde ve 70 cm genişliğinde tünel formundadır.

Antik Yerleşimler

Sürmecik paleolitik sitesi

Sürmecik Paleolitik Siti, Banaz'ın batısında, Kızılcaören köyünün 2,5 km güneybatısında yöre halkının Sürmecik veya Uyuzhamamı olarak adlandırdığı bölgede yer almaktadır. Ankara-İzmir Karayolu'nun 700 m kuzeyindedir. Şu ana kadar Türkiye'de saptanmış en büyük ve en önemli

Alt-Orta Paleolitik dönemine ait açık hava sitesi olma özelliğine sahiptir. Anadolu prehistoryası açısından büyük önem taşıyan bu saha, Alt-Orta Paleolitik Çağ'a ait yontma taş endüstrisini yansıtan taş aletlerin bulunduğu en büyük açık hava sitidir ve arkeolojik değeri ulusal ve uluslararası düzeydedir. 2016 ve 2017 yılı kazı sezonlarında toplam 85.805 adet yontmataş endüstrisine ait malzeme ele geçirilmiştir (Şekil 20a ve b).

Sürmecik Paleolitik Açık Hava Siti gerek sayısal gerekse Paleolitik alet tür ve hammadde çeşitliliği açısından çok zengindir. Buluntular arasındaki iki yüzeyli uçlar ve yaprak biçimli uçlar, Türkiye'de ilk kez tespit edilmiştir. Anadolu'da şimdiye kadar başka hiçbir Paleolitik yerleşimde bu denli fazla sayıda yontmataş alet ele geçmemiştir. Paleolitik aletlere, genellikle travertenlerin altındaki limonit ve kil tabakaları ile traverten konisi kanalını dolduran kum-çakıl depolarında rastlanmıştır; travertenlerin içinde ise çok az sayıda bulunmuştur. Ayrıca Paleolitik çağa ait dolgular içinde at, sığır ve geyik gibi büyük memelilere ait omurgalı hayvan fosilleri de (Şekil 20c) içermektedir (Polat, 2018). Yaklaşık 420.000-300.000 yıl öncesine tarihlenen bu paleofauna kalıntıları ile *Homo neanderthal* insanlara ait ilk kültürel eserlerin aynı tabakalarda birlikte bulunması, sahanın jeokültürel miras açısından taşıdığı olağanüstü önemi ortaya koymaktadır.



Şekil 20. a) İki yüzeyli alet, b) Orta Paleolitik'e ait uçlar, c) Omurgalı hayvan fosili (Foto: Uşak Müzesi).

Figure 20. a) Biface tool, b) Middle Palaeolithic points, c) Fossil of a vertebrate animal (Photos: Uşak Museum).

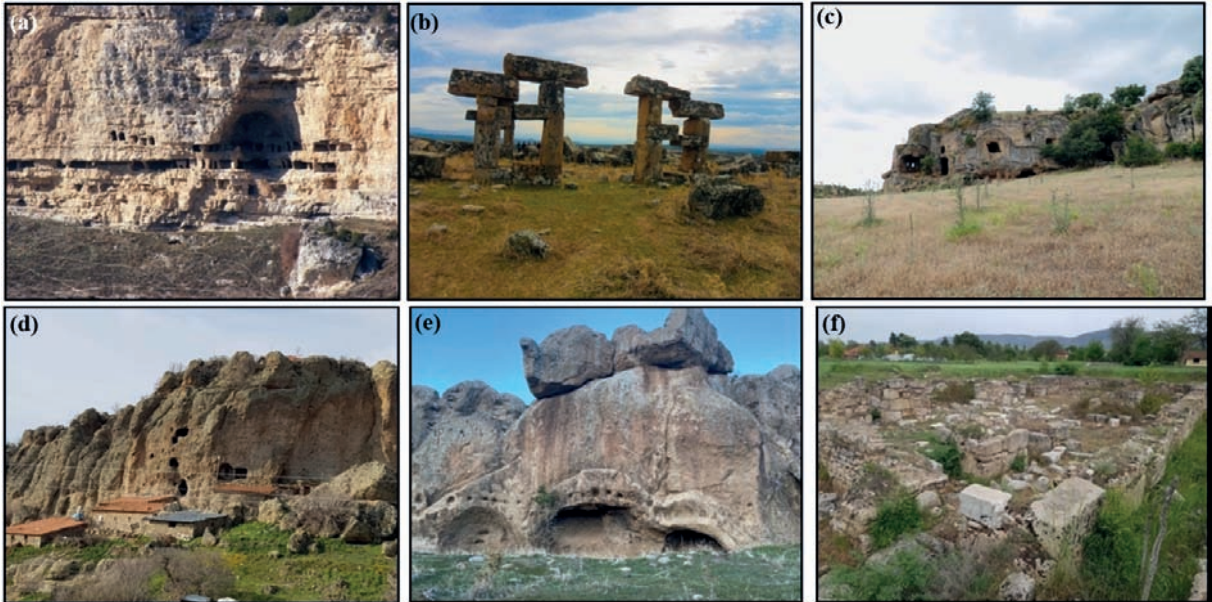
Pepouza antik kenti ve manastırı

Pepouza Antik Kenti, Karayakuplu köyünün 1 km güneybatısında, Banaz Çayı vadisinin genişlediği alanın kuzey kesiminde yer almaktadır (Şekil 21a). Kent, MÖ 165 yılı civarında kurulmuş ve Roma Dönemi'nde de önemini sürdürmüştür. Hem Roma hem de Bizans dönemlerinde önemli bir dini merkez olarak kabul edilmiştir (Tabbernee ve Lampe, 2008). Bölgeye yerleşen topluluğun, Hristiyanlığın erken dönem mezheplerinden Montanizm'i benimseyen bir grup olduğu ifade edilmektedir. Pepouza'nın Montanizm mezhebinin idari ve dini başkenti olduğu belirtilmektedir. Montanistler, Pepouza'yı İncil'de "Yeni Kudüs" olarak geçen ve Mesih'in geleceği kutsal yer olarak kabul etmekteydi (Batuk, 2003). Kanyon içindeki yerleşimin Pepouza Antik Kenti olduğunu işaret eden birçok kanıt bulunduğu belirtilmektedir. Bu kanıtların en önemlilerinden biri, yerleşimin batısında, kanyonun kuzey yamacında ve bir menderes boynunu oluşturan kesimde, kireçtaşları içine oyulmuş büyük bir Bizans manastırının

keşfedilmiş olmasıdır. Çok katlı olan manastırın inşasında, kireçtaşı tabakalarının düzlemlerinden büyük ölçüde yararlanılmıştır.

Blaundos antik kenti

Kent, Uşak'ın 30 km güneybatısında, Ulubey ilçesinin Sülümenli köyü kuzeydoğusunda yer alır. İnay deresi ve doğudaki isimsiz bir derenin oluşturduğu savunmaya son derece elverişli, derin ve gömük menderesli kanyon vadilerle çevrili Sülümenlikalesi Tepe'nin (690 m) üst kesiminde ve yamaçlarına yayılmıştır (Şekil 21b). Büyük İskender döneminde, Makedonyalı askerler için kurulmuş bir garnizon kenti olduğu kabul edilmektedir. Blaundos, yüksek turizm potansiyeline sahip Ulubey Kanyonu'na yakın konumu nedeniyle Uşak'ın en çok ziyaret edilen antik kentlerinden biridir. Denizli Çürüksu Havzası'ndaki Hierapolis, Laodikeia, Tripolis ve Colossai gibi antik kentlerde olduğu gibi geçmişte ana yapı taşı traverten olmuştur (Özkul vd., 2024).



Şekil 21. a) Pepouza Manastırı (Karahallı-Karayakuplu köyü), b) Blaundos Antik Kenti, c) Kale Tepe kaya mezarları, d) Bekişli kaya meskenleri, e) İgnimbitler içerisinde açılmış kaya mezarları, f) Sebaste Antik Kenti.

Figure 21. a) Pepouza Monastery (Karahallı-Karayakuplu village), b) Blaundos ancient city, c) Kale Tepe rock-cut tombs, d) Rock-cut dwellings of Bekişli, e) Rock-cut tombs carved into ignimbrites, f) Ancient city of Sebaste.

Blaundos Antik Kenti'nin yapımında da büyük oranda traverten kullanılmıştır. Travertenler, Aksaz kaynakları çevresinden, Kalabak dere vadisinden ve Hanyeri köyü yakınlarındaki ocaklardan temin edilmiştir.

Kale Tepe höyüğü ve kaya mezarları (Mesotmolos)

Aydınlı köyünün Düzköy Mahallesi'nin yaklaşık 1,5 km kuzeybatısında, Kale deresi yamacında konumlanan Kale Tepe Höyüğü ve ignimbirit kayalar içine oyulmuş çok sayıda kaya mezarı bulunmaktadır. Bu höyük ve kaya mezarları, antik Likya kenti Mesotmolos'un sınırları içinde yer alır. Kaya mezarlarının oyulduğu ignimbiritler, Pliyosen yaşlı Beydağ volkanitlerine aittir (Şekil 21c). Kale Tepe'nin batı, kuzey ve güney yamaçları, oldukça dik bir topografik profile sahiptir. Bu nedenle, yerleşimin bu yönlerdeki doğal sınırları, akarsu vadisinin sarp yamaçları tarafından çizilmektedir.

Bekişli kaya (mağara) meskenleri

Bekişli köyünde, Emirler Tepesi'nin doğu ve güney yamaçları ile Değirmen dere vadisinin kuzeyinde yer alan kaya meskenleri, iç planları bakımından ne estetik ne de mimari açıdan dikkat çekici özellikler sergilemektedir (Şekil 21d). Oldukça sade bir tarzda oyulmuş olan bu meskenlerde herhangi bir süsleme unsuruna rastlanmamaktadır. Aglomeralar içine oyulan bu yapılar, sahip oldukları litolojik özellikler (kayaç yapısı) nedeniyle işlenmeye pek elverişli değildir (Ceylan, 2007). Köy halkı bu meskenleri ahır, samanlık ve depo olarak kullanmakta olup, bu durum kaya meskenlerinin zamanla tahrip olmasına neden olmaktadır.

Kapıkaya (Aydınlı) kaya mezarları

Kaya mezarları, Aydınlı köyünün yaklaşık 1,5 km kuzeydoğusunda, Eşme-Uşak karayolunun 300

m batısında yer almaktadır. Mezarlar, Değirmen deresinin bir yan kolunun oluşturduğu vadinin dik yamaçlarına oyulmuştur. Alanda, yaklaşık 20-25 m yüksekliğindeki doğal bir kaya kütleleri üzerinde beş ila altı adet kaya mezarı tespit edilmiştir (Şekil 21e) (Ceylan, 2007).

Sebaste antik kenti

Antik kent, Sivaslı ilçe merkezinin 2 km batısında, Selçukler beldesindedir. Antik kent, çevredeki ticaret yollarının kesiştiği merkezi bir lokasyonda yer almasıyla stratejik bir öneme sahiptir. Yerleşim, Roma İmparatoru Augustus tarafından kurulmuş olup, döneminin 12 önemli kentinden biriydi. Sebaste, MS 9. yüzyılda çevresindeki yerleşimlerin piskoposluk merkezi haline gelmiştir. Hitit, Luvi, Lydia ve Frigya uygarlıklarına ait izler taşıyan kentte, 1966-1978 yılları arasında Prof. Dr. Nezih Fıratlı başkanlığında kazı çalışmaları yürütülmüştür. Bu kazılarda iki kilise ve bir hamamın kalıntıları ortaya çıkarılmıştır (Şekil 21f). Kentte kullanılan mermerlerin büyük olasılıkla Bulkaz Dağı'nın batısındaki ocaklardan getirildiği düşünülmektedir (Asgari, 1981). Ayrıca, Külköy'ün kuzeydoğusundaki ocaklardan çıkarılan mermerlerin de kullanılmış olması muhtemeldir.

Akmonia antik kenti ve taş borular

Kent, Uşak'ın Banaz ilçesine bağlı Ahat köyünün güneyinde, Kuruçay Dere ile Çimenli Dere arasında uzanan sırtın üzerinde (1000 m) kurulmuştur (Şekil 22a ve d). Sandıklı-Banaz arasındaki ana ulaşım güzergâhı üzerinde bulunması, Banaz Ovası'na hâkim konumu, Kuruçay tarafından beslenen verimli tarım arazileri ve korunaklı topoğrafyası, kentin burada kurulup gelişmesinde etkili olan başlıca faktörlerdir.

Antik Akmonia Kenti'nin su ihtiyacını karşılamak üzere inşa edilmiş taş borular dikkat çekicidir (Şekil 22b ve c). Taş borular,

tufa kütlelerinin küp şeklinde kesilip, içlerinin birbirine geçmeli olacak şekilde oyulmasıyla (52-68 cm uzunluğunda) yapılmıştır. Boruların iç çapı 18 cm'dir. Kanalin iç yüzeyi, krem renginde, 1 cm ile 5 cm arasında değişen kalınlıkta kireç tabakası ile kaplıdır. Yapılan saha çalışmalarında, alanda toplam 83 adet taş boru tespit edilmiştir.

Tümülüsler

Tümülüs, Latince bir kelime olan “tumulus” kelimesinden gelir ve yığın ya da tepe anlamı taşır. Bir mezarın üzerini örten toprak ve taş yığından oluşan yapay bir tepedir (Zeren Hasdağlı, 2017). Türkiye'deki örnekler arasında, Manisa-Salihli

sınırları içindeki Bin Tepeler Tümülüsleri, UNESCO Dünya Kültürel Miras Listesi'ne dahil edilerek uluslararası öneme sahip bir alan olarak korunmaktadır. Benzer şekilde, Ankara-Polatlı'da bulunan Gordion Tümülüsü, Frig uygarlığıyla ilişkili hem kültürel hem de topografik açıdan değerli bir jeosit olarak öne çıkmaktadır. ProGEO'nun jeosit sınıflandırmasına göre Grup- j sınıfına dâhil edilen Düzköy ve Güre Tümülüsleri bilimsel, eğitim, kültürel ve turizm değerlerine sahiptir. Tarihi ve kültürel öneminden dolayı ulusal ölçüde nadirlikte bir kültürel jeositir. Bu alanlar, kültürel miras değerlerinin yanı sıra bölgenin jeoturizm potansiyeli açısından da önemli jeositler niteliğindedir.



Şekil 22.a) Akmonia Antik Kenti doğu girişi, **b ve c)** Traverten (Tufa) kütlelerden oluşturulan taş borular, **d)** Akmonia Antik Kenti.

Figure 22.a) East entrance of the ancient city of Akmonia, **b and c)** Stone pipes formed from travertine (Tufa) masses, **d)** Ancient city of Akmonia.



Şekil 23.a) Düzköy Tümülüsü, **b)** Güre Tümülüslerinden Aktepe Tümülüsü'nün girişi.

Figure 23. a) Düzköy Tumulus, **b)** Entrance to the Aktepe Tumulus, one of the Güre Tumuli.

Düzköy Tümülüsü

Düzköy Tümülüsü, Düzköy mahallesinin 750 m doğusunda, Gök derenin kenarında yer alır. Deniz seviyesinden 819 m yükseklikte olan tümülüsün bağıl yüksekliği yaklaşık 20 metredir (Şekil 23a). Yerel halk tarafından “Tepe Höyük” olarak adlandırılan Düzköy Tümülüsü’nün üst kısmında, çevredeki diğer tümülüslerde de olduğu gibi, defnecilik faaliyetlerine işaret eden bir çöküntü alanı bulunmaktadır (Ceylan, 2007).

Güre Tümülüsleri

Uşak’tan Gediz yönüne uzanan güzergâh, Lidya kültür alanının doğu sınırını oluşturan bir hat olarak kabul edilmektedir. Uşak’ın Lidya kültür bölgesi içinde yer alan Güre köyünün kuzeybatısında, Gediz Irmağı ile Güre Çayı’nın birleştiği noktada çok sayıda tümülüs tespit edilmiştir. Şimdiye kadar bu bölgede 16 adet tümülüs belirlenmiştir (Zeren Hasdağlı, 2017). Bu tümülüslerin en tanınmış olanı, Karun Hazinesi’nin çıkarıldığı Aktepe Tümülüsü’dür. Tümülüsün bulunduğu tepenin bağıl yüksekliği 30 m’dir. Aktepe Tümülüsü, yığma bir tepe değildir; Ahmetler formasyonuna ait doğal bir şahit tepenin içi oyularak tümülüs formuna dönüştürülmüştür (Şekil 23b).

TARTIŞMA ve SONUÇLAR

ProGEO’nun jeosit sınıflandırma sistemine göre yapılan değerlendirmeler sonucunda, Uşak ili sınırları içerisinde toplam 64 adet jeosit belirlenmiştir. Bu jeositler, sahip oldukları jeolojik, jeomorfolojik ve tarihî-kültürel özelliklere göre yedi farklı gruba ayrılmıştır: Grup a (Stratigrafik Birimler): 3 jeosit; Grup b (Paleocoğrafya ve Ortamsal Unsurlar): 4 jeosit; Grup c (Magmatik, Metamorfik, Tortul Kayaçlar ve Yapılar): 2 jeosit; Grup d (Mineraloji ve Ekonomik Jeoloji): 7 jeosit; Grup e (Yapısal Jeoloji): 5 jeosit; Grup f (Jeomorfolojik Süreçler, Yer Şekilleri ve Peyzajlar): 22 jeosit; Grup j (Tarihî ve Kültürel Jeolojik Miras): 21 jeosit.

Yedi farklı grupta toplanan toplam 64 jeosit, Uşak ilinin jeolojik, jeomorfolojik ve arkeolojik çeşitlilik açısından zengin bir doğal ve kültürel miras potansiyeline sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Özellikle Grup f (jeomorfolojik yapılar ve peyzajlar) ve Grup j (tarihî ve kültürel alanlar) içindeki yüksek jeosit sayısı, ilin hem doğal süreçlerle şekillenmiş etkileyici manzaralara hem de insanlık tarihiyle iç içe geçmiş jeolojik miras alanlarına ev sahipliği yaptığının bir göstergesidir. Bu bağlamda, Uşak’ın jeositleri, hem bilimsel araştırmalar hem de sürdürülebilir jeoturizm uygulamaları için önemli fırsatlar sunmaktadır.

Uşak ili sınırları içerisinde 5 doğal miras alanı ve 9 arkeolojik alan resmî olarak koruma statüsüne alınmıştır. Ancak, koruma kapsamına henüz girmemiş diğer jeositler, hem doğal yıpranma hem de insan kaynaklı (antropojenik) müdahaleler nedeniyle tahribat riski altındadır. Bununla birlikte, sahada çökelişi günümüzde de devam eden traverten oluşumları, badlands (kırgıbayır) topoğrafyası ve gaz çıkışları gibi aktif jeolojik ve jeomorfolojik süreçler, bu dinamik süreçlerin doğrudan gözlemlenebilmesi açısından büyük önem taşımakta ve jeo eğitim bağlamında değerlendirilmesi gereken önemli jeomiras unsurları arasında yer almaktadır.

Jeositlerin ve jeomiras değerlerinin tanıtımı hem doğrudan hem de dolaylı yöntemlerle gerçekleştirilmelidir. Bu kapsamda düzenlenecek panel ve sempozyum gibi bilimsel etkinliklerin yanı sıra dergi ve kitap türündeki akademik yayınlar ile kitle iletişim araçlarında yer alan medya içerikleri, söz konusu alanların tanınırlığını önemli ölçüde arttıracaktır.

EXTENDED SUMMARY

Geosites are significant natural features that bear witness to the long geological history of the Earth’s crust and possess scientific, aesthetic, and educational value in the form of minerals, rock

units, fossil assemblages, tectonic structures, and landforms. These assets are focal points not only of geological sciences but also of environmental conservation, cultural heritage, and tourism studies (Wimbledon, 1996; Kazancı et al., 2015). However, pressures arising from natural processes and anthropogenic activities necessitate the protection of these heritage sites. In this context, the identification, characterisation, and sustainable management of geosites have critical importance both for continuity of scientific research and for enhancing public awareness of geological heritage.

This study aims to investigate geosites with scientific, cultural, aesthetic, and touristic potential located in Uşak province, situated in the Inner Western Anatolia region of Türkiye. Uşak province is located between latitudes 38°10'–38°55'N and longitudes 28°45'–30°01'E, covering an area of approximately 5,341 km². The study area is bordered by the provinces of Kütahya, Denizli, Manisa, and Afyonkarahisar and is characterised by surface outcrops of metamorphic, magmatic, and sedimentary rock units ranging in age from the Palaeozoic to the Cenozoic.

The geosites located within the boundaries of Uşak province were classified into seven distinct groups based on their geological, geomorphological, and historical-cultural characteristics. These include Group a (stratigraphic units) comprising 3 geosites; Group b (palaeogeography and environmental elements) with 4 geosites; Group c (igneous, metamorphic, and sedimentary rocks and structures) with 2 geosites; Group d (mineralogy and economic geology) comprising 7 geosites; Group e (structural geology) with 5 geosites; Group f (geomorphological processes, landforms, and landscapes) comprising 22 geosites; and Group j (historical and cultural geological heritage) with 21 geosites. A total of 64 geosites grouped into these seven categories were examined in terms

of their morphological, geological, and cultural attributes, thereby revealing the geoheritage value and geotourism potential of the region.

Among the natural geosites, palaeontological geosites are particularly noteworthy. Mammalian fossils dating to the Late Miocene were identified at several localities, including Kemikli Tepe, Çamsu, and Akçaköy (Yalçınlar, 1983; Ozansoy, 1969; Ercan et al., 1978; Tuna, 1985; Şen et al., 1994; Seyitoğlu et al., 2009). In terms of plant fossils, the İlyaşlı plant fossil site and the silicified tree fossils from Yukarı Karacahisar (Polat et al., 2019) provide valuable insights into the palaeoflora of the region and the palaeoclimatic conditions in the past.

The travertine outcrops exposed in Uşak province are also noteworthy. The Aksaz, Örencik, Hamamboğazi, Sürmecik, and Kaynarca travertines formed from thermal and mineral-rich waters, exhibit active depositional processes, and are considered aesthetically valuable due to their chemically diverse and multicoloured composition (Özkul et al., 2014).

The region is also rich in karstic and pseudokarstic landforms. Karstic features include delik lapiaz; dolines such as Mişçukuru, Çanakarla, Zortaş, and Deveyatağı; karstic depressions such as Çalışkanlar uvala and Kurucaova polye; and caves including Çokrağan and Sırçalık. Pseudokarstic formations include the Düzköy formations, which resemble karstic features in appearance but formed through non-karstic processes. Collectively, these landforms highlight both the morphological diversity and the geotourism potential of Uşak province (Polat and Güney, 2013; Baykara, 2007). In addition, the canyon systems of Taşyaran Valley and Banaz River Valley, particularly fluvial erosion features such as potholes, constitute landscapes that are both educational and visually striking.

Among the geosites with volcanic-origin, the Üçkuyular baking zone and the Karacahisar

dacite columns are particularly prominent. These structures are considered illustrative examples of the interaction between volcanic activity and metamorphic rocks, as well as of cooling-related volcanic textures. Tectonic geosites are observed along fault lines such as Kızılcaören, Kızılcaşöğüt, Gürlek, Hasköy, and İlyash. These faults play critical roles in understanding the surface expressions of geodynamic processes and landform development. The Emirfaki and Kayaagıl alteration zones developed as a result of interactions between ascending geothermal fluids and surrounding rocks along fault lines, leading to mineralogical alterations and colour changes.

Uşak province also possesses a rich inventory of cultural geosites. Ancient quarries (Ulupınar, Altıntaş, Göğem, Selvioğlu, Külköy), Roman and Hellenistic water channels (Clandras water channel, Ottoman water channel, Banaz water channel), archaeological sites (Blaundos, Pepouza, Sebaste, Akmonia), rock-cut tombs, and tumuli (Aktepe, Düzköy, Güre) provide clear evidence of this cultural heritage (Asgari, 1981; Ceylan, 2007).


In conclusion, the 64 geosites identified in Uşak province demonstrate the high level of geological, geomorphological, and cultural diversity in the region. This richness presents significant opportunities for the development of geotourism and for raising awareness of geoheritage. However, the sustainable conservation and utilisation of these sites require interdisciplinary collaboration and the support of local authorities. This study aims to contribute to the identification and classification of geosites in Uşak province, while also evaluating their potential for scientific, educational, and touristic use.

KATKI BELİRTME

Petrifiyelerin teşhisini ve analizini yapan Prof. Dr. Ünal Akkemik'e ve makalenin yayın süresince

yapıcı değerlendirmelerinden dolayı Prof. Dr. Mehmet Özkul'a ve hakemlere teşekkür ederiz.

ORCID

Gözde Zorlu Dündar  <https://orcid.org/0009-0005-7665-9965>

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

KAYNAKLAR / REFERENCES

- Akdeniz, N. ve Konak, N. (1979). *Simav-Emet-Tavşanlı-Dursunbey-Demirci Yöresinin Jeolojisi* (Rapor No: 6547). Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü, Ankara (Yayımlanmamış).
- Akkuş, M. F. (1962). Kütahya Gediz Arasındaki Sahanın Jeolojisi. *Maden Tetkik Arama Enstitüsü Dergisi*, 58, 21-31, Ankara.
- Alçıçek, M. C., Mayda, S., ten Veen, J.H., Boulton, S. J., Neubauer, T. A., Alçıçek, H., Tesakov, A. S., Saraç, G., Hakyemez, H. Y., Göktaş, F., Murray, A. M., Titov, V. V., Jiménez-Moreno, G., Büyükmeriç, Y., Wesselingh, F. P., Bouchal, J. M., Demirel, F. A., Kaya, T. T., Halaçlar, K., Bilgin, M. & van den Hoek Ostende, L. W. (2019). Reconciling the stratigraphy and depositional history of the Lycian orogen-top basins, SW Anatolia. *Palaeobiodiversity and Palaeoenvironments*, 99(4), 551–570, <https://doi.org/10.1007/s12549-019-00394-3>
- Andrews, J. E., Pedley, M. & Dennis, P.F. (2000). Palaeoenvironmental records in Holocene Spanish tufas: a stable isotope approach in search of reliable climatic archives. *Sedimentology*, 47(5), 961–978. <https://doi.org/10.1046/j.1365-3091.2000.00333.x>
- Asgari, N. (1981). Uşak Selçukler ve Çevresinden Roma Çağı Lahitleri ve Mermer Ocakları. *Türk Arkeoloji Dergisi*, 44, 11-47, <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/2158844>
- Aydoğan, S., Çoban, H., Bozcu, M. & Akıncı, Ö. (2008). Geochemical and mantle-like isotopic (Nd, Sr) composition of the Baklan Granite from the Muratdağı Region (Banaz, Uşak), western Turkey: Implications for input of juvenile magmas in the source domains of western Anatolia Eocene-Miocene granites, *Journal of Asian Earth Science*, 33(3-4), 155-176. <https://doi.org/10.1016/j.jseae.2006.10.007>

- Batuk, C. (2003). Millenarianist bir hareket olarak Montanizm. *Milal ve Nihal*, 1(1), 41-71.
- Baykara, M.O. (2007). *Çokrağan-Yukarı Karacahisar (Banaz-Uşak) Karstik Kaynaklarının Hidrojeolojik İncelenmesi* [Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi]. Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Uygulamalı Jeoloji Anabilim Dalı, İzmir.
- Bingöl, E. (1977). Muratdağı Jeolojisi ve Ana Kayaç Birimlerinin Petrolojisi. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, 20(2), 13-66.
https://www.jmo.org.tr/resimler/ekler/e2265684fe2d0d6_ek.pdf
- Boray, A., Akat, U., Akdeniz, N., Akçaören, Z., Çağlayan, A., Günay, E., Korkmazer, B., Öztürk, E. M. & Sav, H. (1973). Menderes Masifinin Güney Kenarı Boyunca Bazı Önemli Sorunlar ve Bunların Muhtemel Çözümleri. *Cumhuriyetin 50. Yılı Yerbilimleri Kongresi*, 11-20, Ankara.
- Ceylan, M. A. (2007). Eşme (Uşak) Civarında Bazı Coğrafi Gözlemler. *Marmara Coğrafya Dergisi*, 15, 65-84, İstanbul.
- Çolak Erol, S., Özkul, M., Aksoy, E., Kele, S. & Ghaleb, B. (2015). Travertine occurrences along major strike-slip fault zones: structural, depositional and geochemical constraints from the Eastern Anatolian fault System (EAFS), Turkey. *Geodinamica Acta*, 27(2-3), 155-174.
<https://doi.org/10.1080/09853111.2014.979530>.
- 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.
<https://doi.org/10.1007/s12371-014-0117-9>
- Dong, F., Dai, Q., Jiang, Z., Chen, X., Xu, R., Zhang, O., An, D., Li, O., Zhang, T., Andelka, P.M., Capezzuoli, E., Li, B. & Mors, R.A. (2023). Travertine/tufa resource conservation and sustainable development call for a world-wide initiative, *Applied Geochemistry*, 148, 1-5, Article 105505.
<http://doi.org/10.1016/j.apgeochem.2022.105505>
- Dündar, G. (2019). *Uşak İlinde Jeositler, Jeomorfositler ve Başlıca Problemleri*. [Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi]. Uşak Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Uşak.
- 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>.
- Ercan, T., Dinçel, A. ve Günay, E. (1977). *Uşak Yöresinin Jeolojisi ve Volkanitlerin Petrolojisi* (Rapor No: 36354), Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü, Ankara (Yayımlanmamış) Rapor.
- Ercan, T., Dinçel, A., Metin, S., Türkecan, A. ve Günay, E. (1978). Uşak Yöresindeki Neojen Havzalarının Jeolojisi. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, 21, 91-106.
https://www.jmo.org.tr/resimler/ekler/bc7d9c600d61c08_ek.pdf
- Ersoy, E. & Helvacı, C. (2007). Stratigraphy and geochemical features of the Early Miocene bimodal (ultrapotassic and calc-alkaline) volcanic activity within the NE-trending Selendi Basin, Western Anatolia, Turkey. *Turkish Journal of Earth Science*, 16, 117-139.
<https://journals.tubitak.gov.tr/earth/vol16/iss2/1>
- Erten, H., Şen, Ş. & Özkul, M., (2005). Pleistocene mammals from travertine deposits of the Denizli basin (SW Turkey). *Annales de Paléontologie*, 91(3), 267-278.
<https://doi.org/10.1016/j.annpal.2005.06.001>
- Göktaş, F., Mayda, S. & Alçıçek, M.C., (2025). Stratigraphic Revision of the Selendi, Güre, and Uşak Neogene Basins, Western Anatolia. *Acta Geologica Sinica*, 99(2), 332-351.
<https://doi.org/10.1111/1755-6724.15279>
- Gökgöz, A., Özkul, M., Kaya, A., Hançer, M., Baykara, O., Örü, Z., Akın, T., Minissale, A, ve Vaselli, O. (2011). *Farklı rezervuarlara sahip Uşak İli Jeotermal Alanlarının Kavramsal Hidrojeokimyasal Modellenmesi* (Rapor no: 108Y018). TÜBİTAK (Yayımlanmamış).
- Günay, E., Akdeniz, N., Saroğlu, F. ve Çağlayan, A. (1986). *Murat Dağı-Gediz Dolaylarının Jeolojisi*. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etütleri Dairesi, 74s.
- Kalafatçıoğlu, A. (1962). Tavşanlı-Dağardı Arasındaki Bölgenin Jeolojisi ve Serpantin ve Kalkerlerin Yaşı Hakkında Not, *Maden Tetkik Arama Enstitüsü Dergisi*, 58, 33- 46, Ankara.
- Kappelman, J., Alçıçek, M. C., Kazancı, N., Schultz, M., Özkul, M. & Şen, Ş., (2008). First Homo erectus from Turkey and implications for

- migrations into temperate Eurasia. *American Journal of Physical Anthropology*, 135, 110–116. <https://doi.org/10.1002/ajpa.20739>
- Karaoğlu, Ö. & Helvacı, C. (2012). Structural evolution of the Uşak–Güre supra-detachment basin during Miocene extensional denudation in western Turkey. *Journal of the Geological Society*, 169(5), 627–642. <https://doi.org/10.1144/0016-76492011-014>
- Kaya, T. ve Saraç, G. (2007). Jeolojik Miras Açısından Türkiye Paleomemeli Faunası. 60. *Türkiye Jeoloji Kurultayı*, 16-20 Nisan 2007, (Bildiri Özetleri ve Basılmamış Sözlü Bildiri), Ankara.
- Kazancı, N. ve Şaroğlu, F. (2009). Türkiye Jeositleri Çatı Liste'si, 62. *Türkiye Jeolojik Kurultayı*, 266, Ankara.
- Kazancı, N., Şaroğlu, F. ve Suludere, Y. (2015). Jeolojik Miras ve Türkiye Jeositleri Çatı Listesi. *MTA Dergisi*, 151, 263-272.
- Kele, S., Özkul, M., Gökgöz, A., Föziz, I., Baykara, M.O., Alçiçek, M.C. & Németh, T., (2011). Stable isotope geochemical and facies study of Pamukkale travertines: new evidences of low-temperature non-equilibrium calcite-water fractionation. *Sedimentary Geology*, 238(1-2), 191–212. <https://doi.org/10.1016/j.sedgeo.2011.04.015>
- Konak, N., Akdeniz, N. ve Çakır, M. H. (1986). *Çal-Çivril-Karahallı Dolayının Jeolojisi* (Rapor No: 8945). MTA, Ankara, (Yayımlanmamış).
- Koşun, E. (2012). Facies characteristics and depositional environments of Quaternary tufa deposits, Antalya, SW Turkey. *Carbonates and Evaporites*, 27(3–4), 269–289. <https://doi.org/10.1007/s13146-012-0089-2>
- Kumsar, H., Aydan, Ö., Şimşek, C. & D'Andria, F. (2016). Historical earthquakes that damaged Hierapolis and Laodikeia antique cities and their implications for earthquake potential of Denizli basin in western Turkey. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, 75(2), 519–536. <https://doi.org/10.1007/s10064-015-0791-0>
- Mesci, B. L., Erkman, A. C., Gürsoy, H. ve Tatar, O. (2018). 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>
- Newsome, D. & Dowling, R. K. (2018). Conclusions: thinking about the future. In R. Dowling & D. Newsome (Eds.), *Handbook of geotourism*. Edward Elgar Publishing.
- Ozansoy, F. (1969). Ege Fosil Omurgalı Faunaları ve Hipparion'lu Faunaların Dikey Yayılımı, *MTA Enstitüsü Dergisi*, 72, 189-193.
- Özkul, M., Varol, B. ve Alçiçek, M.C. (2002). Denizli Travertenleri'nin petrografik özellikleri ve depolanma ortamları. *MTA Dergisi*, 125, 13–29.
- Özkul, M., Gökgöz, A. & Horvatinčić, N. (2010). Depositional properties and geochemistry of Holocene perched springline tufa deposits and associated spring waters: a case study from the Denizli province, Western Turkey. In: Pedley, H.M. (Ed.), Tufas and Speleothems: Unravelling the Microbial and Physical Controls: *The Geological Society, London. Special Publications*, 336, 245–262. <https://doi.org/10.1144/SP336.13>
- Özkul, M., Kele, S., Gökgöz, A., Shen, C. C., Jones, B., Baykara, M. O., Föziz, I., Nemeth, T., Chang, Y. W. & Alçiçek, M. C. (2013). Comparison of the Quaternary travertine sites in the Denizli Extensional Basin based on their depositional and geochemical data. *Sedimentary Geology*, 294, 179–204. <https://doi.org/10.1016/j.sedgeo.2013.05.018>
- Özkul, M., Gökgöz, A., Kele, S., Baykara, M. O., Shen, C.-C., Chang, Y.-W., Kaya, A., Hançer, M., Aratman, C., Akin, T. & Örü, Z. (2014). Sedimentological and geochemical characteristics of a fluvial travertine: A case from the eastern Mediterranean region. *Sedimentology*, 61, 291–318. <https://doi.org/10.1111/sed.12095>
- Özkul, M., Gökgöz, A., Kele, S., Baykara, M. O., Shen, C. C., Kaya, A., Hançer, M., Akın, T. ve Örü, Z. (2016). Hamamboğazı (Banaz, Uşak) Jeotermal Sahasındaki Travertenlerin Çökeltme Özellikleri, 69. *Türkiye Jeoloji Kurultayı, 11-15 Nisan 2016 (Doğal Kaynakların Jeopolitikası) Bildiri Özleri Kitabı*, TMMOB JMO Yayın No:127.
- Özkul, M., Gül, A., Koralay, T., Özen, H., Semiz, B. & Duman, B. (2024). Denizli Travertine: A Global Heritage Stone Resource Nominee from Western Türkiye. *Geoheritage*, 16, Article 67. <https://doi.org/10.1007/s12371-024-00970-w>
- Özkul, M., Gül, A., Semiz, B., Koralay, T., Topal, S., Gökgöz, A., Özen, H., Erten, H., Hançer, M. ve

- Kumsar, H. (2025). Denizli İlinin (GB Türkiye) Jeoçeşitliliği ve Önemli Jeositleri / Geodiversity and Significant Geosites of the Denizli Province (SW Türkiye). *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 68(4), 145-188. <https://doi.org/10.25288/tjb.1559108>
- Pandolfi, L. & Erten, H., (2017). Stephanorhinus hundsheimensis (Mammalia, Rhinocerotidae) from the late early Pleistocene deposits of the Denizli Basin (Anatolia, Turkey). *Geobios*, 50(1), 65–73. <https://doi.org/10.1016/j.geobios.2016.10.002>
- Pedley, H.M. (2009). Tufas and travertines of the Mediterranean region: a testing ground for freshwater carbonate concepts and developments. *Sedimentology* 56, 221–246. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3091.2008.01012.x>
- Piccardi, L. (2007). The AD 60 Denizli Basin earthquake and the apparition of Archangel Michael at Colossae (Aegean Turkey). In Piccardi, L., Masse, W. B. (Eds.), *Geological Society, London, Special Publications 273*, 95–105. <https://doi.org/10.1144/GSL.SP.2007.273.01.08>
- Polat, S. (2011). Türkiye’de Traverten Oluşumu, Yayılış Alanı ve Korunması. *Marmara Coğrafya Dergisi* 23, 389-428.
- Polat, S. (2017). Uşak İlinde Jeositler ve Jeomorfozidler, *Yüzey Araştırmaları ve Kazılar Işığında Uşak* (Ed., Czichon vd.), Matsis Matbaa Hizmetleri, 7-18, İstanbul.
- Polat, S. & Kargı, S. (2008). Karahallı (Uşak) İlçesinde Lapyalı Kalker Sökümü ve Çevresel Etkileri. *Ulusal Jeomorfoloji Sempozyumu-2008*, 54-63, Çanakkale.
- Polat, S. & Güney, Y. (2013). Uşak İli Arazisinde Karstik Şekiller, *Marmara Coğrafya Dergisi*, 27, 440 – 475, İstanbul.
- Polat, S. & Deniz, M. (2017). Taşyaran (İmren) Vadisinde Yatak Çukurları ve Turizm Potansiyeli (Uşak), *Marmara Coğrafya Dergisi*, 35, 204-217.
- Polat, S. (2018). Prehistorik Arkeoloji Çalışmaları Açısından Travertenlerin Önemi: Sürmecik (Banaz) Örneği, *Marmara Coğrafya Dergisi*, 37, 306-321.
- Polat, S., Güney, Y., Ege, İ. & Akkemik, Ü. (2019). Banaz’da (Uşak) Yeni Bulunan Petrifiye Alanı ile İlgili İlk Bulgular, *Coğrafi Bilimler Dergisi/Turkish Journal of Geographical Sciences*, 17(2), 384-402. <https://doi.org/10.33688/aucbd.532176>
- ProGeo Group, (1998). A first attempt at a geosites framework for Europe -an IUGS initiative to support recognition of World heritage and European geodiversity. *Geologica Balcanica*, 28(3-4), 5-32, Sofia. <https://doi.org/10.52321/GeolBalc.28.3-4.5>
- 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>
- Seyitoğlu, G. (1997). Late Cenozoic tectono-sedimentary development of the Selendi and Uşak-Güre basin: a contribution to the discussion on the development of eastwest and north trending basins in western Turkey. *Geological Magazine*, 134, 163-175. <https://doi.org/10.1017/S0016756897006705>
- Seyitoğlu, G., Alçiçek, M. C., Işık, V., Alçiçek, H., Mayda, S., Varol, B., Yılmaz, I. & Esat, K. (2009). The stratigraphical position of Kemiklitepe fossil locality (Esmé, Uşak) revised: Implications for the Late Cenozoic sedimentary basin development and extensional tectonics in western Turkey. *Neues Jahrbuch Für Geologie und Paläontologie*, 251(1), 1–15. <https://doi.org/10.1127/0077-7749/2009/0251-0001>
- Şaroğlu, F. ve Emre, Ö. (2006). Aktif Tektonikle İlgili Jeositlere Türkiye’den Örnekler, 59. *Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiri Özleri*, s.: 467.
- Şen, Ş., De Bonis, L., Dalfes, N., Geraads, D. & Koufos, G. (1994). Les gisements de mammifères du Miocène supérieur de Kemiklitepe, Turquie: 1. Stratigraphie et magnétostratigraphie. In Les gisements de mammifères du Miocène supérieur de Kemiklitepe, Turquie (ed. S., Sen), pp. 5–17. *Bulletin du Muséum National d’Histoire Naturelle*, 4e sér., 16, sec. C, no. 1.
- Şener, M. F. (2011). *Niğde ve Yakın yöresinin jeotermal kaynak potansiyeli* [Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi], Niğde Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Niğde.
- Tabbernee, W. & Lampe, P. (2008). *Pepouza and Tymion: The Discovery and Archaeological Exploration of a Lost Ancient City and an Imperial Estate*, Almanya.
- Tarhan, E., Mayda, S., Kaya, T. T., Alçiçek, M.C., Karakütük, S. & Halaçlar, K. (2017).

- Hippopotamodon erymanthius* (Suidae, Mammalia) from Karabeyli, Uşak–Güre Basin, Turkey. *15th Annual Meeting of the European Association of Vertebrate Palaeontologists (EAVP)*, Munich, Germany Abstract Volume, 8.
- Toker Tagliasacchi, E. (2018). Orta-Geç Pleyistosen Yaşlı Gürlek-Kocabaş (Denizli) ve Örtülü (Afyon) travertenlerinin sedimantolojik özellikleri ve paleoortamsal gelişimine ait ilk bulgular (GB-Türkiye). *Türkiye Jeoloji Bülteni* 61(1), 1–22. <https://doi.org/10.25288/tjb.358160>
- Toker, E., Kayseri Özer, M. S., Özkul, M. & Kele, S. (2015). Depositional system and palaeoclimatic interpretations of Middle to Late Pleistocene travertines: Kocabaş, Denizli, south-west Turkey. *Sedimentology*, 62(5), 1360–1383. <https://doi.org/10.1111/sed.12186>
- Tuna, V. (1985). Kemiklitepe (Uşak-Eşme) omurgalı faunası Hipparionlarında odontolojik değişimler. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, 28, 47-54, Ankara. https://www.jmo.org.tr/resimler/ekler/f4fe6a4411edc2f_ek.pdf
- Uysal, I. T., Feng, Y., Zhao, J., Altunel, E., Weatherley, D., Karabacak, V., Cengiz, O., Golding, S. D., Lawrence, M. G. & Collerson, K. D. (2007). U-series dating and geochemical tracing of late Quaternary travertine in co-seismic fissures. *Earth and Planetary Science Letters*, 257(3-4), 450–462. <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2007.03.004>
- Van Noten, K., Topal, S., Baykara, Özkul, M., Claes, H., Aratman, C. & Swennen, R. (2019). Pleistocene-Holocene tectonic reconstruction of the Ballık travertine (Denizli Graben, SW Turkey): (De) formation of large travertine geobodies at intersecting grabens. *Journal of Structural Geology*, 118, 114–134. <https://doi.org/10.1016/j.jsg.2018.10.009>
- Wimbledon, W. A. P. (1996). National site election, a stop on the road to a European Geosit List. *Geologica Balcanica*, 26, 15-27.
- Yalçınlar, İ. (1946). Eşme civarında Miyosen'e ait bir omurgalı faunası, *İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Mecmuası- B XI*, 2, 124-129, İstanbul.
- Yalçınlar, İ. (1947). Yukarı-Gediz Vadisinde Miosen'e Ait Vertebral Fosilleri. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 1(1), 164-177. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/720269>
- Yalçınlar, İ. (1983). *Türkiye'de Neojen ve Kuaterner Omurgalı Araziler ve Jeomorfolojik Karakterleri*. İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Yayını No:2741, İstanbul.
- Zeren Hasdağlı, S. M. (2017). Uşak'taki Lidya Tümülüsleri. Czichon vd. (Ed.), *Yüzey Araştırmaları ve Kazılar Işığında Uşak*. Matsis Matbaa Hizmetleri, 63-72, İstanbul.
- Zorlu, K., Polat, S., Yılmaz, A., & Dede, V. (2024). An integrated fuzzy-rough multi-criteria group decision-making model for quantitative assessment of geoh heritage resources. *Resources Policy*, 90, Article 104773. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2024.104773>



**Delikkaya (Bakırcıoğlu, Yıldızeli, Sivas) Doğal Traverten Köprüsü:
Korunması Gereken Bir Jeolojik Miras**

Delikkaya (Bakırcıoğlu, Yıldızeli, Sivas) Natural Travertine Bridge: A Geological Heritage to Preserve

Bekir Levent Mesci* 

Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Sivas Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Sivas, Türkiye

• Geliş/Received: 24.09.2025 • Düzeltmiş Metin Geliş/Revised Manuscript Received: 03.12.2025 • Kabul/Accepted: 03.01.2026
• Çevrimiçi Yayın/Available online: 17.05.2026 • Baskı/Printed: 22.05.2026

Araştırma Makalesi/Research Article

Türkiye Jeol. Bül. / Geol. Bull. Turkey

Öz: Bilimsel, eğitsel önemi, nadir bulunurluğu ve ekolojik-jeoturizm potansiyeli nedeniyle bazı jeolojik yapı ve kayalar dünya genelinde “jeolojik miras” kapsamında değerlendirilmekte ve koruma altına alınmaktadır. Bu bağlamda traverten oluşumları, Pamukkale ve benzeri örneklerde görüldüğü üzere, estetik değerleri ve turizm-arkeolojik sit alanlarıyla ilişkili konumları nedeniyle korunması gereken önemli bir kayaç grubudur.

Sivas ve yakın çevresinde 16 farklı alanda traverten oluşumları bulunmaktadır. Bu alanların önemli bir kısmı taş ocağı olarak işletilmekte olup, bu doğal yapıların hızla tüketilmesine ve tahrip edilmesine yol açmaktadır.

Bu traverten sahaları içinde yer alan Delikkaya (Yıldızeli-Sivas) traverten sahasında, dört adet sırt tipi traverten bulunmaktadır. Oluşumuna 15,1 ($\pm 0,5$) bin yıl önce (Üst Pleyistosen) başlamış ve 11,4 ($\pm 0,7$) bin yıl (Grönlandiyen) sonra tamamlanmış olan KKB-GGD doğrultulu sırt tipi travertende akarsu aşındırması ve blok kopmaları sonucu şekillenmiş doğal bir traverten köprüsü bulunmaktadır. Köprü hem üzerinden hem de altından geçilebilecek boyutlara sahiptir.

Delikkaya traverten köprüsü ve çevresindeki traverten sahasının korunması, gelecek kuşaklara aktarılması ve bölgesel doğa turizmi-jeoturizm potansiyelinin değerlendirilmesi açısından önem taşımaktadır. Bu alanın jeosit olarak tescil edilmesi, bilimsel ve toplumsal açıdan katkı sağlayacak bir uygulama olarak değerlendirilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Jeolojik miras, jeosit, mağara, Sivas Delikkaya, traverten, traverten köprüsü.

Abstract: Travertine formations represent a significant component of geological heritage due to their scientific, educational, aesthetic, and geotourism value. Globally, such structures are protected for their rarity and ecological importance. In Türkiye, travertine deposits are widespread, with 16 distinct localities identified in Sivas and its surroundings. However, extensive quarrying activities threaten the preservation of these natural features, leading to rapid depletion and irreversible destruction.

The Delikkaya travertine field (Yıldızeli–Sivas) is of particular importance, hosting four ridge-type travertines. Geochronological data indicate that formation commenced approximately 15.1 (± 0.5) ka in the Upper Pleistocene and was completed 11.4 (± 0.7) ka later, corresponding to the Greenlandian stage. The NNW–SSE-trending ridge-type travertine includes a natural travertine bridge, formed through stream erosion and block disintegration, which is large enough to permit passage both above and below.

Preservation of the Delikkaya Travertine Bridge and its surrounding travertine field is essential to safeguard geological heritage and to promote regional geotourism potential. Registration of this site as a geosite would not

only ensure its protection for future generations but also contribute to scientific research, educational development, and sustainable tourism initiatives.

Keywords: *Cave, geological heritage, geosite, Sivas Delikkaya, travertine, travertine bridge.*

GİRİŞ

İnceleme alanının üzerinde bulunduğu Anadolu levhası, Alp-Himalaya dağ oluşum kuşağı içerisinde yer almakta olup, Orta Miyosen döneminde gerçekleşen Arabistan-Anadolu levhaları arasındaki çarpışma ve Ege yayı boyunca Afrika Levhasının Anadolu Levhası altına dalmasıyla ilişkili yoğun kabuksal deformasyonlar oluşmaktadır (Bozkurt, 2001; Şengör, 1980, 1985). Bu tektonik süreçler, Türkiye'nin jeodinamik yapısını şekillendiren çok sayıda jeolojik ve doğal yapısal unsurun oluşumuna neden olmuştur. Bunlar arasında Kuzey Anadolu Fayı, Doğu Anadolu Fayı, Batı Anadolu'daki genişleme tektoniğiyle ilişki normal faylara bağlı horst-graben sistemleri ile bu fayların neden olduğu yoğun deprem etkinlikleridir (Şengör, 1985). Ayrıca, bu jeotektonik gelişimin sonucu olarak gelişen volkanik faaliyetler de dikkat çekicidir. Son 11000 yıldan yakın tarihsel dönemlere kadar süregelen volkanik aktivitelerine göre; Acıgöl (MÖ 11000 ve 4300), Süphan ve Karapınar (MÖ 8000), Hasandağ (MÖ 7550 ve 6750), Erciyes (MÖ 6880), Kula (MÖ 3000), Nemrut (1692), Ağrı Dağı (1840) ve Tendürek (1855) gibi volkanik alanlar bu bağlamda örnek olarak gösterilebilir.

Bu tektonik ve volkanik süreçlerle ilişkili olarak Anadolu'da yoğun jeotermal etkinlik gözlemlenmektedir. Sıcak suların yüzeye çıkışı ile tektonik aktivite arasında güçlü bir ilişki bulunmaktadır. Türkiye'de Denizli (Pamukkale) dışında Tokat (Reşadiye), Amasya (Terziköy), Bolu (Karacasu, Narven), Sivas (Sıcak ve Soğuk Çermik, Delikkaya, Ortaköy), Afyon (Gazlıgöl, Sandıklı), Aydın (Germencik), Ağrı (Diyadin) ve Bingöl (Hacılar) gibi birçok bölgede aktif jeotermal alanlar mevcuttur.

Yeraltı suları, yer kabuğunun derinlerindeki dolaşimleri sırasında mermer ve kireçtaşı gibi karbonatlı kayalarla etkileşime girerek çözünme yoluyla CO₂ kazanmakta ve karbonik asit (H₂CO₃) bakımından zenginleşmektedir. Bu sular, CaCO₃ bileşimli kayalarla temasları sonucunda kalsiyum bikarbonatça zengin bir kimyasal bileşim kazanır.

Çeşitli şekillerde, özellikle tektonik süreksizlik düzlemleri olan fay ve çatlak sistemleri aracılığı ile yüzeye ulaşan kalsiyum bikarbonat bakımından zengin suların üzerlerindeki basıncın düşmesi ve içerdikleri CO₂'in atmosferdeki CO₂ ile dengede olmayışı gibi nedenlerle, atmosferdeki CO₂ ile yüzeye ulaşan su içerisindeki CO₂ arasındaki oran dengeye gelinceye kadar, su bünyesindeki CO₂ kaybedilir. Dolayısı ile CO₂'in ayrılması nedeniyle bikarbonat bileşimi parçalanır pH yükselir, CaCO₃'e doygunluk artar ve bu kimyasal süreçlerin sonucunda traverten çökelişi gerçekleşir. CO₂ alglerce alındığında CO₂ harcanırken alglerin etrafında CaCO₃'tan oluşan zar şeklinde bir çökelim gelişir. Alg öldükten sonra içi boş silindirik yapıdaki travertenler biyokimyasal yoldan oluşur.

Traverten oluşumu için birden fazla etkenin bir arada bulunması gerekmektedir. Bunlar: yeraltı suyu, çözülebilir nitelikte CaCO₃ içeren bir kayaç, CO₂ ve yüzeye taşıyan kırık sistemleridir. Yüzey koşullarına ulaşan her yeraltı suyu yukarıda sayılan etmenlerin tümünü sağlayamayabilir ve bu nedenle yüzeye ulaşan bütün yeraltı suları traverten çökeltmez. Bu durum, yani travertenlerin çökelişiminin yeryüzünde nadir gerçekleşen süreçler gerektirdiğini gösterir. Bu nadirlik ve görünüş itibarıyla estetik değerleri nedeniyle Dünya'da birçok traverten alanı koruma altına alınmıştır. Travertenlerin yapı taşı olarak ve kültürel varlıklarda hem günümüzde hem de antik

dönemlerde yaygın olarak dekoratif kullanımları da dikkati çekmektedir.

Travertenler, sadece kimyasal ve biyokimyasal oluşum süreçleriyle değil, aynı zamanda morfolojik çeşitlilikleriyle de dikkat çekmektedir. Chafetz ve Folk (1984) ve Altunel ve Hancock (1993) travertenleri morfolojik özelliklerine göre sınıflandırmıştır. Bu sınıflamada yer alan ve genişleme tektoniğinin etkin olduğu bölgelerde gözlenen yüzey şekilleri itibarıyla bir sırta benzeyen *sirt tipi* travertenler, Pamukkale örneğinde görülen *teras tipi* ve *kendiliğinden oluşan kanal tipi* travertenler özgün şekiller sunmaktadır. Ayrıca, traverten köprüleri ve mağara ortamlarında iç mekanlarda oluşan sarkit-dikitler de önemli morfolojik yapılar arasında yer almaktadır. Denizli (Honaz) Kaklık Mağarası, Tokat Ballica Mağarası ve Zonguldak Gökgöl Mağarası bu tür oluşumların en iyi örneklerini temsil etmektedir.

Bu çalışma, Yıldızeli (Sivas) ilçesine bağlı Bakırcıoğlu köyü yakınında yer alan Delikkaya traverten sahasında gözlemlenen traverten köprüsünün oluşum süreci, jeolojik-jeomorfolojik özellikleri, jeolojik miras değeri ve korunma gerekliliğini ortaya koymayı amaçlamaktadır.

DELİKKAYA TRAVERTEN SAHASININ JEOLJİK ÖZELLİKLERİ

Delikkaya traverten sahası, Sivas il merkezinin yaklaşık 35 km KB'sında bulunmaktadır (Şekil 1). Bölgede Paleozoyik yaşlı Akdağmadeni metamorfite ve bunun üzerinde uyumsuz olarak çökelmiş Neojen yaşlı İncesu Formasyonu'nun Derindere çakıltası üyesi ve genç traverten oluşumları yüzeylenmektedir. Aral ve Söylem (1991), Delikkaya traverten sahasının yaklaşık 8 km GGB'sındaki Sıcak Çermik jeotermal alanında MTA ve DSİ tarafından gerçekleştirilen sondaj çalışmalarında, temel kayac olarak Akdağmadeni metamorfiteinin tanımlandığını ve bu birim

içerisindeki mermerin sıcak sular için hazne kaya (rezervuar) işlevi gördüğünü belirtmişlerdir.

Traverten yüzleklerinin altında ise İncesu Formasyonu'nun Derindere çakıltası üyesi yer almaktadır. İncesu Formasyonu (Yılmaz, 1981), Derindere çakıltası üyesi yatay veya yataya yakın konumlu, kırmızı-gri renkli, gevşek çimentolu, yer yer çapraz katmanlı, iri ve ince taneli kırıntılı karasal çökellerden oluşan bir stratigrafi sunmaktadır. Derindere çakıltası üyesinin üzerinde çalışma alanının dışında, doğu kesiminde, Porsuk Kireçtaşı, Yılmaz (1981) ve Poisson vd. (1996) tarafından tanımlanan erken Pliyosen yaşlı, görsel ortamda çökelmiş yeşil renkli marn ve karbonatlı çökellerle karakterize edilen Meraküm Formasyonu yüzeyler.

DELİKKAYA TRAVERTEN KÖPRÜSÜ

Delikkaya traverten sahası Bakırcıoğlu köyünün 500 m DKD'sunda yer almaktadır. Delikkaya traverten alanında dört adet sirt tipi traverten oluşumu tespit edilmiştir (Şekil 2 ve 3). Şekil 3'te I, II, III ve IV olarak numaralandırılan bu sırtlar arasında, I numaralı sirt tipi traverten oluşumu hem morfolojik hem de jeolojik açıdan özgün nitelikler sergilemekte olup, küresel ölçekte nadir rastlanan bir örnek olarak dikkat çekmektedir. Traverten köprüsünün üzerinde gelişmiş olduğu I numaralı sirt, *sirt tipi* travertenlerin karakteristik özelliklerini tam anlamıyla yansıttığı için hem görsel hem de bilimsel açıdan yüksek *jeolojik miras* değeri taşımaktadır.

I numaralı sirt üzerinde, KKB-GGD doğrultulu yaklaşık 580 metre uzunluğunda bir merkezi çatlak eksen gelişmiştir. Bu eksen, jeotermal suların yüzeye çıkışını sağlayan ana yapısal unsurdur. Çatlak zonu boyunca düşey bantlı traverten çökelimleri gözlemlenmektedir. Bantlı travertenler sirt tipi travertenler için karakteristik özelliklere sahiptir. Bunların başında U/TH yaşlandırma yöntemi uygulanarak

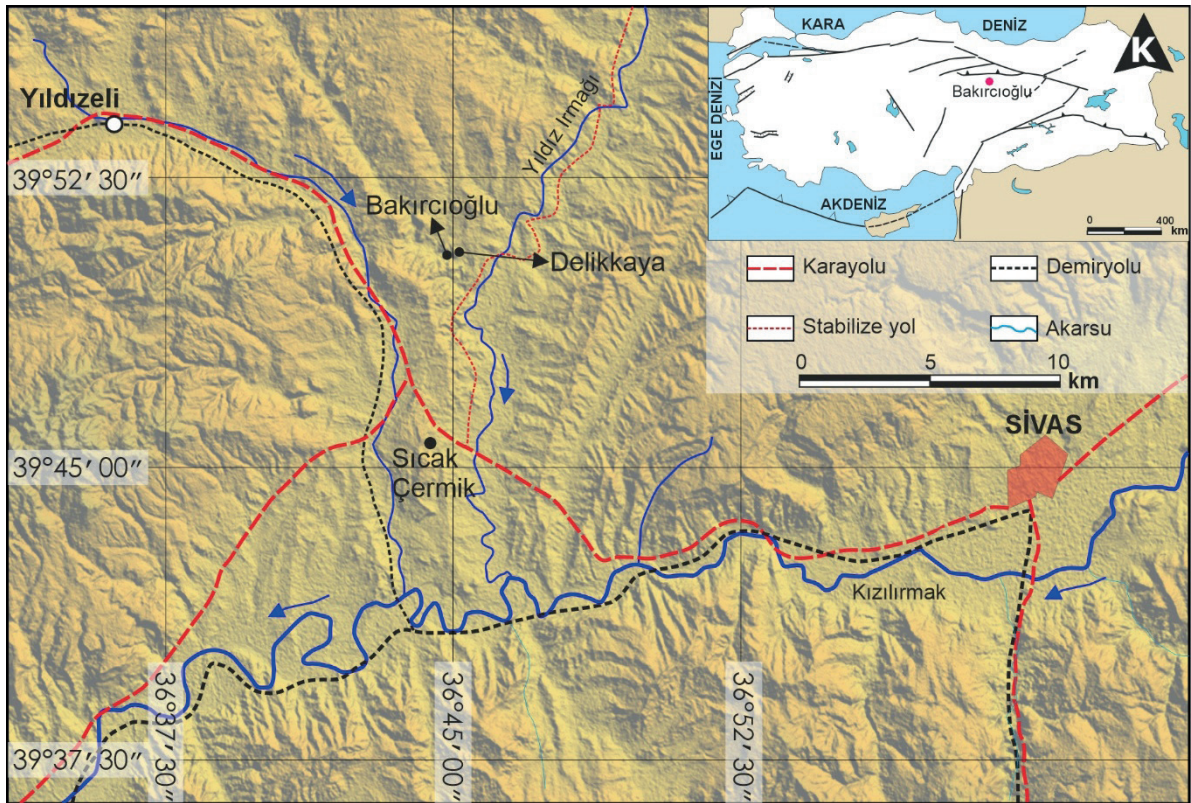
sırt gelişimi ve açılma oranları ile ilgili önemli bilgiler sağlamaktadır (Altunel ve Hancock, 1993; Mesci vd. 2008). Bantlı travertenlerle eş zamanlı çökelmiş olan tabakalı travertenler ise sırtın doğu ve batı kanatlarında yer almaktadır. Doğu kanattaki tabakalı travertenlerin eğimi 3° ile 11° arasında değişirken, batı kanatta Çilözü Deresi'nin aşındırıcı etkisi nedeniyle topoğrafya daha sarp olup, eğim değerleri 21° ile 52° arasında değişmektedir (Şekil 2 ve 3).

Mesci vd. (2008) tarafından gerçekleştirilen U/Th yaş analizlerine göre, I numaralı sırt tipi traverten oluşumunda çökelim süreci ve dolayısıyla jeotermal aktivite, günümüzden yaklaşık 15,1 ($\pm 0,5$) bin yıl önce (Üst Pleyistosen dönemi) başlamış ve 11,4 ($\pm 0,7$) bin yıl öncesine, yani Greenlandian (Erken Holosen) evresine kadar devam etmiştir (Şekil 2). Araştırmacılar ayrıca

bu sonuçlar ile bölgede 0,110 mm/yıllık bir açılma oranı belirlemişlerdir. Bu veriler, bölgede yer alan sırt tipi travertenlerin jeokronolojik özellikleri, jeotermal sistemlerle ilişkileri ve yerel tektonik (açılma/genişleme miktarları) hakkında önemli kayıtlar sunduğunu ortaya koymaktadır.

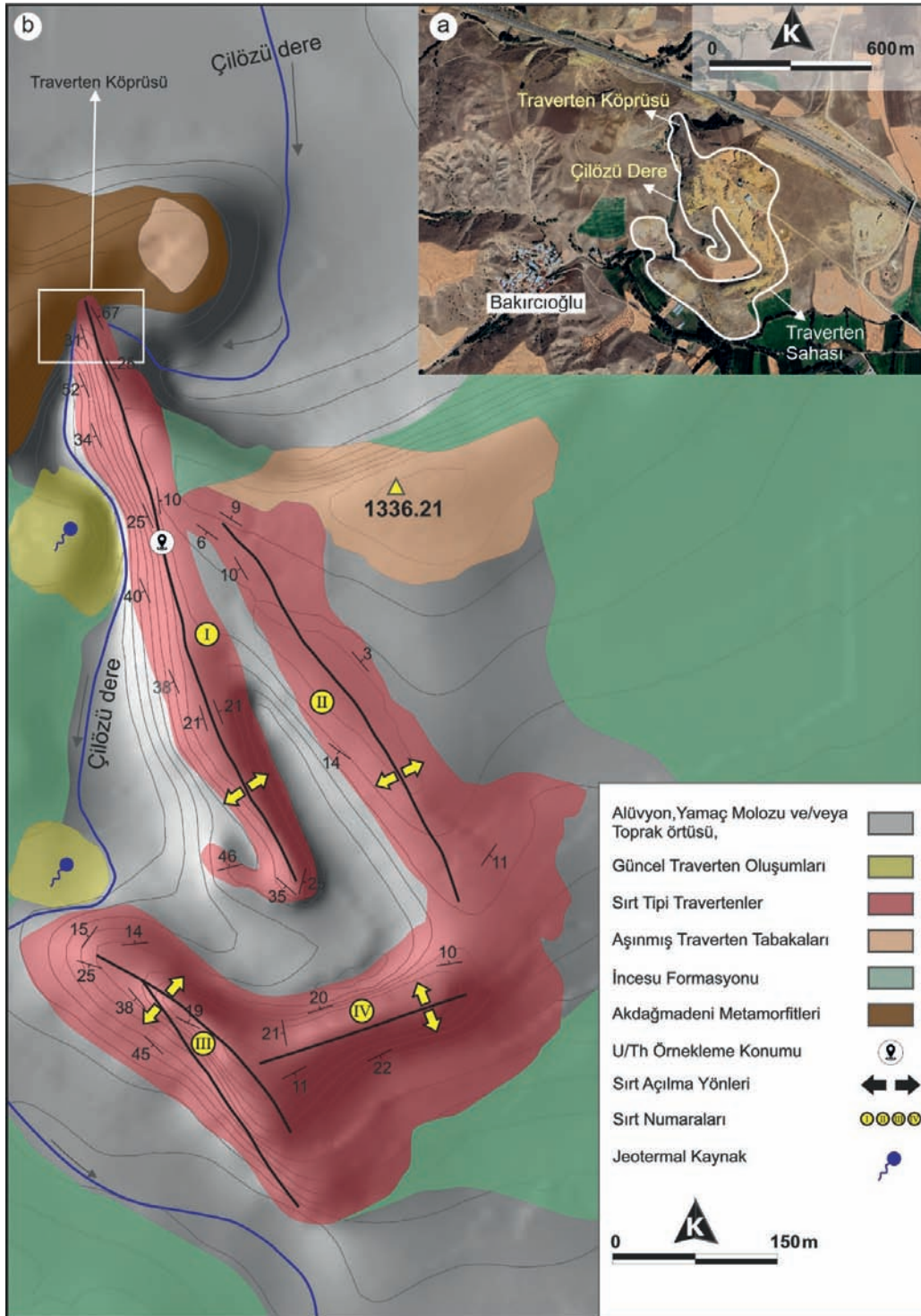
Mağaralar ve Traverten Köprüleri

Mağaralar, birçok araştırmacı tarafından yeryüzünde bulunan ve bir insanın sığabileceği, hareket edebileceği büyüklükteki doğal boşluklar olarak tanımlanmaktadır (Jennings, 1985; Curl, 1964). Genel olarak mağaralar doğal ve yapay olmak üzere iki ana sınıfa ayrılmaktadır. Doğal mağaralar ise birincil ve ikincil mağaralar olmak üzere ayrılmaktadır.



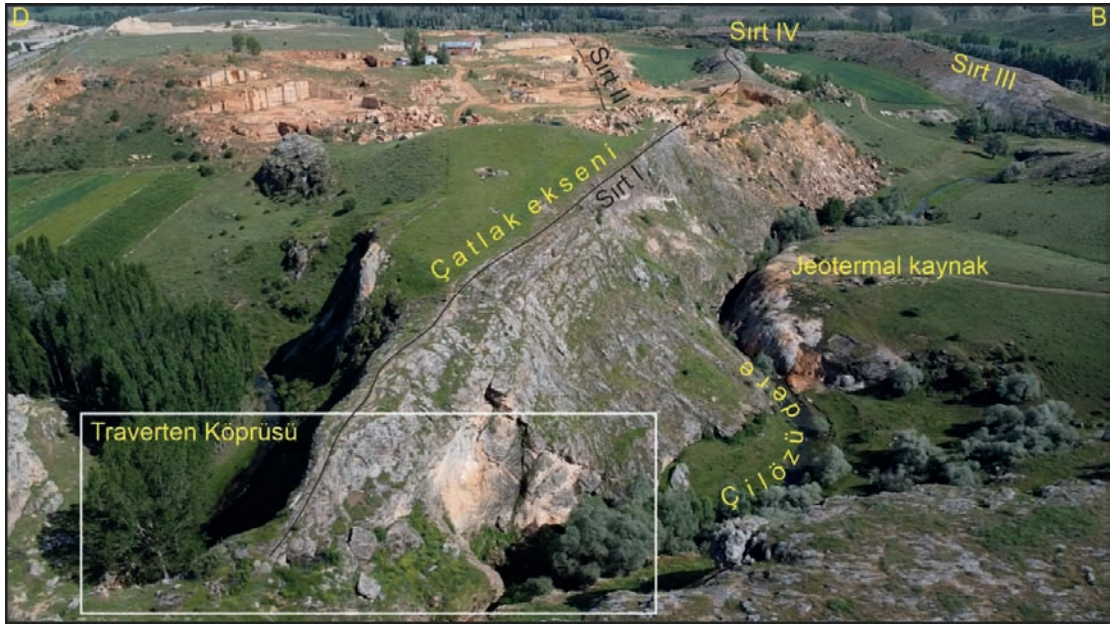
Şekil 1. İnceleme alanı yer bulduru haritası.

Figure 1. Location map of the study area.



şekil 2. a) Delikkaya (Bakırcıoğlu köyü) traverten sahasının Google Earth uydu görüntüsü (2025) ve b) jeolojik haritası.

Figure 2. a) Google Earth satellite image (2025), and b) Geological map of the Delikkaya (Bakırcıoğlu village) travertine field.



Şekil 3. Delikkaya traverten sahasının drone ile alınmış genel görünümü.

Figure 3. General view of the Delikkaya travertine field taken with a drone.

Travertenlerde gelişen boşluklar, traverten köprüleri (yerköprüler) bu sınıflama içerisinde birincil mağaralar sınıfında yer almaktadır (Nazik, 2018). Mağaralar, tarih öncesi dönemlerden itibaren insanlar tarafından barınma, ibadet, depolama gibi temel ihtiyaçlar doğrultusunda kullanılmıştır. Bu amaçlarla ya doğal mağaralar (örneğin Magura [Bulgaristan], Cueva de Las Manos [Arjantin], Chauvet [Fransa], Karain [Antalya], İnsuyu [Burdur]) tercih edilmiş ya da insanlar tarafından kazılarak yapay mağaralar oluşturulmuştur (örneğin Derinkuyu ve Mazı [Nevşehir]). Genellikle güvenlik açısından dik yamaçlar, kolay işlenebilirlik bakımından ise tuf, kireçtaşı, jips, mermer gibi kayaçların bulunduğu alanlar tercih edilmiştir. Bu tür mağaralar, barındırdıkları arkeolojik kalıntılar ve mağara resimleri nedeniyle de antropolojik açıdan yüksek öneme sahiptir.

Bu bağlamda, az bilinen ancak dikkat çekici örneklerden biri de Sivas'ın 55 km KKD'sunda Tödürge köyünde yer alan ve "kaya mağaralar" olarak adlandırılan yapılardır. Sayıları onlarla ifade edilen bu mağaralar, Kızılırmak tarafından

şekillendirilmiş vadinin dik yamaçlarında, bölgedeki yaygın Oligosen yaşlı jips birimleri Hafik Formasyonu içerisine insanlar tarafından oyularak oluşturulmuştur (Şekil 4).

Doğal mağaralar ise oluşum mekanizmalarına göre çözünme (karstik), deniz kökenli, lav tüpleri ve buzul mağaraları şeklinde sınıflandırılmaktadır. Bunlar arasında en yaygın olanı çözünme (karstik) mağaralardır. Bu tür mağaralar, kalsiyum karbonat içeren kireçtaşı, mermer ve dolomit gibi kayaçlar ile jipslerin çözünmesiyle oluşur. Saf su, sıcaklığı ne olursa olsun kalsiyum karbonatı çözemez; ancak yeraltı ve yüzey sularının atmosferden aldıkları CO₂ ile karbonik asit oluşur. Bu asitçe zenginleşmiş su, süreksizlik düzlemleri boyunca hareket ederek kalsiyum karbonatı çözer ve yeraltı boşluklarının gelişimini sağlar.

Traverten ve tufalar da esas olarak kalsiyum karbonattan oluştuğundan, bu kayaçlarda da mağara gelişimi gözlenebilmektedir. Başka bir deyişle, travertenler bir tür kireçtaşıdır ve bu nedenle mağara oluşumlarına uygun ortamlar sunarlar.



Şekil 4. Tödürge köyünde bulunan Oligosen yaşlı (Hafik Formasyonu) tabakalı jips oluşumları içinde insanlar tarafından açılan mağaraların görünümü.

Figure 4. View of caves excavated by human activity within the layered gypsum deposits of the Oligocene Hafik Formation at Tödürge village.

Traverten köprüleri, traverten çökelimlerinin ardından yüzeysel akış veya yeraltı sularının çatlak ve kırık sistemleri boyunca dolaşımı sırasında traverten kütesini çözerek ve/veya aşındırarak doğal mağara benzeri boşluklar oluşturması sonucu meydana gelmektedir (Şekil 6a). Bu süreç hem kimyasal çözünme hem de mekanik aşındırma mekanizmalarının birlikte etkili olduğu karmaşık bir jeomorfolojik evrimi temsil etmektedir. Literatürde bu tür yapılara “traverten köprüsü” adı verilirken, Türkçe karşılığı olarak “yerköprü” terimi kullanılmaktadır (Şekil 5).

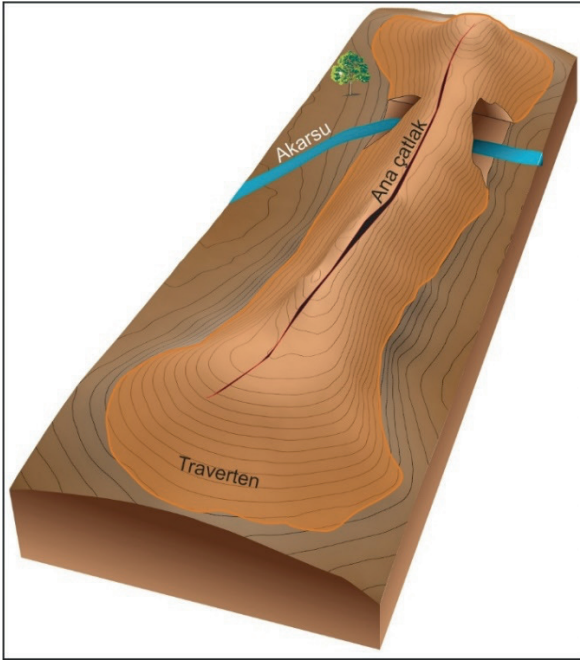
Traverten köprüleri, Dünya ve Türkiye’de çeşitli örneklerle temsil edilmektedir. Bu oluşumlar arasında en iyi bilinen ve en etkileyici örnek, Amerika Birleşik Devletleri’nin Arizona eyaletinde, Payson kenti yakınlarında yer alan Tonto Traverten Köprüsü’dür. Bu yapı, 56 metre yüksekliği, 121 metre uzunluğu ve 46 metreye

ulaşan genişliği ile dünyanın en büyük doğal traverten köprüsü olarak tanımlanmaktadır (Steenerson, 1990). Tonto Köprüsü hem boyutsal özellikleri hem de jeolojik oluşum süreci ve jeoturizm nitelikleri açısından uluslararası literatürde önemli bir referans noktasıdır.

Türkiye’de ise Diyardin (Ağrı) bölgesinde yer alan traverten köprüleri dikkat çekici örnekler arasında yer almaktadır.

Delikkaya Traverten Köprüsü

Delikkaya traverten sahasında yer alan sırt tipi travertenler arasında, I numaralı sırt üzerinde gelişmiş önemli bir yapı dikkat çekmektedir. Bu traverten kütesinin kuzey ucunda, Çilözü Deresi’nin aşındırıcı etkisiyle mağara biçiminde geniş bir geçit oluşmuştur.



Şekil 5. Sırt tipi bir travertende gelişmiş traverten köprüsünün şematik blok diyagramı.

Figure 5. Schematic block diagram of a travertine bridge developed in a ridge-type travertine.

Doğal süreçlerle oluşan bu yapı hem jeomorfolojik hem de jeolojik miras açısından korunması gereken özgün bir oluşum niteliği taşımaktadır. Bu traverten köprüsüne ilk dikkat çeken araştırmacı Atiker (1991) olmuştur ve Sivas yakınlarında yer alan sıcak çermik travertenleriyle birlikte korunması gerektiğini belirtmiştir.

Bu yapılar, hem bölgesel jeotermal sistemlerle ilişkili olmaları hem de morfolojik özgünlükleri nedeniyle jeolojik miras kapsamında değerlendirilmekte ve korunmaları önerilmektedir (Polat ve Ege, 2024). Bilimsel ve jeoturizm açısından değerlendirilmesi gereken bu yapılar, Türkiye'deki traverten köprülerinin çeşitliliği ve potansiyelinin anlaşılması bakımından da önem taşımaktadır.

Delikkaya traverten köprüsü'nün oluşumuna neden olan Çilözü Deresi, Sivas il sınırları içerisinde doğan ve Kızılırmak Nehri'ne bağlanan Yıldız Irmağı'nın kollarından biridir (Şekil 1). Bu

dere, I numaralı sırt tipi travertenin kuzey ucunu D-B doğrultusunda keserek, doğu tarafından köprüye girip batıdan çıkış yapmaktadır (Şekil 2 ve 3).

Köprü'nün girişi yaklaşık 17 metre genişlik ve 13 metre yükseklik ile tanımlanırken (Şekil 6a ve c), çıkışı ise 14 metre genişlik ve 22 metre yüksekliğe sahiptir (Şekil 6b ve d). Köprü'nün toplam uzunluğu 38 metre olup, morfolojik özellikleri, oluşumunda hem çözünme hem de mekanik süreçlerin birlikte etkili olduğunu göstermektedir. Köprü'nün çıkış tarafında, tavandan kopmuş büyük traverten blokları gözlemlenmektedir (Şekil 6b ve d). Bu durum, köprü oluşumunun başlangıç aşamasındaki mağaranın alt seviyeden başlayan çözünme süreciyle oluşmaya başladığını, üst seviyelerinde ise zayıf çatlak düzlemlerini kullanarak yerçekimine bağlı blok kopmalarıyla genişlediğini ve günümüzdeki morfolojisini kazandığını göstermektedir.

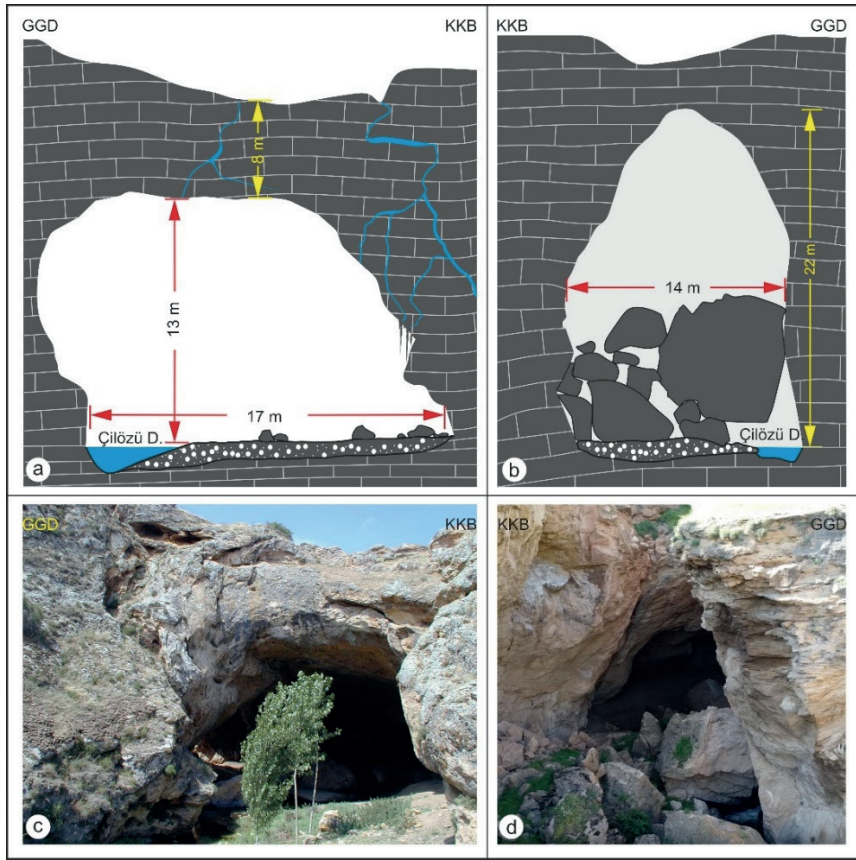
Köprü içerisinde, tavandan sızan suların çökelttiği sarkıt benzeri ikincil karbonat çökelimleri gözlemlenmektedir (Şekil 7a). Ayrıca, tavanda sırt tipi travertenlerin oluşumunu sağlayan jeotermal suyu yüzeye taşıyan çatlak eksenini net biçimde izlenebilmektedir (Şekil 7b).

Son bantlı traverten çökeliiminin 11,4 ($\pm 0,7$) bin yıl önce gerçekleştiği dikkate alındığında, sırtın oluşumuna neden olan jeotermal etkinliğin bu dönemde sona erdiği anlaşılmaktadır. Bu veri, traverten köprüsünün gelişiminin büyük ölçüde bu tarihten itibaren başladığını ve günümüze kadar devam ettiğini göstermektedir.

Sırt I ve Delikkaya Traverten Köprüsü, bu özellikleri bakımından ele alındığında hem oluşum mekanizması hem de morfolojik özellikleriyle ulusal ölçekte önemli bir örnek teşkil etmektedir (Şekil 8).

SONUÇ ve ÖNERİLER

Türkiye; jeolojik çeşitliliği, morfolojik zenginliği ve doğal miras varlıklarıyla küresel ölçekte dikkat çeken bir coğrafyada yer almaktadır.



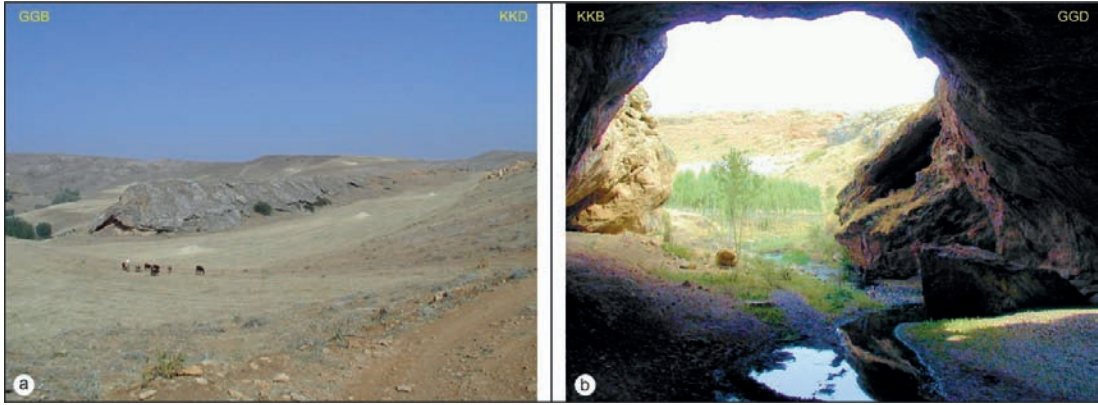
Şekil 6. Delikkaya traverten koprusunun giriş (a ve c) ve çıkışının (b ve c) kesit gornm ve fotoğrafları.

Figure 6. Sectional view and photographs of the entrance (a and c) and exit (b and c) of the Delikkaya travertine bridge.



Şekil 7. a) Delikkaya traverten koprusunda bulunan sarkıt ve dikit benzeri okelimlerin ve b) atlak ekseninin mağara tavanındaki gornm.

Figure 7. a) View of the stalactite and stalagmite-like deposits and b) the crack axis on the ceiling inside the Delikkaya travertine bridge cave.



Şekil 8. a) Sırt I'in ve **b)** traverten köprüsünün doğuya bakan girişin görünümü.

Figure 8. a) View of ridge I and **b)** the east entrance of the travertine bridge.

Orta Anadolu'da Kapadokya'daki peri bacaları (Nevşehir); Pamukkale travertenleri (Denizli) UGS'in belirlediği ve 2022'de Dünya kamuoyuna duyurduğu İlk 100 Jeolojik Miras Alanı içinde yer almıştır. Doğu Anadolu'da Ağrı, Süphan ve Nemrut (Bitlis), Tendürek (Ağrı) ve Batı Anadolu'daki Kula (Manisa), gibi volkanik sahalar ile zengin jeotermal kaynaklar hem bilimsel hem de estetik açıdan yüksek değere sahip ulusal ve uluslararası ölçekte jeolojik miras alanları arasında yer almaktadır. Bu oluşumlar, tektonik süreçlerin, volkanik faaliyetlerin ve hidrotermal sistemlerin uzun jeolojik zaman dilimleri süresince meydana gelmiş olup Türkiye'nin günümüzdeki jeomorfolojik çeşitliliğini en iyi şekilde yansıtmaktadır.

Pamukkale örneğinde olduğu gibi (Altunel ve Hancock, 1993; Özkul vd., 2013), kamuoyunda daha az bilinen ancak bilimsel açıdan son derece önemli traverten sahaları da mevcuttur. Diyardin (Ağrı), Reşadiye (Tokat) ve Sıcak Çermik (Sivas) (Mesci vd., 2008 ve Mesci vd., 2020) gibi alanlar bu bağlamda öne çıkmaktadır. Ne yazık ki bu sahaların büyük bir kısmı taş ocağı olarak işletilmekte ve bu doğal yapıların tahribatına neden olunmaktadır. Traverten oluşumu, jeokimyasal, tektonik, morfolojik ve sedimentolojik olarak yalnızca çok özel jeolojik koşullar altında gerçekleşebildiğinden, bu kayalar nadir jeolojik oluşumlar olarak değerlendirilmelidir. Ayrıca, teras tipi, kanal tipi ve sırt tipi travertenlerin

morfolojik özgünlükleri, bu oluşumların bilimsel ve kültürel değerini daha da artırmaktadır.

Özkul vd. (2024), Denizli travertenlerinin kültürel mirastaşı olarak değerlendirilmesi gerektiğini vurgulamış ve "Denizli Traverteni", Uluslararası Jeoloji Bilimleri Birliği (IUGS) tarafından Ağustos 2024'te küresel mirastaş olarak onaylanmıştır (Özkul vd., 2025). Bu gelişme, Türkiye'deki traverten oluşumlarının uluslararası düzeyde tanınması açısından önemli bir dönüm noktasıdır.

Uluslararası literatürde, özel niteliklere sahip jeolojik oluşumların büyük bir kısmı doğal miras statüsünde koruma altına alınmakta ve sürdürülebilir turizm kapsamında değerlendirilmektedir. Bu bağlamda, Delikkaya Traverten Köprüsü hem morfolojik özgünlüğü hem de jeoturizm potansiyeli nedeniyle korunması ve jeosit olarak ilan edilmesi gereken önemli bir doğal miras niteliği taşımaktadır.

Delikkaya Traverten Köprüsü'nü diğer örneklerden ayıran en belirgin özellik, bir uçtan girilip diğer uçtan çıkılabilen ve yürüyüş rotası oluşturulabilen bir geçit yapısına sahip olmasıdır. ABD'deki Tonto Traverten Köprüsü Parkı'nda üç tırmanış rotası, piknik alanları ve grup etkinlikleri için düzenlenmiş alanlar bulunmaktadır (Steenerson, 1990). Buna karşılık Diyardin Traverten Köprüleri Murat Nehri tarafından şekillendirilmiş olup, nehrin yüksek debisi ve

koprusunun i hacminin sınırlı olması nedeniyle jeoturizm potansiyeli bakımından Delikkaya örneğinden farklılık göstermektedir.

Sivas çevresindeki traverten sahaları da Türkiye genelindeki diğer traverten alanları gibi taş ocağı faaliyetleriyle tehdit altındadır. Özellikle atlak eksenlerinde gelişmiş bantlı travertenler, dekoratif görünümleri nedeniyle ss taşı ve yapı malzemesi olarak; tabakalı travertenler ise yüzey kaplama taşı olarak hızla tktilmektedir. Şekil 3'te görüldüğü üzere, Delikkaya traverten sahasındaki taş ocakları özellikle I numaralı sırt ve traverten koprusne ciddi tahribat vermektedir. Şekil 2 ve Şekil 3'te açıkça görülebileceği gibi, II numaralı sırt işletme sonucunda geri döndürülemez biçimde yok edilmiştir.

Bu nedenle, traverten sahalarına yönelik tahribatın etkin koruma önlemleriyle sınırlandırılması, hatta bazı alanlarda tamamen yasaklanması önerilmektedir. Delikkaya Traverten Koprusu başta olmak üzere Türkiye'deki bu tür jeositlerin korunması, yalnızca doğal mirasın sürdürülebilirliği açısından değil, aynı zamanda jeoloji, arkeoloji ve antropoloji gibi bilimsel disiplinlere katkı sağlaması bakımından da büyük önem taşımaktadır. Ayrıca, bu alanların yerel kalkınmada ekoturizm ve jeoturizm kapsamında önemli ekonomik ve kültürel getiriler sağlama potansiyeli bulunmaktadır.

Bu amaçla, Delikkaya Traverten Koprusu içerisinde ve etrafında yürüyüş rotaları, piknik alanları ve doğal yaşam gözlemleri için uygun tesislerin planlanması önerilmektedir. Bölgenin jeosit olarak tescillenerek koruma altına alınması hem bilimsel hem de toplumsal açıdan sürdürülebilir bir kazanım sağlayacaktır.

EXTENDED SUMMARY

This study aims to evaluate the geological, geomorphological, and geoconservation significance of the Delikkaya Travertine Bridge in Sivas Province, central Türkiye. The region lies within the Alpine-Himalayan orogenic belt and exhibits complex tectonic, volcanic, and hydrothermal features that have contributed to the

formation of rare travertine structures. Travertine deposition in the area is controlled by fault systems and geothermal activity, with four distinct ridge-type travertine bodies identified in the Delikkaya field.

The most prominent of these, referred to as Ridge I, hosts a natural travertine bridge formed by the erosive action of the ilz Stream – a tributary of the Yıldız River. The stream cuts through the travertine ridge from east to west, creating a tunnel-like passage measuring 38 meters in length, with entrance and exit dimensions of 17×13 meters and 14×22 meters, respectively. The bridge displays evidence of both dissolutional processes and mechanical collapse, including large travertine blocks detached from the ceiling and secondary carbonate precipitates forming stalactite- and stalagmite-like structures.

Uranium-thorium dating indicates that travertine precipitation began around 15.1 (±0.5) thousand years ago during the Late Pleistocene and continued until approximately 11.4 (±0.7) thousand years ago, marking the end of geothermal activity in the area. The bridge's formation likely initiated after this period, shaped by fluvial erosion and structural weakening.

Despite its scientific and geotouristic value, the Delikkaya travertine field is under threat from quarrying activities, particularly targeting banded and layered travertines for decorative and construction purposes. Visual evidence reveals irreversible damage to Ridge II and encroachment upon Ridge I, where the travertine bridge is located.

The study emphasizes the urgent need to protect this unique geological feature by designating it as a geosite and integrating it into sustainable tourism planning. Proposed measures include the development of hiking trails, ecological observation points, and visitor facilities. The Delikkaya Travertine Bridge stands as a rare example of walkable travertine morphology and offers significant potential for scientific research, education, and regional geotourism.

KATKI BELİRTME

Çalışmada bilimsel desteklerinden dolayı Prof. Dr. Halil Gürsoy'a, drone görüntülemelerindeki katkılarından dolayı Doç. Dr. Oktay Canbaz ve Doç. Dr. Sinan Koşaroğlu'na teşekkür ederim.

ORCID

Bekir Levent Mesci  <https://orcid.org/0000-0002-7983-3923>

KAYNAKÇA / REFERENCES

- Altunel, E. & Hancock, P. L. (1993). Morphological features and tectonic setting of Quaternary travertines at Pamukkale, western Turkey. *Geological Journal*, 28(3-4), 335-346. <https://doi.org/10.1002/gj.3350280312>
- Aral, F. ve Söylem, B. (1991). Sıcak Çermik (Sivas) Sıcak su Kaynaklarının Jeolojik ve Hidrojeolojik İncelenmesi. *Ahmet Acar Jeoloji Sempozyumu Bildiriler Kitapçığı. Çukurova Üniversitesi*, s.: 23-32.
- Atiker, M. (1991). Koruyamadığımız doğal anıtlar (Sivas travertenlerindeki dev çatlaklar ve bir akarsu tüneli). *TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi*, 691, 32-35.
- Bozkurt, E. (2001). Neotectonics of Turkey – a synthesis. *Geodinamica Acta*, 14(1-3), 3-30. <https://doi.org/10.1080/09853111.2001.11432432>
- Chafetz, H. S. & Folk, R. L. (1984). Travertines: depositional morphology and the bacterially constructed constituents. *Journal of Sedimentary Research*, 54(1), 289-316. <https://doi.org/10.1306/212F8404-2B24-11D7-8648000102C1865D>
- Curl, R. L. (1964). On the Definition of a Cave. *The National Speleological Society Bulletin* 26(1), 1-6
- Google Earth. (2025). Sivas, Bakırcıoğlu köyü ve çevresinin görüntüsü. <https://earth.google.com>
- Jennings, J. N. (1985). *Cave and karst terminology*. Australian Karst Index, 1-13.
- 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.
- Mesci, B. L., Gürsoy, H., Ghaleb, B. & Tatar, O. (2020). An Extensional Fracture Acting as Hot Water Source for Travertine Deposition on the North Anatolian Fault Zone, Turkey: the Reşadiye Fissure-Ridge. *Geological Bulletin of Turkey*, 63(1), 1-18. <https://doi.org/10.25288/tjb.623535>
- Nazik, L. (2018). Yeraltı Karanlıklar Dünyasının Gizemli Oluşumları: Mağaralar. *TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Mavi Gezegen*, 24, 20-36.
- Özkul, M., Kele, S., Gökğöz A., Shen, C. C., Jones, B., Baykara M. O., Föriş, I., Németh, T., Chang, Y. W., Alçıçek, M. C. (2013). Comparison of the Quaternary travertine sites in the Denizli extensional basin based on their depositional and geochemical data. *Sedimentary Geology*, 94, 179-204. <https://doi.org/10.1016/j.sedgeo.2013.05.018>
- Özkul, M., Gül, A., Koralay, T., Özen, H., Semiz, B. & Duman, B. (2024). Denizli Travertine: a global heritage stone resource nominee from Western Türkiye. *Geoheritage*, 16(3), Article 67. <https://doi.org/10.1007/s12371-024-00970-w>
- Özkul, M., Gül, A., Semiz, B., Koralay, T., Topal, A. ... & Kumsar, H. (2025). Denizli İlinin (GB Türkiye) Jeoçeşitliliği ve Önemli Jeositleri / Geodiversity and Significant Geosites of the Denizli Province (SW Türkiye). *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 68(4), 145-188. <https://doi.org/10.25288/tjb.1559108>
- Poisson, A., Guezou, J. C., Öztürk, A., İnan, S., Temiz, H., Gürsoy, H., Kavak, K. Ş. & Özden, S. (1996). Tectonic Setting and Evolution of the Sivas Basin, Central Anatolia, Turkey. *International Geology Review*, 38, 838-853. <https://doi.org/10.1080/00206819709465366>
- Polat, S. ve Ege, İ. (2024). Diyardin (Ağrı) Doğal Traverten Köprülerinin Jeomorfolojisi ve Oluşumları, Doğu Anadolu, Türkiye. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 67(2), 231-252. <https://doi.org/10.25288/tjb.1390845>
- Steenerson C. A. (1990). Tonto Natural Bridge Arizona's Newest State Park. *Arizona Geological Survey Arizona Geology*, 20(4), 7-10.
- Şengör, A. M. C. (1980). *Türkiye'nin Neotektoniğinin Esasları*. Türkiye Jeoloji Kurumu Yayını Ankara, 40 s.
- Şengör, A. M. C. (1985). Türkiye'nin tektonik tarihinin yapısal sınıflaması. *Türkiye Jeoloji Kurumu Ketin Sempozyumu*, 37-61.
- IUGS, (2022). *The First 100 IUGS Geological Heritage Sites* (pp. 301). ISBN: 978-1-7923-9975-6. International Union of Geological Sciences Publication.
- Yılmaz, A. (1981). Tokat ile Sivas Arasındaki Bölgede Ofiyolitli Karışığın iç Yapısı ve Yerleşme Yaşı. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, 24(1), 31-38. https://www.jmo.org.tr/resimler/ekler/a8d616d51ce9709_ek.pdf



Bolluk Gölü Çevresinin Jeomiras ve Jeomorfoturizm Potansiyeli
(Cihanbeyli-Konya İç Anadolu)
Geoheritage and Geomorphotourism Potential of the Surroundings of Lake Bolluk
(Cihanbeyli-Konya Central Anadolu)

Sultan Murat Uzun^{1*} , Nuriye Garipağaoğlu¹ 

¹ *Marmara Üniversitesi, İnsan ve Toplum Bilimleri Fakültesi, Coğrafya Bölümü 34744 İstanbul, Türkiye*

• Geliş/Received: 16.09.2025 • Düzeltilmiş Metin Geliş/Revised Manuscript Received: 14.11.2025 • Kabul/Accepted: 03.01.2026
• Çevrimiçi Yayın/Available online: 17.05.2026 • Baskı/Printed: 22.05.2026

Araştırma Makalesi/Research Article

Türkiye Jeol. Bül. / Geol. Bull. Turkey

Öz: Jeomorfoturizm, litolojik ve jeomorfolojik olarak oluşum, gelişim süreçleri ve morfolojik görünüşleri farklı olan rölyefin nadir, özgün ve ilgi çekici olduğu sahalarda ya da birimlerin belli potansiyellerini kullanılarak yapılan alternatif turizm türüdür. Türkiye, jeomorfolojik çeşitliliği sayesinde birçok jeosit, jeomorfosit, jeopark alanı, jeomiras unsurları ve jeomorfoturizm potansiyellerini barındırmaktadır. Bu çalışmada, İç Anadolu Bölgesi'nde Cihanbeyli'nin (Konya) güneyinde yer alan Bolluk Gölü çevresindeki traverten konileri ve diğer jeomorfolojik unsurların jeomorfoturizm potansiyeli incelenmiştir. Kartografik veriler, uydu görüntüleri, ortofotolar ve arazi gözlemleri kullanılarak çalışma alanındaki jeomorfositler belirlenmiştir. Belirlenen bu unsurlar Jeomorfosit Değerlendirme Kriterleri (JDK) ile jeomorfoturizm potansiyeli açısından incelenmiştir. İnceleme alanındaki traverten konileri, tufa çökelleri, dolinler, traverten kanalı, mikro tümsek ve paludal çökeller, Bolluk Gölü ve tuzla alanları jeomorfosit olarak tanımlanmıştır. Karstlaşma, tektonizma, mineralli su kaynağı ile jeomorfolojik, klimatolojik ve edafik koşullar altında oluşan traverten konileri, Bolluk Gölü'nün özellikle kuzey ve doğusunda yoğunlaşmıştır. Sayısı 64'ü bulan koniler tip, morfometrik özellikler, morfolojik görünüm, hidrografik durumu ve tahrip boyutu açısından çeşitlilik arz etmektedir. Traverten kanalı, tufa çökelleri, mikro tümsek ve paludal çökeller bölgede aynı etken ve süreçlerle oluşan nadir jeomorfositler olarak değerlendirilmiştir. JDK analizine göre en yüksek genel ortalamaya traverten konileri (0,61) sahiptir. Traverten konilerini jeomorfoturizm potansiyeli açısından sırasıyla; traverten kanalı (0,56), dolinler (0,55), tufa çökelleri (0,54), Bolluk Gölü (0,54), mikro tümsek ve paludal tortular (0,48) ve tuzla alanları (0,46) takip etmektedir. Tüm jeomorfositlerin genel jeomorfoturizm ortalaması 0,53 iken bilimsel değer ortalaması 0,64, ikincil değer ortalaması 0,51 ve kullanım potansiyeli ortalaması 0,44 olarak hesaplanmıştır. Bulgular, çalışma sahanın jeolojik, jeomorfolojik temsil, estetik, bilimsel boyut açısından yüksek potansiyele sahip olduğunu ancak tanıtım, hizmet, ulaşım gibi alanlarda büyük eksikliklerin bulunduğunu göstermektedir. Oldukça nadir olan bu jeomorfositlerin korunması ve alternatif turizme kazandırılması için planlamaların yapılması gerekmektedir.

Anahtar Kelimeler: Bolluk Gölü, jeomiras, jeomorfosit, jeomorfoturizm, traverten konileri.

Abstract: *Geomorphotourism is a type of alternative tourism that utilizes the specific potential of areas or units that differ in lithological and geomorphological formation, development processes, and morphological appearance, and whose relief is rare, unique, and intriguing. Türkiye, due to its geomorphological diversity, hosts numerous geosites, geomorphosites, geoparks, geoheritage elements, and geomorphotourism resources. This study examines geomorphotourism potential of travertine cones and other geomorphological elements around Lake Bolluk, located south of Cihanbeyli (Konya) in the Central Anatolia Region. Geomorphosites in the study area were identified using cartographic data, satellite imagery, orthophotos, and field observations. These elements were then evaluated in*

terms of geomorphotourism potential using the Geomorphosite Assessment Criteria (GEC). Travertine cones, tufa deposits, dolines, travertine channels, micromounds, paludal deposits, Lake Bolluk and salt pans in the study area were defined as geomorphosites. Travertine cones, formed under geomorphological, climatological, and edaphic conditions due to karstification, tectonism, mineral springs, and other factors, are concentrated particularly in the north and east of Lake Bolluk. The 64 cones vary in type, morphometric characteristics, morphological appearance, hydrographic status, and extent of damage. Travertine channels, tufa deposits, microhumps, and paludal deposits are considered rare geomorphosites formed by the same factors and processes in the region. According to the GEC analysis, travertine cones have the highest overall mean (0.61). Following the travertine cones in terms of geomorphotourism potential are travertine channels (0.56), dolines (0.55), tufa deposits (0.54), Lake Bolluk (0.54), microhumps and paludal deposits (0.48), and salt pans (0.46). The overall geomorphotourism mean for all geomorphosites was 0.53, while the scientific value mean was 0.64, the secondary value mean was 0.51, and the usage potential mean was 0.44. The findings indicate that the study area has a high potential in terms of geological and geomorphological representation, aesthetics, and scientific dimensions, and that significant shortcomings, however, exist in areas such as promotion, services, and transportation. Planning is necessary to protect these rare geomorphosites and facilitate their inclusion in alternative tourism.

Keywords: *Geoheritage, geomorphosite, geomorphotourism, Lake Bolluk, travertine cones.*

GİRİŞ

Turizmdeki gelişmelerle birlikte sürdürülebilirlik ve doğayı koruma anlayışındaki değişimler yeni bir olgu ve faaliyet alanı olan jeoturizm kapsamını da etkilemiştir (Reynard vd., 2011). Jeoturizm, doğrudan jeolojik ve jeomorfolojik unsurlara odaklanan, bu unsurların eğitim, tanıtım, ekonomik kalkınma ile bütünleşmesini amaçlayan turizm türü olarak tanımlanmaktadır (Dowling ve Newsome, 2018). Yerin iç ve dış yapısı, burada meydana gelen zamansal, mekânsal değişimler ile rölyefin oluşum ve gelişim süreçleri, çevredeki insan faaliyetlerinin bu unsurları kullanım durumu gibi etmenler yer kökenli önemli miras alanlarının temel özellikleridir (Reynard ve Panizza, 2005; Rylp vd., 2025). Jeomiras kavramı, doğal mirasın ayrılmaz bir parçası olarak, jeolojik ve jeomorfolojik unsurların bilimsel, estetik, kültürel ve sosyoekonomik değerlerini kapsamaktadır (Panizza, 2001; Panizza ve Piacente, 2008; Uzun, 2015). Jeomiras ile etkileşim içerisinde olan jeoturizm bu ana unsurun sürdürülebilir şekilde değerlendirilmesini amaçlamaktadır (Pimentel vd., 2024; Ferdowsi vd., 2025).

Jeomiras alanlarının temelini jeosit ve jeomorfositler oluşturmaktadır (Reynard ve Coratza, 2007; Serrano vd., 2025). Jeositler

yapısal, litolojik olarak nadir bulunan, estetik ve bilimsel değere sahip olan unsurlardır (Reynard ve Panizza, 2005). Jeomorfositler ise rölyefin oluşum ve gelişiminde farklı etmenlerle etkileşime girmiş, nadir görülebilen manzaralar ortaya koymuş ve estetik görünümleri sunmuş doğal unsurlardır (Panizza, 2001; Reynard vd., 2011; Canpolat vd., 2020; Migoñ, 2024; Ruiz-Pedrosa vd., 2024). Bu bakımdan her iki jeomiras unsuru birbiri ile bağlantılı ve etkileşim içerisinde bulunmaktadır (Turoğlu, 2025). Jeomorfositler, jeoturizmin özgün bileşenlerini oluşturarak estetik, dinamik ve ölçeksel çeşitlilik gibi üç temel boyutta değerlendirilebilmektedir (Reynard vd., 2016; Bussard ve Reynard, 2022). Jeomorfositler dinamik boyutlarına, geometrik yapılarına ve süreçlerine göre sınıflandırılabilir ya da modellenmektedir (Pelfini ve Bollati, 2014; Coratza vd., 2021; Ferrando vd., 2025). Dünyada jeomiras, jeosit, jeoturizm ve jeomorfositlerin potansiyellerinin belirlenmesi amacıyla farklı modeller ortaya konmuştur (Bollati vd., 2012; Zorlu vd., 2024; Rylp vd., 2025; Skovitina vd., 2025).

Türkiye, jeolojik ve jeomorfolojik çeşitlik bakımından önemli bir yere sahiptir. Bu durum ülkemizin jeomiras potansiyelinin oldukça yüksek

olmasını sağlamıştır (Turoğlu, 2025). Ülkemizde morfojenetik açıdan farklı süreçlerin yaşanması, jeolojik dönemlerde değişen iklim koşulları, ana ve elementer morfolojik unsurların çeşitliliği ve neo-tektonik etkenlerle jeo-çeşitlilik ve bunun sonucundaki jeomiras potansiyeli de yükselmiştir (Zeybek, 2004; Kaygılı vd., 2018). Jeolojik ve jeomorfolojik oluşum, gelişim ile ortaya çıkan unsurların birçok açıdan farklı turizm potansiyelleri barındırması, ülkemizdeki jeomiras unsurlarının korunmasına, turizm açısından sürdürülebilir kullanımına olanak sağlamıştır (Doğan vd., 2019). Denizli-Pamukkale travertenleri, Kapadokya bölgesi peribacaları, Tokat-Balıca mağarası, Frig vadisi, Nemrut Kalderası ve bunlar gibi birçok diğer örneklerde jeosit ve jeomorfositler olarak turizm açısından değer kazanmıştır. (Kazancı, 2012; Özkul vd., 2024; Uzun ve Siyavuş, 2024; Aytaç vd., 2025; Özdemir ve Kaymak, 2025; Turoğlu, 2025; Öztürk, 2026). Bunun dışında UNESCO tescilli ilk jeopark sahası olan Kula ya da diğer bir saha olan İda-Madra Jeopark'ı gibi farklı koruma ve statülerde jeomorfosit alanları bulunmaktadır. Karst topografyasının ülkemizde yaygın olması aynı zamanda tektonizma, flüvyal süreçler, buzul süreçleri ile etkileşimlere girerek çeşitli jeomorfolojik unsurların bulunması (Alagöz, 1944), bu sahaların jeomiras potansiyelinin yüksek olmasını sağlamıştır (Zeybek, 2004).

Travertenler, karstik birimlerde gözlemlenen, kırık boyunca yüzeye çıkan karbonatlı suların bıraktığı ince tabakalı ve laminalı, oldukça iyi çimentolaşmış karbonat çökeltileridir (Erinç, 1960; Erol, 1968; Altunel, 1996; Pentecost ve Viles, 1994; Ford ve Williams, 2007; Pedley, 2009; Polat, 2011; Özkul vd., 2013; Capezzuoli vd., 2014; Toker vd., 2015). Bu karbonatlı çökeltiler suyun sıcaklığı, kimyasal özelliği, kayacın yapısı ve mineral içeriği, topografyanın ilksel ve sonraki rölyefi ile jeomorfolojik gelişim süreci, çevredeki bitki örtüsü ve diğer canlıların dağılışı gibi faktörlerden etkilenerek farklı morfolojik görünümler sunmaktadır (Pentecost ve

Viles, 1994; Pedley, 2009; Özkul vd., 2010; Özkul vd., 2013; Jones ve Peng, 2017; Yang vd., 2024). Travertenden farklı olarak tufa çökelleri ise ılık tatlı su ortamlarındaki mikro canlılar tarafından çökeltilen, organik madde içeriği ve porozitesi yüksek kalsiyum karbonat (CaCO_3) çökeltiler olarak kabul edilmektedir (Atabey, 2003; Arenas-Abad vd., 2010; Linares vd., 2010; Capezzuoli vd., 2014; Tagliasacchi ve Kayseri-Özer, 2020; Çelik ve Tagliasacchi, 2025). Kalsiyum karbonatın (CaCO_3) çökmesiyle özellikle traverten terası, traverten sırtı, traverten konisi, traverten köprüleri, kanalları, bacaları ve traverten gölü gibi çok çeşitli jeomorfolojik oluşumlar meydana gelmektedir (Linares vd., 2010; Polat, 2011; Liu vd., 2012; Jones ve Peng, 2017; Luo vd., 2021). Belirtilen jeomorfolojik oluşumların alansal, hacimsel ya da boyutsal büyüklüğü ile dağılışı, yapısı, morfolojik durumu travertenlerin jeomorfosit potansiyelini ortaya koymaktadır. Aynı zamanda travertenlerin olduğu sahalarda karst litolojisi ve tektonik faaliyetlere bağlı olarak çeşitli morfolojik birimlerde dağılışı gösterebilmektedir. Ülkemizde travertenler farklı jeomorfolojik görümleri ile Pamukkale (Denizli), Akkayalar (Bolu), Antalya, Başkale (Van), Çat (Erzurum), Kuşdili (Kırşehir), Otlukbeli (Erzincan), Sındırgı-Hisaralan (Balıkesir), Kızılcaören (Uşak), Emir-Kula (Manisa), Gazlıgöl (Afyon), Malazgirt (Muş) ve Sıcakçermik (Sivas) alanlarında görülmektedir (Altunel, 1996; Özkul vd., 2002; Atabey, 2003; Sayhan, 2005; Polat, 2011; Özkul vd., 2013; Polat ve Deniz, 2016; Özkul vd., 2024; Çelik ve Tagliasacchi, 2025).

Bu çalışmanın amacını, Dünya'da ve Türkiye'de nadir görülen, dar alanda sayısı oldukça fazla olan traverten konilerinin olduğu Bolluk Gölü ile çevresinin jeosit, jeomorfositlerinin tespit edilmesi, sınıflandırılması, jeomorforizm potansiyelinin saptanması, jeomorforizm odaklı rotaların önerilmesi ve yönetim planlarının sunulması oluşturmaktadır.

ÇALIŞMA ALANI

Bolluk Gölü ve çevresi, Türkiye'nin İç Anadolu Bölgesi'nde, Konya ili Cihanbeyli ilçesinin güneydoğusunda yer almaktadır (Şekil 1A). Traverten konileri ve çalışmada tespit edilen diğer jeomorfolojik birimler gölün kuzeyi ve doğusunda yer almaktadır. Plato görünümünde olan çalışma alanı, farklı yükseklikteki morfolojik oluşuklarla çevrelenmiştir. İnceleme alanının batısında Bolluk yaylası ve Bozdağ (1191 m), kuzeyinde Karataş Tepe (956 m), doğusunda Tersakan Gölü, Küçükütün Tepe (1001 m), Tütün Tepe (1022 m) ve Karadağ (1081 m), güneyinde Alttekin Platosu bulunmaktadır (Şekil 1B). Çalışma alanında traverten konileri dışında, tufa çökelleri, dolinler, traverten kanalları, mikro tümsek ve paludal çökeller (tortular) diğer jeomorfolojik birimleri oluşturmaktadır. Bolluk Gölü'nün kuzey ve güneyinde tuzla alanları ile sodyum sülfat üretim tesisi de bulunmaktadır.

Çalışma alanının kuzeybatısındaki Bozdağ ile diğer tepelik sahaların ana kayasını Orta Triyas Geç Jura yaşlı kireçtaşı ve mermerler oluşturmaktadır (Erol, 1968). Bolluk Gölü'nün güney ve kuzeyinde ayrıca doğu kesiminde Geç Miyosen-Pliyosen yaşlı kireçtaşı, marn ve kiltası birimleri bulunmaktadır (Delibaş, 2010; Pınar vd., 2018; Polat ve Ege, 2018). Doğu kesimindeki Karadağ'ın temeli ve çevresi Pliyosen yaşlı andezit ve karasal volkanitlerden oluşmaktadır. İnceleme alanının büyük bölümünde Bolluk Gölü uzanımına paralel Kuvaterner yaşlı silt, kil, kumtaşı ve karasal karbonat çökelleri yer almaktadır (Şekil 1B). Evaporitler, Bolluk Gölü'nün kuzeyinde belirgin olarak gözlenmektedir. Daha önce yapılan çalışmalar Bolluk Gölü'nün batı ve doğu ile kuzeyden fay denetimli olduğunu ortaya koymaktadır (Erol, 1968; Polat ve Ege, 2018). Araştırma sahasında özellikle traverten konilerin oluşumunda ve dağılışında etkili olan muhtemel fayların genel uzantısı KD-GB'dır (Erol, 1968; Polat ve Ege, 2018). Fayların doğrultusu, gölün uzanımı ve traverten konilerinin dağılışı ile

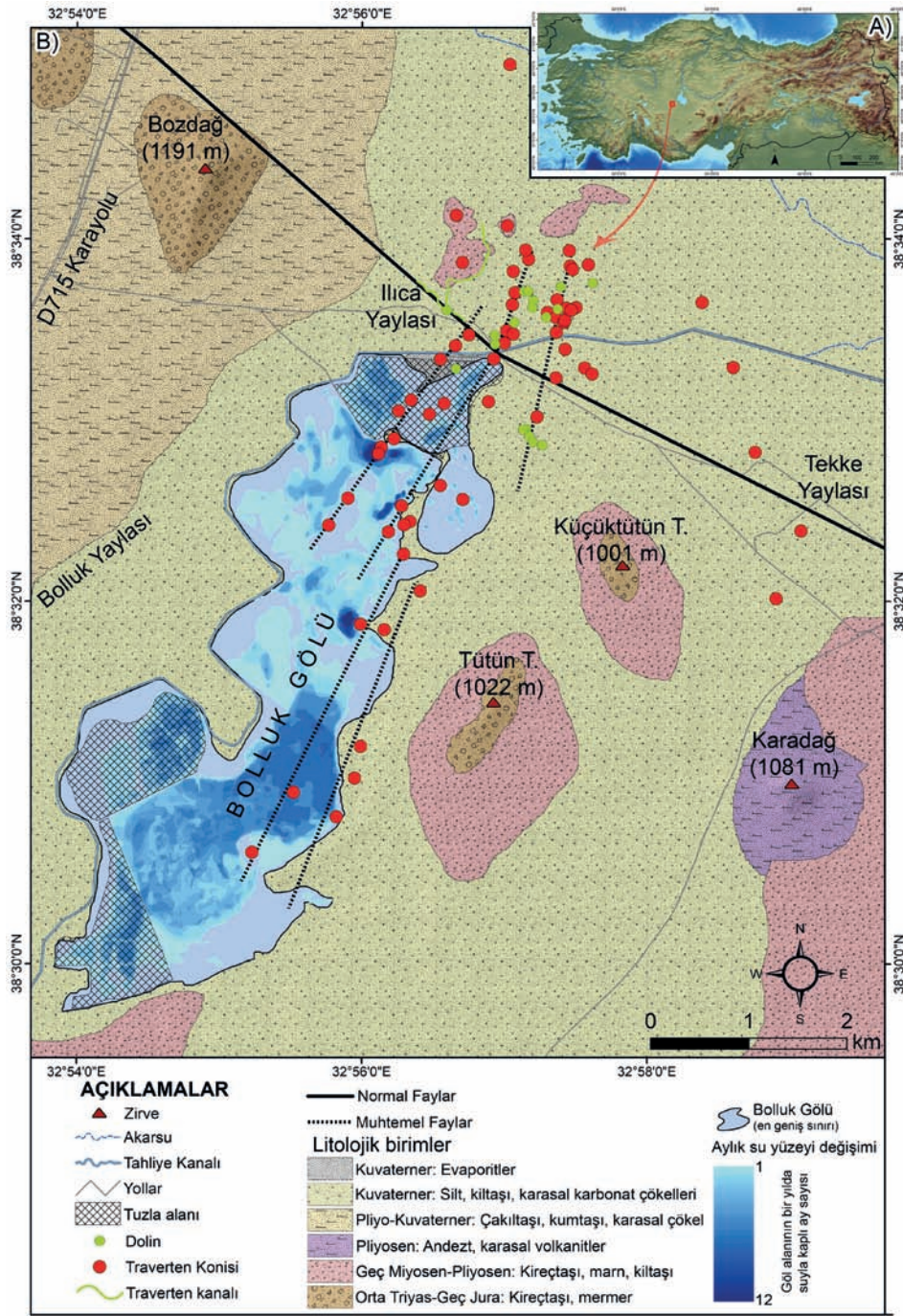
paralellik göstermektedir. Araştırma sahasındaki özgün jeomorfolojik birimler genel olarak 950-980 m arasında olup bu sahanın ortalama eğim değeri 0°-5° arasındadır.

MATERYAL ve YÖNTEM

Araştırmanın veri kaynaklarını Harita Genel Müdürlüğü'nden alınan 1:25.000 ölçekli topografya paftaları, MTA'dan alınan 1:100.000 ölçekli jeoloji haritası ve diri fay haritası, 20.08.2025 tarihli Sentinel 2 MSI uydu görüntüsü, Google Earth Pro ortofoto görüntüleri ile arazi çalışması bulguları oluşturmaktadır.

Çalışma temel olarak iki aşamadan oluşmaktadır. Birinci aşamada, araştırma sahasındaki jeosit ve jeomorfositlerin belirlenmesi ve bu unsurların jeomorfolojik özelliklerinin ortaya konması oluşturur. İkinci aşamada ise belirlenen jeomorfositlerin jeomorfoturizm potansiyelinin tespit edilmesi yer alır. Ayrıca her iki aşamada elde edilen veriler neticesinde araştırma sahasının jeomorfoturizm yönetim ve planlama haritası ortaya konmuştur.

Araştırma sahasının jeolojik ve jeomorfolojik özellikleri daha önce yapılmış çalışmalardan, kartografik verilerden ve arazi çalışmalarından elde edilen bulgularla oluşturulmuştur. Veriler ArcGIS yazılımına aktarılmış, çalışma sahasının jeoloji, jeomorfosit haritaları üretilmiştir. Bu aşamadan sonra jeomorfositlerin ayrıntılı tanımlaması, bilimsel ve ek değerlerin, kullanım potansiyelinin, tehditlerin ve kırılganlığın değerlendirilmesi ile sentezleme çalışmaları yapılmıştır. Belirlenen jeomorfositler, jeomorfolojik özelliklerinin yanında bilimsel değer, manzara ve estetik değeri, tarihi ve kültürel değeri, ekonomik değeri ve tehlike barındırma durumları açısından da analiz edilmiştir. Bu çalışmadaki analizler, bulgular ve daha önce yapılan araştırmalar incelenmiş ve Bollati vd.'nin (2012) ortaya koyduğu model olan "Jeomorfosit Değerlendirme Kriterleri"ne (JDK) uygun olarak jeomorfoturizm potansiyeli incelenmiştir (Bollati vd., 2012).



Şekil 1. A) Araştırma sahasının Türkiye’deki konumu, **B)** Bolluk Gölü ve çevresinin jeoloji haritası (Bu harita Erol’un 1968, Pınar vd.’nin 2018, Polat ve Ege’nin 2018’deki çalışmaları ile MTA’dan alınan 1:100.000 ölçekli jeoloji paftasından yararlanılarak oluşturulmuştur).

Figure 1. A) The location of the research area in Türkiye, **B)** Geological map of the surrounding of Lake Bolluk (This map was created by using the 1:100,000 scale geological map obtained from MTA and the studies of Erol in 1968, Pınar et al. in 2018, Polat and Ege in 2018.).

Modele göre jeomorfositlerin farklı özellikleri 0-1 arasında sayısal değer almaktadır. Sayısal veriler, Bollati vd.'nin (2012) belirlediği jeosit ve jeomorfosit değerlerinin belli indisler üzerinden hesaplanması, analiz edilmesi, arazi çalışması ile elde edilen veriler ve daha önce yapılmış jeomorfoturizm çalışmalarındaki değerlendirmeler dikkate alınarak ortaya konmaktadır (Panizza, 2001; Reynard ve Coratza, 2007; Panizza ve Piacente, 2008; Bollati vd., 2012; Canpolat vd., 2020; Zorlu vd., 2024; Ferdowsi vd., 2025; Rylp vd., 2025; Skovitina vd., 2025). Sayısal değer alan verilerin toplam ortalaması jeomorfoturizm potansiyelini ortaya koymaktadır. Model, bilimsel değer, ikincil değer ve kullanım potansiyeli olmak üzere üç ana kategoriden oluşmaktadır. Bilimsel değer parametresinde 9, ikincil değer bölümünde 3 ve kullanım potansiyeli bölümünde 10 değişken bulunmaktadır. Çalışmada genel jeomorfoturizm potansiyeli dışında her bir parametre kendi içerisinde değerlendirilerek araştırma sahasının jeomiras ve jeomorfoturizm için yapılması gerekenler de tespit edilmiştir.

BULGULAR

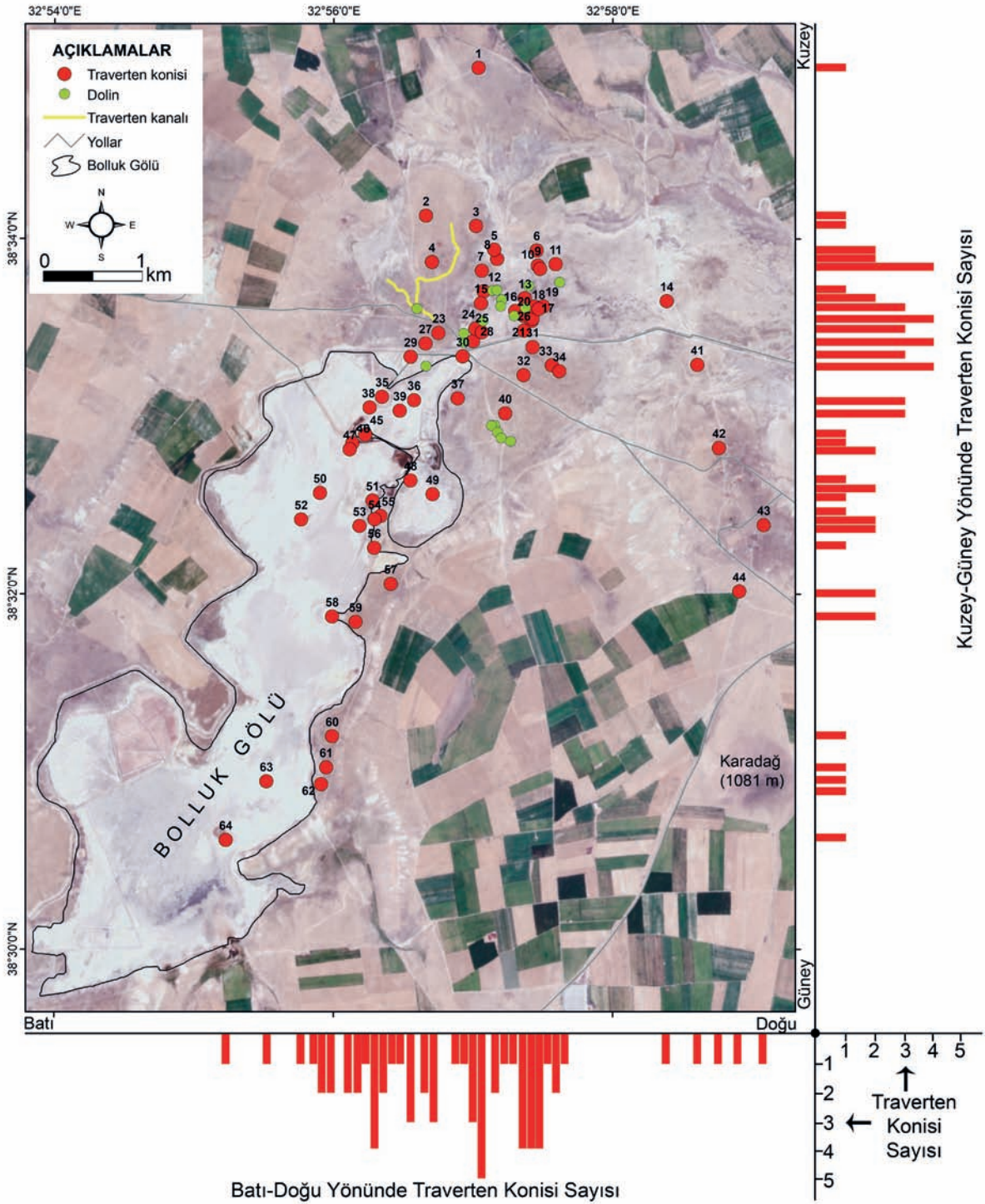
Bolluk Gölü Çevresinin Jeomorfositleri

Traverten konileri

Traverten konileri, özellikle eğim değeri az olan düz ve düze yakın sahalardaki CaCO_3 içeriği fazla olan kaynakların fay ve çatlak gibi süreksizliklerden yüzeye çıkması, daha sonra CO_2 kaçıışı ve pH'ın yükselmesi, doygunluğa ulaşması ile bünyesindeki CaCO_3 'ü çıkış ağzından itibaren çevreye yayması ve biriktirmesi ile meydana gelmiş hafif yüksek, dairesellik oranı fazla olan depolanma morfolojileridir (Erinç, 1960; Erol, 1968; Pentecost ve Viles, 1994; Ford ve Pedley,

1996; Atabey, 2003; Jones ve Peng, 2017; Brogi vd., 2021; Luo vd., 2021). Traverten konilerinden su çıkışının azalması, kimyasal yapısının değişmesi ya da sona ermesine bağlı olarak konilerin morfolojik görünümü ve jeomorfolojik gelişim ömürleri değişkenlik göstermektedir. Dünyada ve Türkiye'nin bazı alanlarda farklı görünüm ve sayıda traverten konileri bulunmaktadır. Bolluk Gölü çevresinde ise Türkiye'de nadir sayılabilecek ve görünüm olarak sayıca oldukça fazla traverten konisi bulunmakta ve bu morfolojik birimler birçok özelliği açısından jeomorfosit olarak değerlendirilebilmektedir (Linares vd., 2010; Polat ve Deniz, 2016; Özkul vd., 2019).

Araştırma sahasında 64 adet traverten konisi tespit edilmiştir. Traverten konileri dikdörtgene benzer yaklaşık 45 km^2 'lik bir alan içerisinde dağılışı göstermektedir (Şekil 2). Doğu-batu doğrultusunda en uçtaki traverten konileri arasındaki kuş uçuşu mesafe 5,68 km iken kuzey-güney yönünde kuş uçuşu mesafe 8,07 km'dir. Arazi çalışmaları ve CBS, UA analizleri konilerin bazılarının B-D, K-G (Şekil 2) yönünde aynı zamanda Erol'un (1968) çalışmasında belirttiği gibi KB-GD yönünde sıralandığı göstermektedir. Bu durum traverten konileri oluşumunun tektonizma ve fay ilişkisini ortaya koymaktadır. Daha önce yapılmış çalışmaların dışında bu çalışmada Bolluk Gölü yüzey sularının azalmasına bağlı olarak kuzeybatı kesimindeki ve 64 no'lu koniye 7 km uzaklıkta güneydoğu kesimde de (Toprakkale Yaylası mevkiinde) traverten konilerinin olabileceği bulgusuna ulaşılmıştır. Belirtilen bulgular, daha önce yapılan çalışmalarla birlikte traverten konilerin daha geniş alana yayıldığı, bazılarının erozyon ve flüvyal süreçlerle deforme olduğu ve ortadan kalktığını da ortaya koymaktadır.



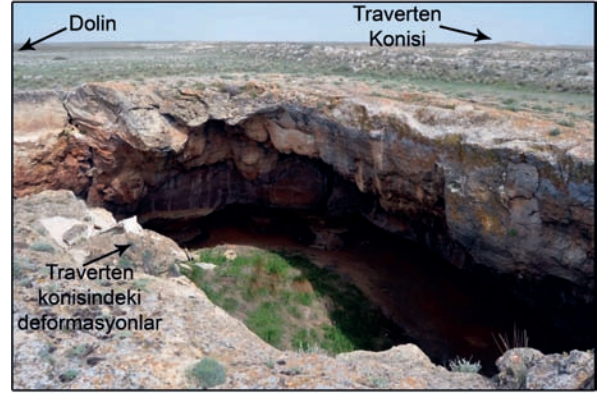
Şekil 2: Traverten konileri ve dolinlerin dağılışı (sayısal değerler traverten konilerinin numaralarıdır).

Figure 2: Distribution of travertine cones and dolines (numerical values are the numbers of the travertine cones).

Uydu, ortofoto ve arazi çalışmaları analizi ile traverten konilerinin 12'sinde su olduğu saptanmıştır. Polat ve Ege (2018), traverten konilerinin 5'inde mevsimlik, 17'sinde daimî su olduğunu belirtirken, Pınar vd. (2018) ve Delibaş (2010)'ın yaptığı çalışmalarda traverten konilerinin 3'ünde mevsimlik su, 10'unda ise daimi su olduğunu tespit etmişlerdir. Erol'un (1968) çalışmasında özellikle Bolluk Gölü kuzeyindeki traverten konilerin bazılarında daimi su olduğunu belirtmiştir. Uzun (2024) çalışmasında 1984-2024 yılları arasında ve 2018-2024 yılları arasında Bolluk Gölü su yüzey alanının oldukça azaldığını belirtmiştir. Bu kapsamda yapılan çalışmalar Bolluk Gölü traverten konilerindeki su varlığının geçmişten günümüze meteorolojik ve hidrolojik kuraklık şiddetine bağlı olarak yüzey ve yer altı su seviyesi etkeniyle azaldığını ortaya koymaktadır (Şekil 3, 4 ve 5D).

Bu çalışmada tespit edilen 64 traverten konisinin 10 tanesinin deforme olduğu ve morfolojik görünümünü kaybettiği, 53 tanesinin ise belirgin bir konisinin olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca 53 koninin ağız kısmının korunduğu, 11 koni ağzının ise doğal ya da antropojenik etkiler sonucu tahrip olduğu tespit edilmiştir. Konilerin taban çapı 12,8 m ile 386,8 m arasında değişmektedir (Şekil 5A). 4 no'lu traverten konisi en geniş taban çapına sahiptir. Traverten konilerinin ağız çapı 3,01 m ile 49,6 m arasındadır (Şekil 5B). Konilerin yüksekliği platodaki taban seviyesinden 1-27 m arasında iken yaklaşık eğim değerleri 1°-40° arasındadır. Traverten konilerinin ağız kısmında ölçülen çukurluk derinlikleri 0,1 ile 20 m arasında değişmektedir. Traverten konilerinin dairesellik indis analizleri sonuçlarına göre 54 tanesi tam dairesel değerine çok yakındır (1 ile 1,1 arasında). Dairesellik indisi verileri daha farklı çıkan traverten konilerinin tahrip sonucu bu morfolojik görünümü aldığı tespit edilmiştir. Çalışma sahasında 10 traverten konisinin doğal dinamik süreçler ya da antropojenik etkenlerle koni tabanının erozif faaliyetlere uğradığı ve bu morfolojik görünümün ölü traverten konisi olarak

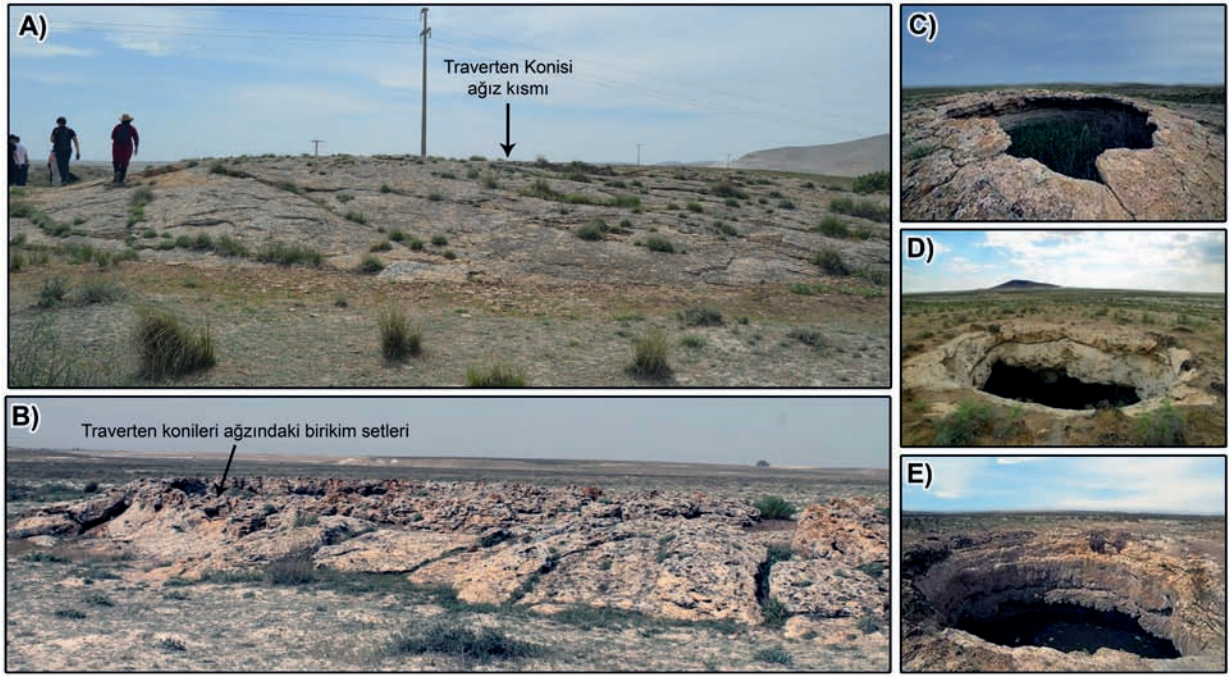
ifade edilmesi gerektiği belirtilmektedir (Pınar vd., 2018).



Şekil 3: İnceleme sahasındaki 28 no'lu traverten konisinin görünümü.

Figure 3: View of travertine cone no. 28 in the study area.

Traverten konilerinin taban çapının koni ağız çapına oranı genel olarak konilerin tipleri hakkında fikir vermektedir. Bu bakımdan bazı konilerin taban çapına oranla ağız genişliği fazla iken bazılarının çapı oldukça dar koni ağzları mevcuttur (Şekil 5C). Yapılan analize göre 14 no'lu koninin taban çapı ağız çapının 32 katı büyüklüğündedir. Koninin taban çapı, koni ağız çapının 10 katından fazla olan 9 traverten konisi bulunmaktadır. 11 adet koninin ağız kısmı ve bazı konilerin taban çapı eğimi deformasyona uğradığı ya da belirginliğini kaybettiği için kantitatif bir veri bulunmamaktadır. Konilerden 29 tanesinin taban çapı ile ağız çapı arasında belli bir orantı bulunmaktadır. Erol (1968) yaptığı çalışmada, bölgedeki konileri genel olarak 4 farklı tipe sınıflandırmıştır (Şekil 6). En tipik traverten konisinin 3 no'lu tip olduğunu ve arazide daha yaygın görüldüğünü belirtmiştir (Erol, 1968). Ancak konilerin gelişim evresinde kırık hattı, Pleyistosen'deki gölsel çökellerin yayılışı, özellikle su kaynağındaki CaCO_3 oranı ile sülfat miktarı konilerin gelişiminde ve tipinde önemli rol oynamıştır (Şekil 4, 5 ve 6). Bu bakımdan koniler farklı morfolojik tipler şeklindedir.



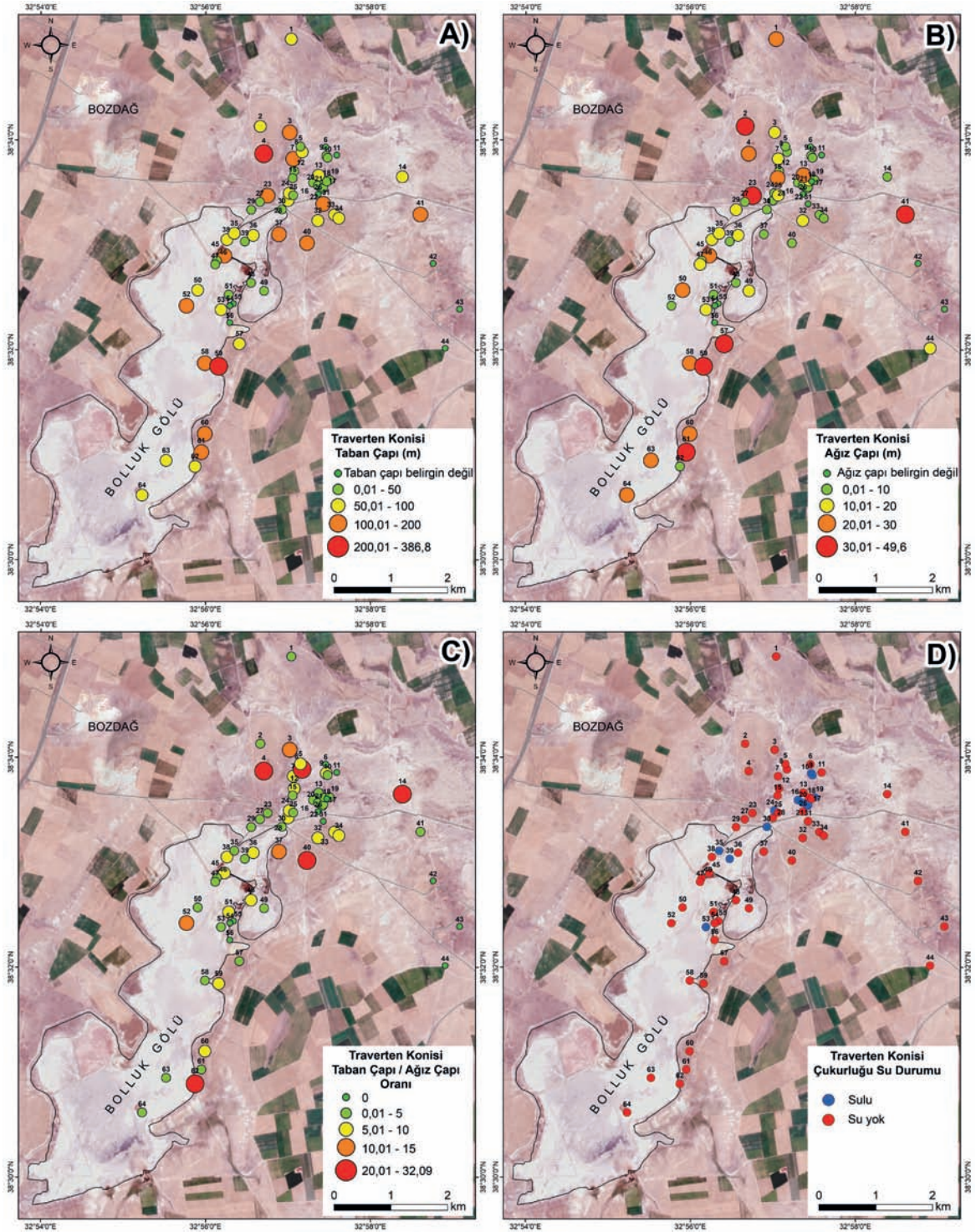
Şekil 4: Farklı tip ve morfolojik görünüme sahip traverten konileri örnekleri **A)** 24 no'lu koni, **B)** 25 no'lu koni (2. tip koni sınıflandırması örnekleri), **C)** 45 no'lu koni (3. tip koni sınıflandırması örneği), **D)** 34 no'lu koni, **E)** 32 no'lu koni.

Figure 4: Examples of travertine cones with different types and morphological appearances: **A)** cone no. 24, **B)** cone no. 25 (Examples of Type 2 cone classification) **C)** cone no. 45 (Examples of Type 3 cone classification, **D)** cone no. 34, **E)** cone no. 32.

Bolluk Gölü traverten konilerinin oluşum aşaması genel olarak birbirini takip eden evreler şeklinde olup jeolojik, jeomorfolojik, klimatolojik, hidrografik ve edafik koşullar gibi birçok önemli faktör rol oynamıştır. Traverten konileri oluşumu, meteoik olarak topografya sathının altına sızan ve kireçtaşı etkisiyle yüksek oranda CaCO_3 içeren suların hidrostatik basınçla farklı doğrultulardaki kırık ve çatlaklardan yüzeye çıkması ile başlamaktadır.

Jeomorfolojik olarak eğim değeri az olan sahalarda yüzeye çıkan sudaki çözülmüş CO_2 oranı azalmakta ve CaCO_3 birikimi gerçekleşmektedir (Şekil 7A-C). İlk olarak çevreye elips şeklinde yayılan sulara birikimler kısa boylu kserofit bitkileri vasıtasıyla tutunmakta ve dairesel birikim başlamaktadır. Birikme ve tutunma CO_2 kaçıışı ile CaCO_3 'ün kalsite doygunluğu önemli rol oynamaktadır. Konilerin

ağız kısmında biriken setlerden gelen sular çevreye yayılmaya devam etmekte ve konilerin yükselimi artmaktadır. Konileri besleyen suyun miktarı da CaCO_3 çökelinin gelişiminde rol oynamaktadır. Konilerdeki traverten birikimlerin basamakları bu durumu doğrulamaktadır (Şekil 7A). Günümüzde CaCO_3 içeriği fazla olan basınçlı su çıkışlarının durdurduğu, sülfat oranı yüksek olan su çıkışlarının devam ettiği, birçok koni içerisindeki suyun ise kurumuş ya da çekilmiş olduğu bilinmektedir. (Erol, 1968; Canik vd., 2004; Delibaş, 2010; Pınar vd., 2018; Polat ve Ege, 2018). Bu bakımdan mineralli su çıkışının sona ermesi traverten konilerinin gelişimini sonlandırmış, diğer dış dinamik süreçler ve antropojenik etkenlerle konilerin bazılarının morfolojik görünümü değişmiştir. Bu kapsamda koniler, günümüze fosil traverten konileri niteliği taşımaktadır.



Şekil 5. Traverten konilerinin A) Taban çapı, B) Koni ağız çapı, C) Taban çapı koni ağız çapı oranı ve D) su durumu dağılışı

Figure 5. A) Basal diameter, B) crater diameter, C) ratio of basal diameter to crater diameter, and D) water-status distribution of the travertine cones.

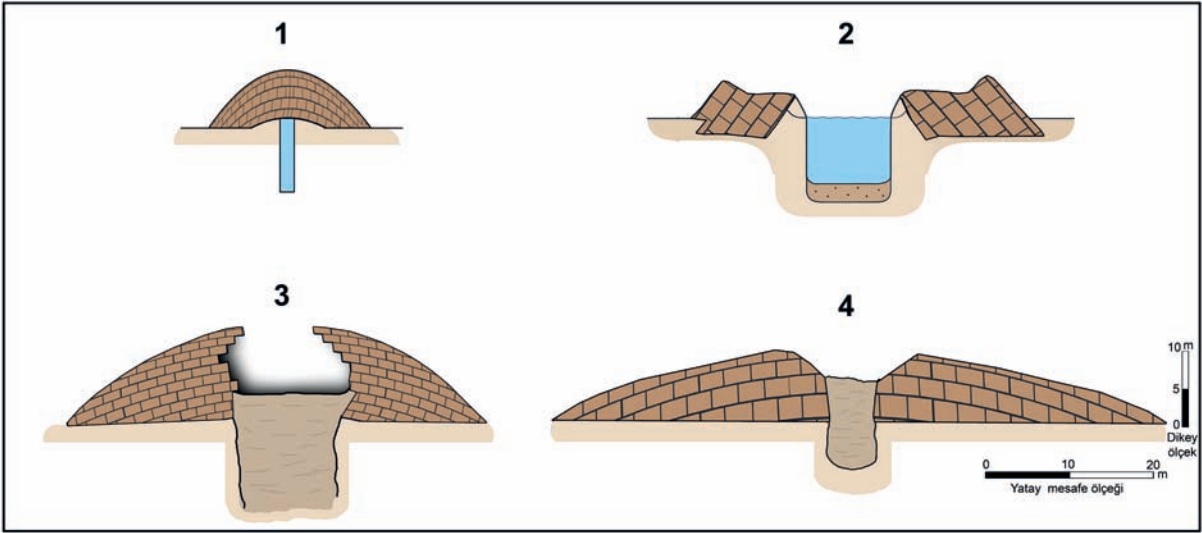
Konilerin morfometrik verilerinin değişken olması konilerin oluşumunu etkileyen faktörlerin değişkenliği, mineralli suyun miktarı, yapısı nedeniyle farklı tiplerde görünmesini sağlamıştır (Şekil 4, 5, 6 ve 7).

Belli alanlarda yoğunlaşmış ve sayıca fazla olan traverten konileri aynı zamanda morfolojik ve morfometrik özellikleri nedeniyle Dünyada ve Türkiye’de nadir görülen jeomorfolojik birimlerdendir. Bu jeomorfolojik birimin litoloji ile ilişkisi, oluşum mekanizması, morfolojik görünümü, manzarası, estetik yapısı ve diğer birçok açıdan farklı özellikleri jeomorfosit potansiyelinin yüksek olduğunu ortaya koymaktadır.

Tufa çökelleri

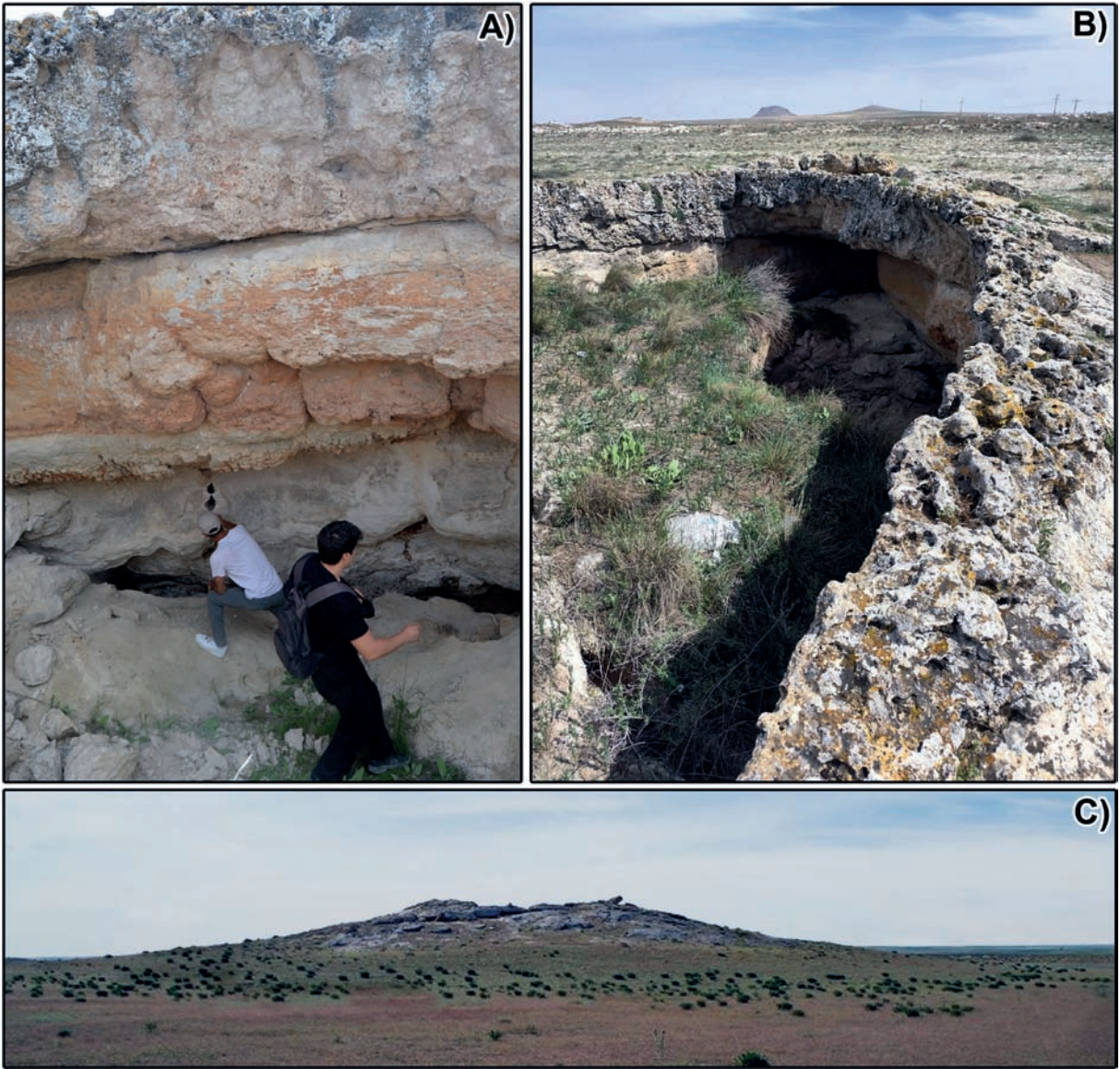
Traverten ve tufa çökelleri karasal karbonat çökelleridir, oluşumlarında ve görünümünde

belirgin farklılıklar sunarlar (Şekil 8A). Ayrıca tufa ve traverten çoğu kez aynı jeomorfolojik birimleri ifade etmek için kullanılsa da birbirlerinden ayrı unsurlardır. Traverten, karstik ve hidrotermal su kaynağı etrafında ya da sucul, bataklık alanlarında kalsiyum karbonatın (CaCO_3) çökmesiyle meydana gelmektedir (Pentecost ve Viles, 1994; Ford ve Pedley, 1996;). Tufa ise karstik arazilerde, sığ dolaşımı, soğuk ya da ılık tatlı su ortam koşullarındaki mikro canlılar özellikle de algler ya da bakterilerce çökeltilen, organik madde içeriği fazla olan ve dolayısıyla porozitesi yüksek yapıdaki kalsiyum karbonat (CaCO_3) çökelleri olarak kabul edilmektedir (Ford ve Pedley, 1996; Atabey, 2003; Pedley vd., 2003; Arenas-Abad vd., 2010; Özkul vd., 2010; Arenas vd., 2015; Capezzuoli vd., 2014; Toker, 2017; Tagliasacchi ve Kayseri-Özer, 2020; Çelik ve Tagliasacchi, 2025). Her iki oluşumun ortak yönü kalsiyum karbonat çökeli ile oluşmasıdır.



Şekil 6. Bolluk Gölü traverten konilerinin morfolojik tip sınıflandırması örneği (Erol’un 1968 yılındaki tip sınıflandırmasının yeniden düzenlenmiş ve tekrar çizilmiş gösterimi).

Figure 6. Example of morphological type classification of Lake Bolluk travertine cones (Reorganized and redrawn representation of Erol’s 1968 type classification).



Şekil 7. A) Traverten konilerinin ağız çukurluğundaki birikim katmanları ve litolojik görünüm B) 25 no'lu traverten konisinin ağız birikim seti, C) 17 no'lu traverten konisinin görünümü.

Figure 7. A) Accumulation layers and lithological characteristics within the crater depression of the travertine cones. B) Crater-rim accumulation terrace of travertine cone no. 25. C) View of travertine cone no. 17.

Tufaların travertenden farkları, minerolojisinin sadece kalsitten oluşması, organik madde miktarının fazla olması, dokusunun gözenekli olması, su sıcaklığının 20 °C'nin altında gelişmesi, simetrik gövdeler ve kademeli setler barındırması ve çökeliminin iklime bağımlı

olması oluşturmaktadır (Capezzuoli vd., 2014). Araştırma sahasındaki traverten konilerin bazılarının çevresinde ve koni içerisinde tufalar tespit edilmiştir (Şekil 8B). Tespit edilen tufaların birçoğunda makrofit veya bryofit gibi kalsiyum karbonatla kaplanmış bitkisel kalıntıların varlığı

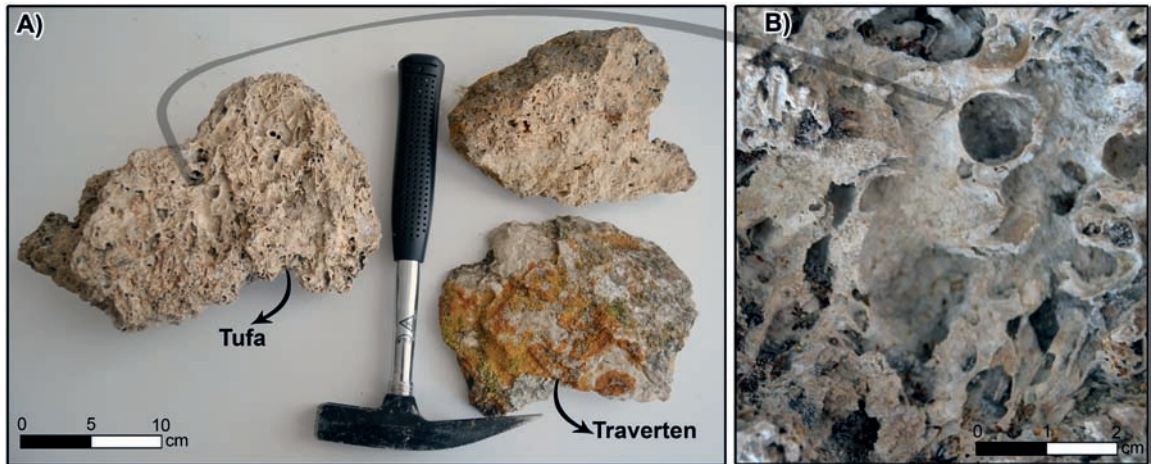
saptanmıştır. Bu durum araştırma sahasında tufaların sıcak su kaynakları dışında ılık ya da soğuk su ortamındaki canlılarda CaCO_3 'ün çökmesi ile oluştuğunu ve sahanın aynı zamanda jeolojik olarak farklı dönemleri yaşadığını göstermektedir. Bu özellikleri ile bilimsel anlamda yüksek değeri olan tufa çökeltileri hem jeosit hem de jeomorfit özelliği göstermektedir (Çelik ve Tagliasacchi, 2025). Çalışma sahasında tufaların yaygın olduğu alanlar özellikle Bolluk Gölü'nün kuzeyindedir.

Dolinler

Dolinler karstik jeomorfolojik unsurlar arasında olup ülkemizde Toros kuşağı başta olmak üzere birçok alanda gözlemlenebilmektedir. Dolinler oluşum mekanizmasına göre temel olarak çökme ve çözünme dolinleri şeklinde sınıflandırılabilir. Literatürde dolinlerin geometrisi, morfolojisi, boyutları, oluşum türü, hidrografik sistematığı ile litoloji ve tektoniği gibi özellikleri baz alınarak yapılan sınıflandırmalarda geniş yer kaplamaktadır (Öztürk, 2018).

Bolluk Gölü çevresindeki dolinler gerek karst jeomorfolojisi ve dolin sınıflandırmasındaki çalışmalar gerekse de araştırma sahasında

yapılmış daha önceki çalışmalar temel alınarak oluşum mekanizması açısından çökme (sübsidans), çözünme ve örtü çökme dolini şeklinde sınıflandırılmıştır (Doğan, 2004; Öztürk, 2018; Pınar vd., 2018; Polat ve Ege, 2018). Yapılan arazi çalışmaları ve ortofoto incelemeleri sonucu özellikle Bolluk Gölü'nün kuzeyi ve kuzeydoğusunda 18 adet dolin tespit edilmiştir. Pınar vd., (2018) çalışmasında 20, Polat ve Ege (2018) ise çalışmasında 23 dolin olduğunu belirtmiştir. Dolinlerin bazıları traverten konileri ile iç içe geçmiş ve bazıları da genel olarak karmaşık oluşum yapısı göstermektedir. Bolluk Gölü kuzeyinde Ilıcapınar düdeni olarak nitelendirilen ve traverten konisi içerisinde dolin oluşumunun gözlemlendiği saha buna örnektir. Günümüzde dolinin bulunduğu sahada çökmelere bağlı çatlaklar ve antropojenik deformasyonlar gözlemlenmektedir. Yakın zamana kadar jeotermal su çıkışının olduğu, bu suyun antropojenik olarak kullanıldığı belirtilmektedir (Erol, 1968; Polat ve Ege, 2018). Ayrıca bu alanda çıkan CaCO_3 içeren sular traverten kanallarını oluşturmuştur. Bu bakımdan özellikle belirtilen dolin ve çevresi yüksek düzeyde jeomorfit özelliği göstermektedir.



Şekil 8. Çalışma sahasından alınmış kayaç örnekleri. A) Traverten ve tufa karşılaştırması, B) Tufanın yakın görünümü.

Figure 8. Rock samples taken from the work site. A) Comparison of travertine and tufa, B) Close-up view of tufa.

Çalışma sahasına çok yakın olan ve güney kesimde bulunan Gölyayla mevkiinde geniş bir çapa sahip (382 m) dolin bulunmaktadır. İçerisinde su bulunan ve çökme tipi olan dolinde jeomorfit potansiyeli barındırmaktadır. Bolluk Gölü kuzeyindeki DSİ tahliye kanalı çevresinde de çökme dolinleri sayıca fazladır. Son yıllarda araştırma sahası ve genel olarak Tuz Gölü Kapalı Havzası'nda yer altı su seviyesinin azalmasına bağlı olarak çökme, sübsidans dolinlerinin sayısı artmıştır. Bu durum bölgede yeni gelişmekte olan yüzey karst topografyasında da değişkenliğin olabileceğini göstermektedir.

Traverten kanalı

Traverten kanalı, yüzeye çıkan mineralli su kaynaklarındaki CaCO_3 'ü akışa geçtiği yöndeki yüzeyde zamanla biriktirmesi sonucu oluşmuş, topografya sathından hafifçe yükselmiş kanallardır (Altunel, 1996; Pedley vd., 2003; Özkul vd., 2010; Polat ve Ege, 2018). Bolluk Gölü kuzey kesimindeki 23 no'lu traverten konisi ve yakınlarında dolinden çıkan kalsiyum karbonatça zengin suyun kuzeye 4 no'lu koninin taban çevresine doğru yayılış gösterdiği ve belirgin bir traverten kanalı oluşturduğu tespit edilmiştir (Şekil 9A). Bolluk Gölü kuzeyindeki traverten konisi 980 m uzunluğunda belli alanlarda tahrip olmuş ve farklı kollara ayrılmış vaziyettedir. Traverten kanalı yakın zamana kadar antropojenik olarak kullanılmış, yeniden tanzim edilmiş daha sonra DSİ tahliye kanalı ve kaynağındaki suyun azalması neticesinde deformasyona uğramıştır. Traverten kanalı jeolojik-jeomorfolojik oluşumu ve antropojenik kullanımı ile jeomorfit olarak nitelendirilmiştir.

Mikro tümsek ve paludal çökeller

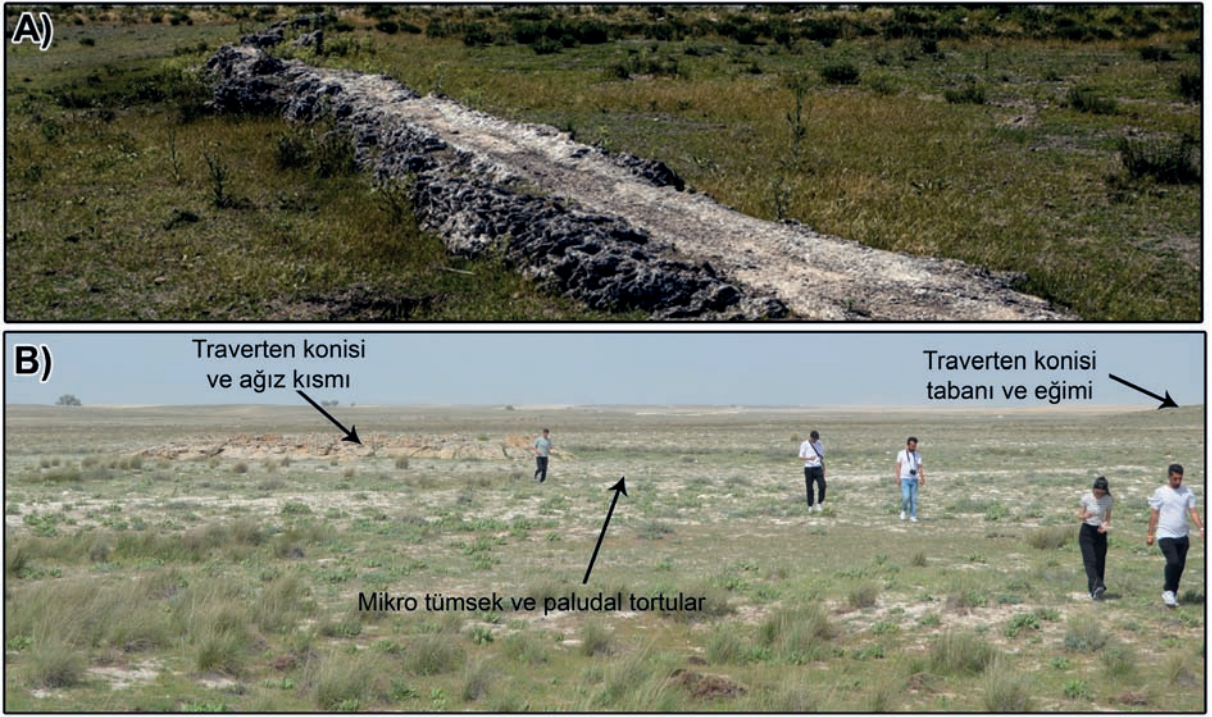
Mikro tümsek ve paludal çökeller, Bolluk Gölü kuzeyindeki tahliye kanalı çevresindeki traverten konileri ile bu sahanın kuzeyinde yoğun şekilde gözlemlenmektedir (Şekil 9B).

Daha önce araştırılmamış ve incelenmemiş olan bu jeomorfolojik oluşumlar Pınar vd'nin (2018) çalışmasında traverten oluşumları ile ilişkilendirilmiştir. Bolluk Gölü kuzeyindeki 20 cm civarında mikro tümsek ya da koni görünümünde olan bu unsurların bazılarında gaz kanalları bulunmaktadır (Pınar vd., 2018). Literatürde mikro tümsek ve paludal tortular olarak isimlendirilmektedir (Pentecost ve Viles, 1994). Bu jeomorfolojik unsurlar genellikle bol miktarda karbonat çamuru içeren mikro kabartmalı birikimler olup yavaş akan su ve belli yoğunluktaki bitki örtüsüne sahip bataklık ortamlarında daha çok bulunmaktadır (Pentecost ve Viles, 1994; Pedley vd., 2003).

Çalışma sahasında traverten oluşumu, gaz çıkışı, paleocoğrafya ve paleodrenaj koşulları hakkında bilgi sağlayan bu jeomorfolojik unsurların jeomorfit potansiyelleri oldukça yüksektir. Bu birikintiler genellikle marn ve mikritik karbonatla karışık olarak bulunur ve özellikle başta mollusca kavkuları olmak üzere fosil bakımından oldukça zengindir.

Bolluk Gölü

Bolluk Gölü, çanağının oluşum kökeni itibari ile tektonik, derinlik açısından oldukça sığ ve sularının kimyasal özelliği açısından ise tuzlu göl kapsamındadır. Bolluk Gölü doğu ve batı ile kuzeyden fay denetimli olup çanağı tektonik hareketlerle şekillenmiştir. Bazı araştırmacılar gölün oluşumunda kırıklardan çıkan kalsiyum karbonatlı suların özellikle doğu ve kuzeyde yoğunlaşması ile burada belli setler (traverten setleri) oluşturma ihtimalini de göz önünde bulundurmaktadır (Wenzel, 1937). Ancak yapılan çalışmalar Bolluk Gölü'nün Tersakan ve Tuz Gölü ile aynı havzada olduğu, fay denetimli olarak tektonik bir çanağa sahip olduğunu ortaya koymuştur (Delibaş, 2010; Polat ve Ege, 2018).



Şekil 9: Bolluk Gölü kuzeyindeki A) traverten kanalı, B) mikro tümsek ve paludal çökeller.

Figure 9: A) travertine channel, B) microhump and paludal deposits in the north of Lake Bolluk.

Bolluk Gölü'nün çanak alanı 12,84 km², tespit edilen en geniş göl yüzey alanı 9,86 km² iken günümüzde (2025) meteorik açıdan en yağışlı dönemde bile göl su yüzey alanı 3 km²'nin altında kalmaktadır. Ayrıca göl suyu yüzeyin yıl içerisindeki değişkenliği %70'in üzerindedir. Göl su seviyesi Şubat, Mart ve Nisan aylarında en yüksek seviyeye ulaşmakta Ağustos ayında ise su seviyesi yok denecek kadar azalmaktadır (Uzun, 2024). Son yıllarda küresel iklim değişikliği ve diğer antropojenik etkenlerle göl su yüzeyi alanı göl çanağının en fazla %22'sini kaplayabilmekte, en kurak dönemde göl alanının sadece %2'inde su varlığı bulunmaktadır (Uzun, 2024). Belirtilen su seviyesi azalması, kuraklaşma, Bolluk Gölü suyunun kimyasal özelliğine bağlı olarak göl renginin yıl içerisinde değişmesine de neden olmaktadır (Şekil 10). Ayrıca kuraklaşan ve çoraklaşan göl alanının bir bölümü playa jeomorfolojik görünümüne bürünmüştür. Gölün

ana eksen uzanımı KD-GB yönünde olup bazı kıvrımlı kıyıları barındırmaktadır. Gölün içerisinde traverten konilerinin oluşturduğu adalar bulunmaktadır, 58 no'lu koni ise tombolo jeomorfolojik yapısındadır (Şekil 10). Gölün kuzeyinde ve güneyinde sodyum sülfat üretimi için tuzla alanları bulunmaktadır. Aynı zamanda gölün kuzeydoğusunda sodyum sülfat üretim fabrikası yer alır. Acıgöl ve Tersakan Gölü'nden sonra Bolluk Gölü de Türkiye'nin en önemli sodyum sülfat üretim alanlarından biridir. Bolluk Gölü kökeni yaşanan hidrografik, ekolojik ve jeomorfolojik değişimlerin morfolojik durumları, yıllık değişen göl rengi ile birçok açıdan jeomorfozite özelliği göstermektedir.

Bolluk Gölü tuzla alanları

Tuzla alanları, deniz ya da göl sularının kimyasal özellikleri ve evapotranspirasyonun etkisinden

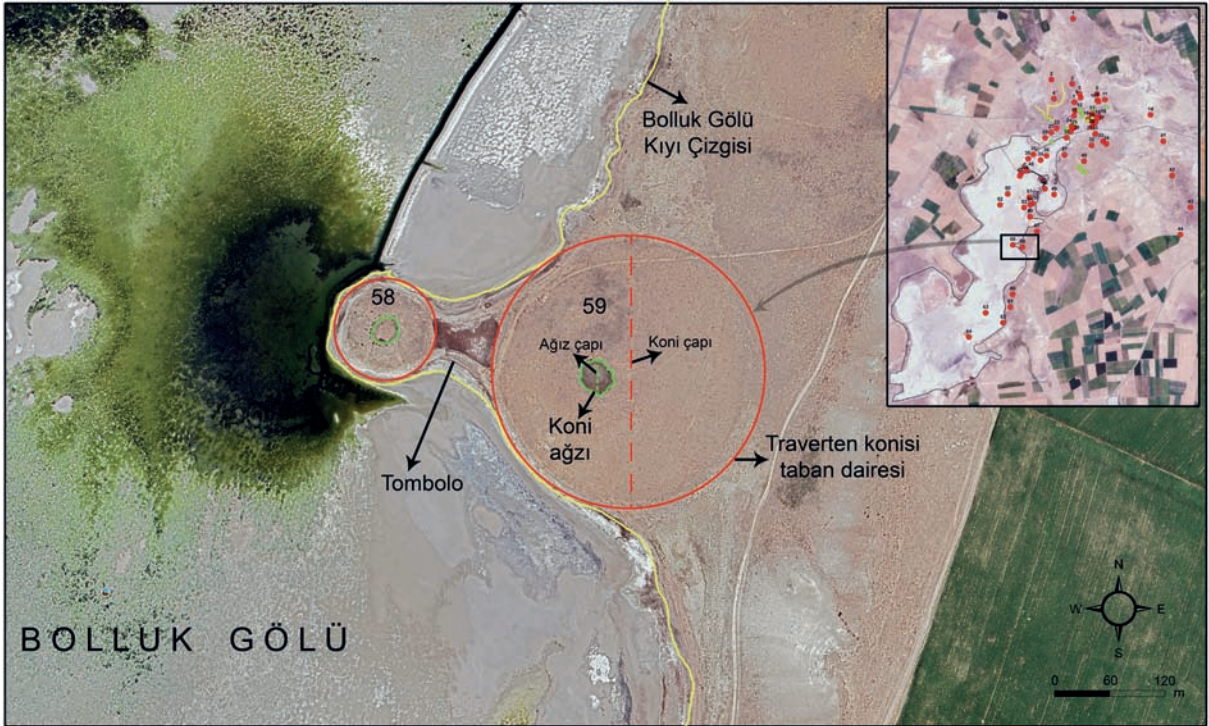
faaydalanılarak setlerle çevrilmiş havuzlardaki suyun buharlaşması ve açığa çıkan, tuz, sodyum sülfat ya da diğer kimyasalların kullanıldığı ve üretildiği alanlardır. Bu bakımdan Bolluk Gölü, Acıgöl ve Tersakan Gölü'nden sonra Türkiye'nin en büyük hacimli 3. sodyum sülfat üretim alanına ve tuzla alanlarına sahiptir. Bolluk Gölü'nün kuzeyinde ve güneyinde setlerle çevrilmiş tuzla alanları bulunmakta ve bu sahalarda 3,17 km² alan kaplamaktadır. Bolluk Gölü çanak alanının yaklaşık %24'ü tuzla alanı olarak kullanılmaktadır.

Tuzla alanlarındaki sodyum sülfat üretimi genel olarak Ocak-Haziran ayları arasında tuzla alanlarında su birikimi, Haziran-Eylül arasında evaporasyon dönemi, Ekim-Kasım kristalleşme, Ocak tekrar drenaj dönemi, Şubat-Temmuz arası dehidrasyon ve Eylül'e kadar olan dönem kimyasalların ayrışması ve toplanması şeklindedir. Bu döngülerin antropojenik etkisi ile tuzla alanlarındaki su miktarı değişmektedir. Tuzla

alanları hem gölün hidrografik, hidrolojik hem de jeomorfolojik yapısında değişimlerin oluşmasına neden olmuştur. Ancak jeomiras olarak sosyo-ekonomik katkısı, antropojenik değişimlerin gözlemlenmesi, tuzla alanlarının manzara ve estetik durumu bu sahanın jeomorfoturizm kapsamına alınmasını sağlamıştır.

Bolluk Gölü Çevresinin Jeomorfoturizm Potansiyeli

Bolluk Gölü ve çevresindeki jeomiras unsurları ve jeomorfositler; traverten konileri, tufa çökelleri, dolinler, traverten kanalı, mikro tümsekler ve paludal çökeller (tortular), Bolluk Gölü, tuzla alanları şeklinde belirlenmiştir. Bu unsurların jeomorfosit olarak belirlenmesinde jeolojik, jeomorfolojik unsurların yapısı, süreçleri ve görünümünün bilimsel değeri, estetik, manzara değeri, sosyo-kültürel ve tarihi değeri ile ekonomik değerleri temel alınmıştır.



Şekil 10: Bolluk Gölü doğu kıyıları ile 58 ve 59 no'lu traverten konileri ve tombolo alanının ortofotosu.

Figure 10: Orthophoto of the eastern coasts of Lake Bolluk, travertine cones 58 and 59, and the tombolo area.

Belirlenen yedi jeoturizm/jeomorfosit unsurlarına, Bollatı vd'nin (2012) çalışmasından yararlanılarak, jeomorfositlere ana ve alt kriterler kapsamında kantitatif değerler verilmiş, ortalama değerler üzerinden araştırma sahasının Jeomorfosit Değerlendirme Kriterleri (JDK) verisi ortaya çıkmış ve jeomorfoturizm potansiyeli analiz edilmiştir (Çizelge 1 ve 2).

Çalışma sahasındaki jeomorfositlerin beşinde karst litolojisi ve jeomorfolojisi etken faktördür. Traverten konileri düzenli bir dağılım göstermekte iken diğer jeomorfositler de nedensellik ilkesi kapsamında bir düzen saptanmamıştır (Çizelge 1). Araştırmada sahasındaki jeomorfositlerin tamamı orta ve yüksek derecede antropojenik etkilenebilirlik düzeyindedir.

Araştırma sahasında JDK analiz sonuçlarına göre en yüksek genel ortalamaya traverten konilerinin sahip olduğu (0,61) saptanmıştır. Traverten konilerini jeomorfoturizm potansiyeli analiz açısından sırasıyla; traverten kanalı (0,56), dolinler (0,55), tufa çökelleri (0,54), Bolluk Gölü (0,54), mikro tümsek ve paludal çökeller (0,48) ve tuzla alanları (0,46) takip etmektedir (Çizelge 2). Traverten konileri ve çevresindeki diğer jeomorfolojik birimlerin bilimsel değer açısından jeomorfoturizm potansiyeli daha yüksektir. Bütün jeomorfositlerin genel jeomorfoturizm ortalaması 0,53 iken bilimsel değer ortalaması 0,64, ikincil değer ortalaması 0,51 ve kullanım potansiyeli ortalaması 0,44 olarak hesaplanmıştır.

Alt parametrelerin jeomorfosit ortalamaları analiz edildiğinde en yüksek değere “eğitim sahası örneği” alt parametresi sahiptir. Bu değeri sırasıyla “zamansal erişebilirlik, jeomorfolojik sürecin temsili, jeolojik sürecin temsili, ekolojik etkisi, nadirlik ve özgünlük ile mekânsal erişebilirlik” izlemektedir. Bu parametrelerin jeomorfositler açısından ortalaması 0,68 değerinin üzerindedir. Ancak araştırma sahası jeomorfoturizm potansiyeli analizine göre bazı sorunları da barındırmaktadır. Analizdeki “hizmet potansiyeli, ek ilgilerden yararlanma, spor faaliyetine uygunluk” alt parametrelerin ortalama sonuçları oldukça düşüktür. Bulgular özellikle traverten konileri başta olmak üzere diğer jeomorfolojik birimlerin jeomiras, jeosit, jeomorfosit ve jeomorfoturizm açısından yüksek bilimsel değere sahip olduğunu ancak hizmet, tanıtım, turizm potansiyelini artırma ve kullanma-koruma dengesi açısından sorunların ve eksikliklerin bulunduğunu ortaya koymaktadır.

Bilimsel değer açısından traverten konileri, dolinler, tufa çökelleri ve traverten kanalı öne çıkmaktadır. Traverten konilerinde jeolojik ve jeomorfolojik özelliklerin arazide belirgin olarak gözlemlenebilmesi, nadir ve özgün birimler olmaları, aynı zamanda çok sayıda ve belli sistematiklerle meydana gelmeleri jeomorfosit ve jeomorfoturizm potansiyelinde bilimsel değerlerin oldukça fazla olduğunu göstermektedir.

Çizelge 1. Araştırma sahasındaki jeomorfoturizm unsurlarının bazı özellikleri.

Table 1. Some characteristics of geomorphotourism elements in the research area.

Jeomorfoturizm Unsurları	Adet	Dağılım	Jeomorfolojik Türü	Litoloji	Antropojenik etkilenebilirlik
Traverten Konileri	64	Düzenli	Karst ve tektonizma	Kalker	Yüksek
Tufa çökelleri	-	Dağınık	Karst	Kalker	Yüksek
Dolinler	18	Dağınık	Karst	Kalker	Orta
Traverten Kanalı	3	Belirsiz	Karst	Kalker	Yüksek
Tümsek Paludal çökel	-	Dağınık	Karst vd.,	Kalker, marn	Yüksek
Bolluk Gölü çanağı	1	-	Tektonizma	-	Orta
Tuzla Alanları	3	Dağınık	Antropojenik	-	Yüksek

Çalışma alanının karstik yapısı ve meydana gelen farklı türdeki dolinler jeosit ve jeomorfosit açısından önemli örneklerdir. Tufa çökelleri, traverten konileri ile birlikte gözlemlenebilmekte ve sahada farklılıkları karşılaştırılabilmektedir. Traverten kanalı ise nadir ve özgün yapısı, antropojenik kullanımı ile bilimsel değer açısından dikkat çekmektedir. Jeolojik olarak traverten konilerinde oluşum katmanları, konilerin jeomorfolojik olarak fosil bir topografyayı ortaya koyması, morfometrik olarak farklı jeomorfolojik görünümleri jeomorforturizm potansiyelinin bu sahada yüksek olmasını desteklemektedir.

Belirtilen unsurlar araştırma sahasının bilimsel, eğitim ve gözlem açısından yüksek jeomorforturizm özelliklerini ortaya koymaktadır.

Manzara ve estetik değerler açısından traverten konilerinin farklı tipteki yapıları ile Bolluk Gölü ve tuzla alanları ön plana çıkmaktadır. Son yıllarda gelişen drone fotoğrafçılığı, sosyal medya için mini belgesellerin sayısı, çalışma sahasının

jeomorforturizm potansiyelini de arttırmaktadır. Farklı mevsimlerde Bolluk Gölü su yüzey alanı ve renginin değişmesi, tuzla alanlarındaki değişimler, günbatımı açısından estetik fotoğraf imkânı ve turizm potansiyelinin artmasında önemli rol oynayacak jeomiras alanlarıdır. Bölgeye ulaşımın kolay olması ve zamansal açıdan her dönem farklı bir görsellik barındırması diğer önemli jeomiras ve jeomorforturizm değeri olarak dikkat çekmektedir. Ayrıca Bolluk Gölü, kuşların göç yolu uğrak noktalarından biri olması sebebiyle de turizm potansiyellerini estek ve diğer açılardan barındırmaktadır.

Tarihi ve kültürel değerler açısından traverten konileri etrafında antik ve ilkel döneme ait küçük eserlerin bulunması bu sahanın geçmişten günümüze kullanıldığını göstermektedir. Bunun dışında traverten kanalının Hitit su yolu olarak adlandırılması ve insanlar tarafından kullanılması, çalışma sahasının batısındaki Yapalı Türbesi diğer önemli tarihi ve kültürel değerler olarak ön plana çıkmaktadır.

Çizelge 2. Araştırma sahası unsurlarının Jeomorfosit Değerlendirme Kriterleri (JDK) analiz sonuçları.

Table 2. *Geomorphosite Evaluation Criteria (GEC) analysis results of the research area elements.*

Ana Değer	Alt Parametreler	Jeosit-Jeomorfosit No*						
		1	2	3	4	5	6	7
Bilimsel Değer	1-Jeomorfolojik sürecin temsili	0.9	0.8	0.9	0.8	0.6	0.5	0.4
	2-Jeolojik sürecin temsili	0.8	0.9	0.8	0.8	0.6	0.5	0.5
	3-Eğitim sahası örneği	0.9	0.9	0.9	0.9	0.7	0.6	0.6
	4-Mekansal uzantı	0.7	0.7	0.6	0.7	0.5	0.6	0.5
	5-Jeoçeşitlilik	0.8	0.6	0.7	0.6	0.6	0.6	0.5
	6-Jeo-tarihsel önemi	0.6	0.5	0.6	0.8	0.3	0.6	0.6
	7-Ekolojik etkisi	0.7	0.8	0.7	0.6	0.7	0.7	0.7
	8-Entegrasyon ve bütünlük	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	0.5	0.4
	9-Nadirlik ve özgünlük	0.9	0.8	0.5	0.8	0.8	0.5	0.5
İkincil Değer	1-Kültürel değer	0.5	0.4	0.4	0.6	0.5	0.5	0.4
	2-Estetik değer	0.6	0.5	0.5	0.5	0.3	0.5	0.4
	3-Sosyo-ekonomik değer	0.5	0.5	0.5	0.7	0.5	0.8	0.8
Kullanım Potansiyeli	1-Zamansal erişebilirlik	0.8	0.7	0.8	0.7	0.7	0.8	0.8
	2-Mekansal erişebilirlik	0.7	0.6	0.7	0.7	0.7	0.8	0.6
	3-Görünürlülük ve manzara	0.6	0.4	0.5	0.5	0.4	0.6	0.6
	4-Hizmet potansiyeli	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2
	5-Turist potansiyeli	0.6	0.5	0.4	0.5	0.4	0.4	0.2
	6-Spor faaliyetine uygunluk	0.5	0.1	0.2	0.1	0.2	0.5	0.2
	7-Yasal düzenleme ve kısıtlama	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.4	0.3
	8-Jeomorfolojik ilgiden yararlanma	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.3
	9-Ek ilgilerden yararlanma	0.3	0.2	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2
	10-Çevredeki jeositlerin varlığı	0.6	0.6	0.6	0.6	0.5	0.6	0.5
Sonuçlar	GENEL ORTALAMA SONUCU	0,61	0,54	0,55	0,56	0,48	0,54	0,46
	Bilimsel Değer Ortalama Sonucu	0,75	0,72	0,68	0,71	0,57	0,56	0,52
	İkincil Değer Ortalama Sonucu	0,53	0,46	0,46	0,6	0,43	0,6	0,53
	Kullanım Potansiyeli Ortalama Sonucu	0,52	0,41	0,45	0,43	0,41	0,5	0,39

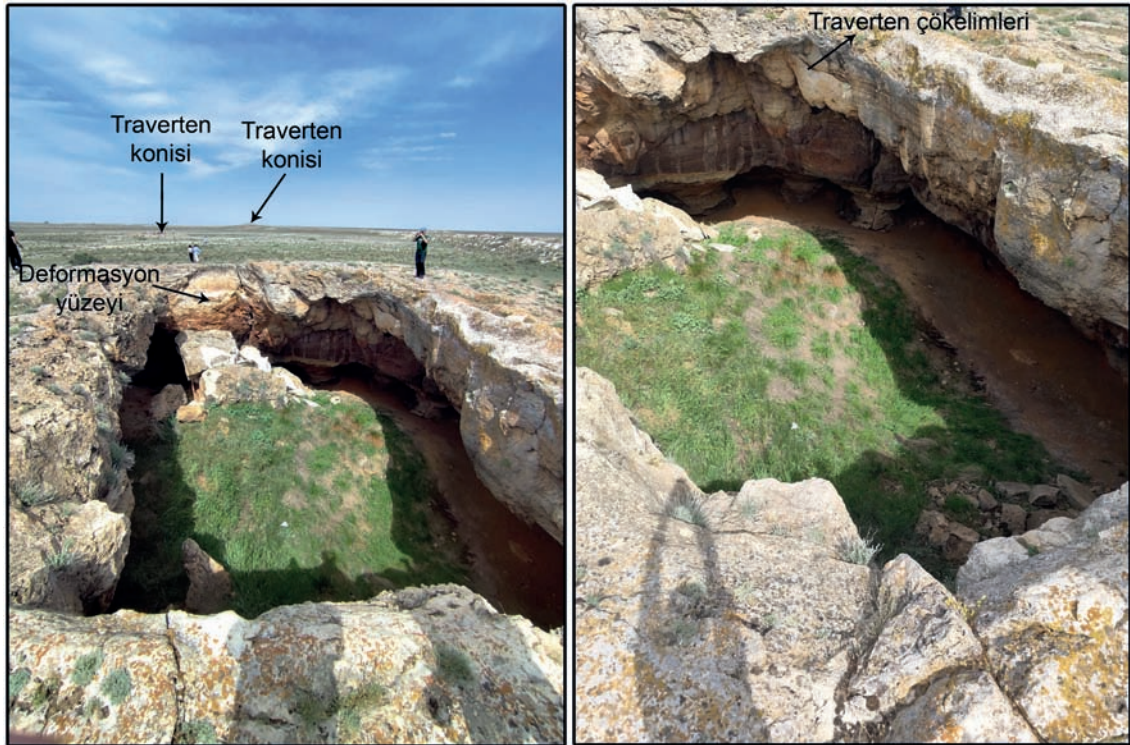
*1) Traverten konileri, 2) Tufa çökelleri, 3) Dolinler, 4) Traverten kanalı, 5) Mikro tümsek ve paludal çökeller, 6) Bolluk Gölü, 7) Tuzla alanları

Dünyada jeomiras alanlarındaki ekonomik katkı ve bunun sosyal boyutu önemsenmektedir. Araştırma sahasının Türkiye'nin önemli sodyum sülfat üretim alanlarından biri olması hem bilimsel hem ekonomik açıdan jeomiras faaliyetlerine katkı sağlayacaktır.

Bolluk Gölü çevresindeki jeomorfoturizm sahası önemli potansiyelleri barındırmakla birlikte bazı tehlike ve riskleri içermektedir. Araştırma sahasının "Tuz Gölü Özel Çevre Koruma Bölgesi" içerisinde olmasına rağmen aslında korumasız bir alan olduğu gözlemlenmiştir. Oluşumu duran traverten konilerinin doğal ya da antropojenik olarak farklı süreçlerle tahrip olması ve olmaya devam etmesi en büyük tehlike olarak dikkat çekmektedir. Bunun yanında Konya ve Tuz Gölü havzalarındaki yer altı su seviyesinin oldukça

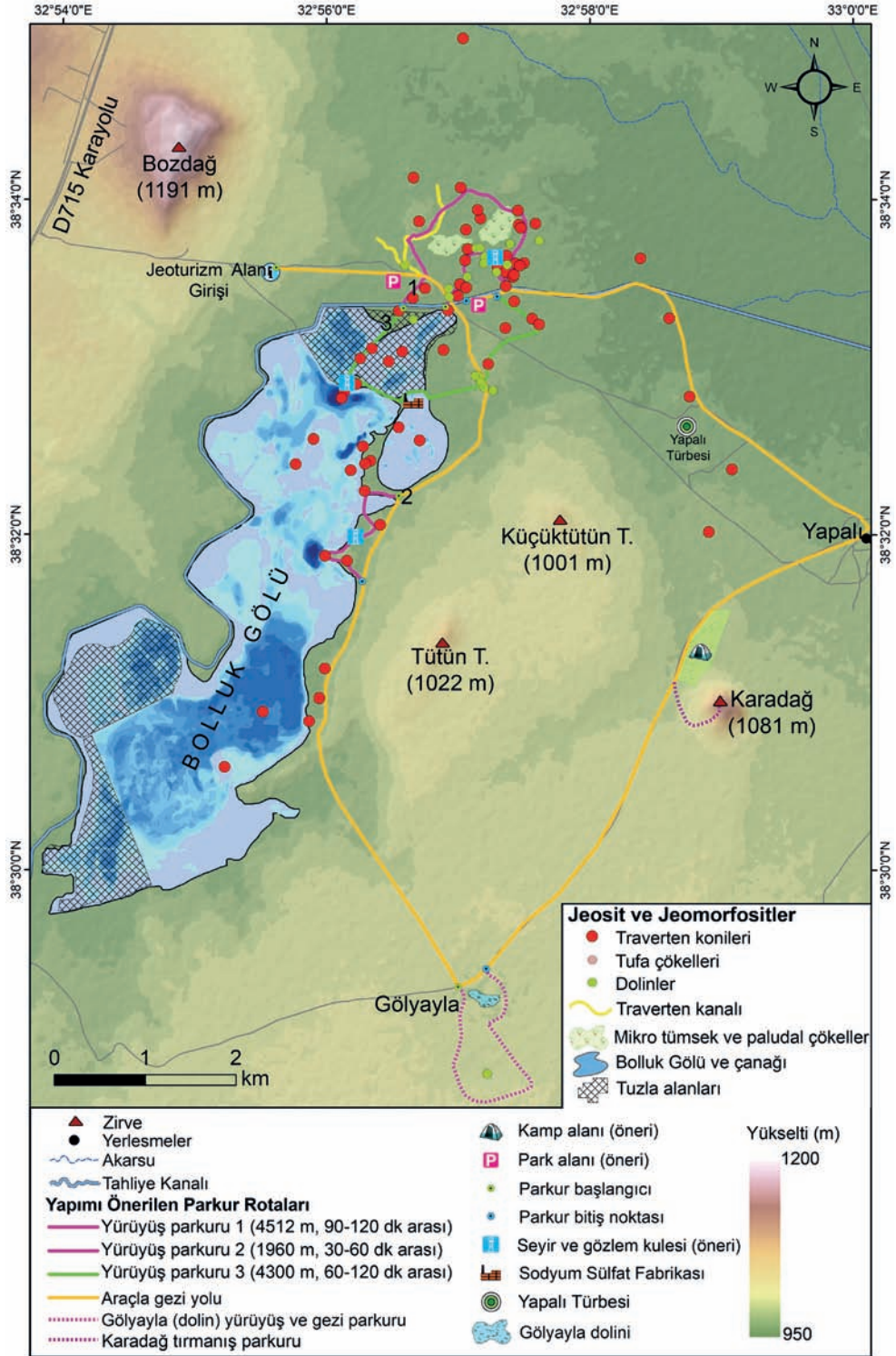
azalması, birçok alanda gözlemlenen yeni obruk oluşumlarına benzer jeomorfolojik birimlerin bu sahada da gözlemlenmesine neden olmaktadır. Araştırma sahasında tespit edilen çökmeler, yarık ve çatlaklar ile konilerdeki deformasyonlar hem belirtilen jeomorfolojik, hidrografik süreçlerin etkisinde hem de antropojenik faaliyetlerle meydana gelmektedir (Şekil 11).

Bolluk Gölü traverten konileri ve çevresindeki jeoturizm unsurları ile jeomorfoturizm potansiyelinin doğru şekilde kullanılabilmesi için bazı planlamaların mutlak suretle yapılması gerekmektedir. Bu bakımdan elde edilen analiz bulguları sonucunda araştırma sahasının jeomorfoturizm planlama ve yönetim haritası öneri olarak sunulmuştur (Şekil 12). Yönetim haritasında 6 farklı rota önerisi sunulmuştur.



Şekil 11. Traverten konileri ağız kesimindeki flüvyal depolanmanın yer altı su seviyesi azalması, karstlaşma ve antropojenik etkenlere bağlı deformasyonu.

Figure 11. Deformation of fluvial deposits in the crater area of the travertine cones due to groundwater-level decline, karstification, and anthropogenic factors.



Şekil 12. Traverten konileri ve çevresinin jeomorfoturizm planlama ve yönetim önerisi haritası.

Figure 12. Geomorphotourism planning and management proposal map of travertine cones and surroundings.

Önerilen güzergahlardan 1. rota konilerin en yoğun olduğu sahada jeolojik, jeomorfolojik gözlem odaklı ve uzun bir yürüyüş parkurunu içermekte, koniler, dolinler, mikro tümsekler ve traverten kanalları bu rota içerisinde görülebilmektedir (Şekil 12). Önerilen 2. Rota ilk olarak araçla Bolluk Gölü doğu kıyısına varılarak başlanmaktadır. Daha kısa olan bu rotada, Bolluk Gölü, kıyı değişimleri, hidrografik ve jeomorfolojik değişimler, tombolo alanı traverten konileri gözlemlenebilmektedir. Bolluk Gölü'nün hemen kuzeyinde başlayan ve daha çok özel izinle yapılabilecek diğer uzun rotada (3) ise tuzla alanları, traverten konileri (tahrip alanları dahil), Bolluk Gölü kıyısı, sodyum sülfat üretim alanları ve tesisi ile dolinler gözlemlenebilmektedir. Jeomorfoturizme alternatif sağlamak amacıyla Gölyayla yürüyüş parkuru, Karadağ kamp ve turmanış alanı ile araçla sahanın gezi rotası önerilen diğer güzergahlardır.

SONUÇ

Bu çalışmada Bolluk Gölü çevresinde bulunan, Dünyada ve Türkiye'de nadir olarak gözlemlenebilen traverten konileri ile diğer jeolojik, jeomorfolojik unsurların jeoturizm/jeomorfoturizm potansiyeli araştırılmıştır. Çalışmada jeomirasın önemli unsurları olan jeosit ve jeomorfositler 7 temel odak noktası olarak belirlenmiştir. Temel jeomorfositleri; traverten konileri, tufa çökelleri, dolinler, traverten kanalı, mikro tümsek ve paludal çökeller olup, diğer jeomorfoturizm unsurları ise Bolluk Gölü ve çanağı ile tuzla alanları olarak belirlenmiştir. Çalışmada belirlenen jeomorfositlerin temel özellikleri araştırılmış, incelenmiş daha sonra Jeomorfosit Değerlendirme Kriterleri (JDK) modeli ile farklı kriterler açısından analiz edilmiştir.

Jeomorfosit Değerlendirme Kriterleri (JDK) bulgularına göre en yüksek genel ortalamaya traverten konileri (0,61) sahiptir. Traverten konilerini jeomorfoturizm potansiyeli analiz

açısından sırasıyla; traverten kanalı (0,56), dolinler (0,55), tufa çökelleri (0,54), Bolluk Gölü (0,54), mikro tümsek ve paludal çökeller (0,48) ve tuzla alanları (0,46) takip etmektedir. Analiz sonucunda belirlenen tüm jeomorfositlerin genel jeomorfoturizm ortalaması 0,53 iken bilimsel değer ortalaması 0,64, ikincil değer ortalaması 0,51 ve kullanım potansiyeli ortalaması 0,44 olarak hesaplanmıştır. Bu durum sahanın önemli jeosit ve jeomorfositleri kapsadığını ancak sahada hizmet, ulaşım, tanıtım vb. açılardan sorunların olduğunu göstermektedir. Alt parametrelerin jeomorfosit ortalamaları sonuçları incelendiğinde en yüksek değerlere "eğitim sahası örneği, zamansal erişebilirlik, jeomorfolojik ve jeolojik sürecin temsili, ekolojik etkisi, nadirlik ve özgünlük ile mekânsal erişebilirlik" izlemektedir. JDK sonucunun değişkenlerden "hizmet potansiyeli, ek ilgililerden yararlanma, spor faaliyetine uygunluk" ortalama değerleri ise oldukça düşüktür. Çalışmada tespit edilen bulgular ve yapılan analizler Bolluk Gölü ve çevresinin önemli bir jeomorfoturizm potansiyeli barındırdığını, özgün, nadir ve estetik olarak jeosit, jeomorfosit ve jeomiras unsurlarını ihtiva ettiğini göstermektedir. Dünyada ve Türkiye'de gelişen alternatif turizm sahaları açısından önemli potansiyeli barındıran Bolluk Gölü ve çevresi özellikle farklı tip, sayı, morfometri ve görünüm arz eden traverten konileri ile önemli jeomiras alanlarından biridir ve mutlak suretle koruma altına alınmalıdır. Bu bakımdan sahada doğal ve antropojenik etkenlerle yaşanan tahrip, tedbirlerle önlemlenmeli ve bu saha önemli bir turizm destinasyonu haline getirilmelidir. Bu bakımdan çalışmada jeomorfoturizm faaliyeti için farklı rota, etkinlikleri içeren yönetim ve planlama haritası sunulmuştur. Öneriler ile birlikte çalışma sahasının profesyonel olarak jeoparka uygun hale getirilmesi aynı zamanda yöre halkının kalkınmasına katkı sağlayacak, sosyo kültürel ve ekonomik gelişmeler sağlayacaktır. En önemli husus oluşumları jeolojik olarak oldukça zaman alan ve nadir olan başta traverten konileri olmak

üzere diğer jeomorfositlerin, jeomorfoturizm uygulamaları ile koruma-kullanma ve sürdürülebilirliği sağlama prensibi kapsamında degridasyona ve antropojenik bozulmalara karşı korunması sağlanabilecektir.

EXTENDED SUMMARY

Geosites and geomorphosites form the basis of geoheritage areas. Geosites are elements that are structurally and lithologically rare, possessing aesthetic and scientific value. Geomorphosites, on the other hand, are natural elements that have interacted with different factors in the formation and development of the relief, creating rare landscapes and presenting aesthetic appearances (Panizza, 2001; Canpolat et al., 2020; Migoń, 2024). In this respect, both geomorphosite elements are interconnected and interact with each other (Turoğlu, 2025). Geomorphosites form the unique components of geotourism and can be evaluated in three fundamental dimensions: aesthetic, dynamic, and scale diversity (Reynard et al., 2016; Bussard and Reynard, 2022). Various classifications have been proposed for geomorphosites. In this context, geomorphosites may be classified according to their geometric characteristics and formative processes. However, such classifications vary depending on the size of the geomorphosite, as well as the scope and scale of the investigation (Ferrando et al., 2025). Contrary to general classifications, some studies indicate that the value assigned to geomorphological elements can be determined by local factors and that this process can be subjective in some cases. Different models have therefore been proposed to determine the potential of geomorphosites, geosites, geotourism and geomorphosites around the world (Bollati et al., 2012; Zorlu et al., 2024; Rylp et al., 2025; Skovitina et al., 2025). These models generally evaluate geosites and geomorphosites from a scientific and aesthetic perspective, and the analysis results create the geomorphotourism

potential (Aytaç et al., 2025). The data obtained from the model results can be used in the development, sustainability, management, and conservation of the elements under consideration.

Türkiye possesses both processes and elements of geological and geomorphological diversity. This situation has ensured that Türkiye has considerable geomorphological potential (Turoğlu, 2025). From a morphogenetic perspective, the operation of diverse processes in Türkiye, the changes in climatic conditions throughout geological time, particularly during the Quaternary, the diversity of primary and elementary geomorphological elements, and neotectonic factors have collectively enhanced geomorphological diversity and, consequently, the country's geomorphological heritage potential (Zeybek, 2004; Kaygılı et al., 2018). The geological and geomorphological formation and development of elements that offer diverse tourism potential in many respects have enabled the conservation and sustainable tourism use of such geomorphological heritage elements in various areas of Türkiye. The aim of this study is to identify and classify the geosites and geomorphosites of Lake Bolluk and its surroundings, which are rare in the world and in Türkiye and contain a large number of travertine cones in a small area, to determine their geomorphotourism potential, and to propose geomorphotourism-focused route paths and management plans.

The research data consists of cartographic elements, satellite images, orthophotos, fieldwork findings, and previous studies. The study essentially consists of two stages. The study was conducted in three main stages. In the first stage, the geosites and geomorphosites in the study area were identified and their geomorphological characteristics were documented. In the second stage, the geomorphotourism potential of the identified geomorphosites was assessed. Finally, based on the data obtained from these two stages, a geomorphotourism management and planning


map of the study area was produced. Within this framework, the geomorphosites were first identified and mapped, and relevant analyses were carried out. Subsequently, the identified geomorphosites were evaluated in terms of their geomorphotourism potential using the “Geomorphosite Evaluation Criteria” (GEC) model proposed by Bollati et al. (2012).

The most extensive and interesting geomorphosites in the study area are the travertine cones. A total of 64 travertine cones were identified in the study. The cones have basal diameters ranging from 12 to 389 m, crater diameters from 3 to 50 m, heights from 1 to 27 m, and pit depths from 0.1 to 20 m. While 50 of the cones retain their distinct morphological features, approximately 14 cones were found to be damaged by natural or anthropogenic processes. Most of the cones are concentrated on the northern and eastern shores of the lake, while some are located within the lake itself. Geologically, NW–SE trending fault lines play a fundamental role in travertine formation. The cones, whose water resources are diminishing and whose formation mechanisms have ceased, exhibit fossil topography characteristics. Travertine cones also present different morphological appearances and types depending on the amount of CaCO_3 , geomorphological conditions, and other factors. In addition to travertine cones, tufas, dolines, travertine channels, micro-mounds and paludal deposits, the Lake Bolluk basin and salt flats were also identified as geomorphosites in the research area. Tufas, although formed during the same stage as travertine cones, possess both geosite and geomorphosite value due to their porosity structures and biological remains. The dolines in the research area are classified as collapse, dissolution, and subsidence-type dolines. In this study, 18 dolines were identified to the north and east of Lake Bolluk. Some dolines are intertwined with travertine cones, as exemplified by Ilıcıpınar. Travertine channels are rare geomorphological structures that are slightly elevated from the

ground, formed by the accumulation of CaCO_3 precipitation in the direction of flow. Lake Bolluk and the salt marshes are geomorphosites shaped by both natural and anthropogenic factors.

According to the results of the Geomorphosite Evaluation Criteria (GEC) analysis, the travertine cones have the highest overall mean score (0.61) among the geomorphosites in the study area. In terms of geomorphotourism potential, they are followed by travertine channels (0.56), dolines (0.55), tufa deposits (0.54), Lake Bolluk (0.54), micromounds and paludal deposits (0.48), and salt marshes (0.46). Overall, the geomorphotourism potential of the travertine cones and the surrounding geomorphological units is particularly high with respect to scientific value. The mean geomorphotourism score of all geomorphosites is 0.53, while the averages for scientific value, additional (secondary) value, and usage potential are 0.64, 0.51, and 0.44, respectively. Among the sub-parameters, “educational site example” yields the highest mean score, followed by “temporal accessibility”, “representation of the geomorphological process”, “representation of the geological process”, “ecological impact”, “rarity and uniqueness”, and “spatial accessibility”. The mean values of these parameters exceed 0.68. However, the geomorphotourism potential analysis also reveals several shortcomings. The mean scores for the sub-parameters “service potential”, “utilization of additional attractions”, and “suitability for sporting activities” are relatively low. These results indicate that, although the geomorphological units, especially the travertine cones, possess high scientific value in terms of geomorphology, geosites, geomorphosites, and geomorphotourism, there are significant deficiencies in infrastructure and services, promotion, the development of tourism potential, and the balance between use and conservation.

ORCID

Sultan Murat Uzun  <https://orcid.org/0000-0003-2191-3936>

Nuriye Garipağaoğlu  <https://orcid.org/0000-0003-4967-8536>

KAYNAKLAR / REFERENCES

- Alagöz, C. A. (1944). *Türkiye’de karst olayları hakkında bir araştırma*. Türk Coğrafya Kurumu, 1.
- Altunel, E. (1996). Morphological Features, Ages And Neotectonic Significance Of Pamukkale Travertines. *Bulletin of the Mineral Research and Exploration*, 118(118), 25-25.
- Arenas-Abad, C., Vázquez-Urbez, M., Pardo-Tirapu, G. & Sancho-Marcén, C. (2010). Fluvial and associated carbonate deposits. *Developments in Sedimentology*, 61, 133-175. [https://doi.org/10.1016/S0070-4571\(09\)06103-2](https://doi.org/10.1016/S0070-4571(09)06103-2)
- Arenas, C. Auqué, L. Osácar, C. Sancho, C. Lozano, M.V. Vázquez-Urbez, M. & Pardo, G., (2015). Current tufa sedimentation in a high discharge river: a comparison with other synchronous tufa records in the Iberian Range (Spain) *Sedimentary Geology*, 325. 132-157 <https://doi.org/10.1016/j.sedgeo.2015.05.007>
- Atabey, E. (2003). *Tufa ve Traverten*. TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayını: 75.
- Aytaç, A. S., Kaylı, Ö. ve Göktaş, Y. (2025). Yapraklı Bazalt Sütunları’nın (Siverek) Jeomiras Açısından İncelenmesi, *Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi*, (15): 55-72. <https://doi.org/10.46453/jader.1729228>
- Bollati, I., Pelfini, M. & Pellegrini, L. (2012). A geomorphosites selection method for educational purposes: a case study in Trebbia Valley (Emilia Romagna, Italy). *Geografia Fisica E Dinamica Quaternaria*, 35(1), 23-35. <https://doi.org/10.4461/GFDQ.2012.35.3>
- Broggi, A. Capezzuoli, E. Karabacak, V. Alçiçek, M. C. & Luo, L. (2021). Fissure ridges: A reappraisal of faulting and travertine deposition (Travertines). *Geosciences*. <https://doi.org/10.3390/geosciences11070278>
- Bussard, J. & Reynard, E. (2022). Heritage value and stakeholders’ perception of four geomorphological landscapes in Southern Iceland. *Geoheritage* 14, 89. <https://doi.org/10.1007/s12371-022-00722-8>.
- Canik, B. Afşin, M. ve Çelik, M. (2004). *Cihanbeyli-Bolluk Gölü-Yapalı Hamamı ve dolayındaki sıcak ve mineralli su kaynaklarının Hidrojeokimyasal ve izotop açısından incelenmesi*. Ankara: Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurulu.
- Canpolat, E., Çılğın, Z. ve Bayrakdar, C. (2020). Jeomorforturizm Potansiyeli Bakımından Emecik Kanyonu. *Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi* (5): 64-86 <https://doi.org/10.46453/jader.784270>
- Capezzuoli, E., Gandin, A. & Pedley, 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>
- Coratza, P., Bollati, I.M., Panizza, V., Brandolini, P., Castaldini, D., Cucchi, F., Deiana, vd., (2021). Advances in geoheritage mapping: application to iconic geomorphological examples from the Italian landscape. *Sustainability* 13, Article 11538. <https://doi.org/10.3390/su132011538>
- Çelik, Y. ve Tagliasacchi, E. (2025). Gürlevik Tufa Waterfall: Facies Characteristics, Depositional Systems and Geoheritage Potential (Erzincan, East Anatolia). *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 68(2), 205-224. <https://doi.org/10.25288/tjb.1646179>
- Delibaş, M. (2010). *Türkiye’de korumacılık anlayışında jeolojik yapıların önemi: Bolluk Gölü bölgesi traverten konileri (Cihanbeyli-Konya) [yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi]*. Zonguldak Karaelmes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. Jeoloji Mühendisliği ABD, Zonguldak.
- Doğan, U. (2004). Dolin sınıflamasında yeni yaklaşımlar. *Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 24(1), 249-269.

- Doğan, U., Şenkul, Ç. ve Yeşilyurt, S. (2019) First Paleo-Fairy Chimney Findings in the Cappadocia Region, Turkey: a Possible Geomorphosite. *Geoheritage*, 11, 653–664. <https://doi.org/10.1007/s12371-018-0320-1>
- Dowling R. K. & Newsome, D. (2018) Geotourism: definition, characteristics and international perspectives. *Handbook of Geotourism*, 1–22. <https://doi.org/10.4337/9781785368868.00009>
- Erinç, S. (1960). Konya bölümünde ve İç Toros sınırlarında karst şekilleri. *Türk Coğrafya Dergisi*, 20, 83-106.
- Erol, O. (1968). Cihanbeyli güneyinde Bolluk Gölü çevresindeki traverten konileri. *Türk Coğrafya Dergisi*, 24-25, 64-98
- Ferdowsi, S., Tavana, M., Heydari, R. & Štrba, L. (2025). Geoeducation: the key to geoheritage conservation in tourism destinations. *International Geology Review*, 67(13), 1674–1696. <https://doi.org/10.1080/00206814.2025.2466028>
- Ferrando, A., Faccini, F., Coratza, P. & Reynard, E. (2025). The management perimeter: A proposal for effective conservation of geomorphosites. *Geomorphology*, 472, Article 109591. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2025.109591>
- Ford, T. D. & Pedley, H. M., (1996). A review of tufa and travertine deposits of the World. *Earth-Science Reviews*, 41, (3-4). 117-175. [https://doi.org/10.1016/S0012-8252\(96\)00030-X](https://doi.org/10.1016/S0012-8252(96)00030-X)
- Ford, D. & Williams, P. (2007). Karst Hydrology and Geomorphology. London: Chapman and Hall. <https://doi.org/10.1002/9781118684986>
- Jones, B. & Peng, X., (2017). Growth and development of spring towers at Shiqiang, Yunnan Province, China. *Sedimentary Geology*, 347, 183–209. <https://doi.org/10.1016/j.sedgeo.2016.11.013>
- Kaygılı, S., Sinanoğlu, D., Aksoy, E. & Şaşmaz, A. (2018). Geotourism: some examples from Turkey. *Bulletin of the University of Dnepropetrovsk. Geology, Geography*, 26, 79–87. <https://doi.org/10.15421/111809>
- Kazancı, N. (2012). Geological background and three vulnerable geosites of the Kızılcahamam-Çamlıdere Geopark Project in Ankara, Turkey. *Geoheritage*, 4, 249–261. <https://doi.org/10.1007/s12371-012-0064-2>
- Linares, R., Rosell, J., Roqué, C. & Gutiérrez, F. (2010). Origin and evolution of tufa mounds related to artesian karstic springs in Isona area (Pyrenees, NE Spain). *Geodinamica Acta*, 23(1–3), 129–150. <https://doi.org/10.3166/ga.23.129-150>
- Liu, Y., Zhou, X., Fang, B., Zhou, H. & Yamanaka, T. (2012). A preliminary analysis of the formation of travertine and travertine cones in the Jifei hot spring, Yunnan, China. *Environmental Earth Sciences*, 66, 1887–1896. <https://doi.org/10.1007/s12665-011-1413-1>
- Luo, L., Wen, H., Brogi, A. & Capezzuoli, E. (2021). Factors controlling the geometry of travertine mounds: Insights from Heinitang (China). *Sedimentology*, 69(4), 1519–1546. <https://doi.org/10.1111/sed.12961>
- Migoń, P. (2024). Diversity of added cultural values to geomorphosites – Evidence from sandstone landscapes of Central Europe. *Geomorphology*, 451, Article 109086. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2024.109086>
- Özdemir, M. A. & Kaymak, H. (2025) Inventory and assessment of geomorphosites of Mountainous Phrygia (Eskişehir/Türkiye). *Journal of Mountain Science*, 22, 2313–2331. <https://doi.org/10.1007/s11629-025-9694-0>
- Özkul, M., Varol, B. ve Alçiçek, M. C. (2002). Depositional Environments and Petrography of Denizli Travertines. *Bulletin of the Mineral Research and Exploration*, 125(125), 13-29.
- Özkul, M., Kele, S., Gökgez, A., Shen, C. C., Jones, B., Baykara, M. O., Föziz, I., Nemeth, T., Chang, Y.-W. & Alçiçek, M. C. (2013) Comparison of the Quaternary travertine sites in the Denizli Extensional Basin based on their depositional and

- geochemical data. *Sedimentary Geology*, 294, 179–204. <https://doi.org/10.1016/j.sedgeo.2013.05.018>
- Özkul, M., Gökğöz, A. & Horvatinčić, N., (2010). Depositional properties and geochemistry of Holocene perched springline tufa deposits and associated spring waters: a case study from the Denizli province, Western Turkey. In Pedley, H. M. (Ed.), *Tufas and Speleothems: Unravelling the Microbial and Physical Controls: The Geological Society, London. Special Publications*, 336, 245–262.
- Özkul M., Gökğöz A. & Yüksel, A. K. (2019) Travertine Spring Towers as Rare Depositional Morphologies in Geothermal Fields: An Example from the Hisaralan Geothermal Area (Sındırgı, Balıkesir, NW Turkey). *International Earth Science Colloquium on the Aegean Region, IESCA-2019* (p.: 101-106). İzmir, Türkiye.
- Özkul, M., Gül, A., Koralay, T. Özen, H., Semiz, B. ve Duman, B., (2024). Denizli Travertine: A Global Heritage Stone Resource Nominee from Western Türkiye. *Geoheritage*, 16, Article 67. <https://doi.org/10.1007/s12371-024-00970-w>
- Öztürk, M. Z. (2018). Karstik kapalı depresyonların (dolinlerin) morfometrik analizleri. *Coğrafya Dergisi*, 36, 1-13. <https://doi.org/10.26650/JGEOG371149>
- Öztürk, M. Z. (2026) Distribution and Main Characteristics of Fairy Chimneys in Türkiye. *Geoheritage*, 18, Article 7. <https://doi.org/10.1007/s12371-025-01256-5>
- Panizza, M. (2001). Geomorphosites: Concepts, methods and examples of geomorphological survey. *Chinese Science Bulletin*, 46, 4–5. <https://doi.org/10.1007/bf03187227>
- Panizza, M. & Piacente, S. (2008). Geomorphosites and geotourism. *Revista Geográfica Acadêmica*, 2(1); 5-9.
- Pedley, M. (2009). Tuffs and Travertine of the Mediterranean Region: A Testing Ground for Freshwater Carbonate Concepts and Development. *Sedimentology*, 56, 221-246. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3091.2008.01012.x>
- Pedley, M., Martín, J. A. G., Delgado, S. O. & García Del Cura, M. (2003), Sedimentology of Quaternary perched springline and paludal tufas: criteria for recognition, with examples from Guadalajara Province, Spain. *Sedimentology*, 50, 23-44. <https://doi.org/10.1046/j.1365-3091.2003.00502.x>
- Pelfini, M. & Bollati, I., (2014). Landforms and geomorphosites ongoing changes: concepts and implications for geoheritage promotion. *Quaestiones Geographicae*, 33, 131–143. <https://doi.org/10.2478/quageo-2014-0009>
- 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>
- Pınar, A., Buldur, A. D. ve Tuncer, T. (2018). Bolluk Gölü Traverten Konilerinin Geçmişten Günümüze Değişimi. *Marmara Coğrafya Dergisi* (37), 233-252. <https://doi.org/10.14781/mcd.386373>
- Pimentel, N., Pereira, B. & Silva, M.R. (2024). From Geoheritage to Geosites at the Oeste Aspiring Geopark (Portugal). *Geoheritage*, 16, Article 31. <https://doi.org/10.1007/s12371-024-00935-z>
- Polat, S. (2011). Türkiye’de traverten oluşumu, yayılış alanı ve korunması. *Marmara Coğrafya Dergisi*, 23, 389-428.
- Polat, S. ve Deniz, M. (2016). Some travertine areas in Turkey: as a touristic attraction. *Proceedings of the 4th International Geography Symposium*, 413-426.
- Polat, S. ve Ege, İ. (2018). *Bolluk Traverten Konileri*. Kriter Basım Yayım Dağıtım.
- Reynard, E. & Coratza, P. (2007). Geomorphosites and geodiversity: A new domain of research. *Geographica Helvetica*, 62(3), 138–139. <https://doi.org/10.5194/gh-62-138-2007>
- Reynard, E. & Panizza, M. (2005). Geomorphosites: definition, assessment

- and mapping. *Géomorphologie Reli Process Environment*, 11(3), 177–180. <https://doi.org/10.4000/geomorphologie.337>
- Reynard, E., Coratza, P. & Giusti, C. (2011). Geomorphosites and Geotourism. *Geoheritage* 3, 129–130. <https://doi.org/10.1007/s12371-011-0041-1>
- Reynard, E., Perret, A. & Bussard, J. (2016). Integrated Approach for the Inventory and Management of Geomorphological Heritage at the Regional Scale. *Geoheritage*, 8, 43–60. <https://doi.org/10.1007/s12371-015-0153-0>
- Ruiz-Pedrosa, R. M., González-Amuchástegui, M. J. & Serrano, E. (2024). Geomorphosites as Geotouristic Resources: Assessment of Geomorphological Heritage for Local Development in the Río Lobos Natural Park. *Land*, 13(2), 128. <https://doi.org/10.3390/land13020128>
- Rypl, J., Kirchner, K. & Blažek, V. (2025). The Evaluation of Geomorphosites with regards to Geoheritage: Case Study of the Novohradské Mountains, Czechia. *Geoheritage*, 17, Article 108. <https://doi.org/10.1007/s12371-025-01148-8>
- Sayhan, H. (2005). Aktif Fay Hatları Boyunca Gelişen Traverten Konilerine Kırşehir’den Bir Örnek. *Ahi Evran Üniversitesi Kırşehir Eğitim Fakültesi Dergisi*, 6(2), 115-132.
- Serrano, E., González-Amuchástegui, M. J. & Ruiz-Pedrosa, R. M. (2025). Geomorphosites and geomorphological maps applied to public use, tourism and natural heritage management in the Rio Lobos Natural Park (Spain). *Geomorphology*, 471, Article 109573. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2024.109573>
- Skovitina, T. M., Shchetnikov, A. A. & Kotov, A. B. (2025). (2025). Geodiversity and Geomorphosites of the Baikal Rift Zone. *Doklady Earth Sciences*, 522, Article 52. <https://doi.org/10.1134/S1028334X25606613>
- Tagliasacchi, E. & Kayseri-Özer, M. S. (2020). Multidisciplinary approach for palaeoclimatic signals of the non-marine carbonates: The case of the Sarıkavak tufa deposits (Afyon, SW-Turkey), *Quaternary International* 544, 41-56. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2019.12.016>
- Toker, E. (2017). Quaternary fluvial 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, M. S., Özkul, M. & Kele, S. (2015). Depositional system and palaeoclimatic interpretations of Middle to Late Pleistocene travertines: Kocabaş, Denizli, SW Turkey. *Sedimentology*, 62 (5), 1360-1383 <https://doi.org/10.1111/sed.12186>
- Turoğlu, H. (2025). A Discussion About the “Geopark” Terminology Use Based on Turkish Researchers’ Conceptual Perceptions of Their Publications. *Geoheritage*, 17, Article 32. <https://doi.org/10.1007/s12371-025-01078-5>
- Uzun, M. (2015). Kocaeli İli Karadeniz Kıyılarının Jeomorfoturizm Özellikleri ve Kıyı Kullanımına Etkisi Açısından Değerlendirilmesi. *Marmara Coğrafya Dergisi*, 32, 339–366.
- Uzun, M. (2024). Tersakan ve Bolluk Göllerindeki (Konya) Yıllık ve Aylık Su Yüzeyi Değişimlerinin Uydu Görüntüleri ile Analizi. *Ege Coğrafya Dergisi*, 33(2), 219-243. <https://doi.org/10.51800/ecd.1536680>
- Uzun, S. M. ve Siyavuş, A. E., (2024). Bitlis İli Jeomorfoturizm Potansiyelinin İncelenmesi. Elmastaş, N. (Ed.), *Bitlis Turizm Araştırmaları*. Akademisyen Kitabevi, Ankara.
- Wenzel, H. (1937). Forschungen in Inneranatolien. Die Steppe als Lebensraum. *Schriften des Geographischen Instituts der Universität Kiel*, 7(3).
- Yang, H., Wu, X., Cui, H., Wang, W., Cheng, Y., Gong, X., Luo, X. & Lin, Q. (2024). Formation Mechanism of Muji Travertine in the Pamirs

Plateau, China. *Minerals*, 14(12), Article 1192.
<https://doi.org/10.3390/min14121192>

Zeybek, H. İ. (2004). Türkiye’de karstik alanların korunma gerekliliği ve alınabilecek bazı önlemler. *Doğu Coğrafya Dergisi*, 11(9), 93-115.

Zorlu, K., Polat, S., Yılmaz, A. ve Dede, V. (2024). An integrated fuzzy-rough multi-criteria group decision-making model for quantitative assessment of geoheritage resources. *Resources Policy*, 90, Article 104773.
<https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2024.104773>



Otlukbeli (Erzincan) Travertenlerinin Jeolojik-Kültürel Miras Açısından Önemi (Doğu Anadolu)

*The Importance of the Otlukbeli (Erzincan) Travertines in Terms of Geological and Cultural Heritage
(Eastern Anatolia)*

Yakup Çelik¹ , Ezher Tagliasacchi^{2,3,*} , Mehmet Akif Taş⁴ , Pınar Polat⁴ 

¹ İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü,
Büyükkçekmece Kampüsü, 34500 Büyükkçekmece/İstanbul, Türkiye

² Pamukkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü,
Kınıklı Kampüsü, Denizli, Türkiye

³ Cenova Üniversitesi, Yer, Çevre ve Yaşam Bilimleri Bölümü (DISTAV), Cenova, İtalya

⁴ Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Erzincan, Türkiye

• Geliş/Received: 09.10.2025

• Düzeltmiş Metin Geliş/Revised Manuscript Received: 07.12.2025

• Kabul/Accepted: 08.12.2025

• Çevrimiçi Yayın/Available online: 17.05.2026

• Baskı/Printed: 22.05.2026

Araştırma Makalesi/Research Article

Türkiye Jeol. Bül. / Geol. Bull. Turkey

Öz: Erzincan ilinin (Doğu Anadolu) Otlukbeli ilçesi sınırlarında yer alan Otlukbeli Travertenleri, Türkiye'nin jeolojik açıdan en özgün ve nadir traverten oluşumlarından biridir. Bu travertenler, bölgedeki aktif bir tektonizmanın etkisinde kırık ve çatlaklar boyunca yüze çıkan Fe-oksitçe zengin minerali sular tarafından oluşturulmuş, farklı jeomorfolojik özelliklere sahip karasal karbonatlardır. Bu karbonat oluşumları, traverten konileri, sırt tipi ve yamaç travertenleri şeklinde çalışma alanında gözlenmektedirler. Günümüzde aktif olmayan traverten sırt ve konileri çalışma alanında yaygın olarak gözlemlendiği gibi hala aktivasyonuna devam eden güncel karbonat çökelimi de mevcuttur.

Bu araştırma kapsamında 60 civarı traverten konisi ve 15 adet traverten sırtı ayrıntılı olarak incelenmiştir. Ölçülen bu traverten koni ve sırtları, coğrafi bilgi sistemi içinde değerlendirilmiş, travertenlerin jeomorfolojik ve jeolojik özellikleri yüksek çözünürlükte haritalanmıştır. Sedimantolojik açıdan bu karasal karbonatların depolanma sistemleri ve litotipleri ilk kez bu çalışmada ortaya konmuştur. Bu çalışmada, laminalı, kristalin kabuk, gaz kabarcıklı ve ince zarflar, bu üç farklı traverten sistemleri içinde gözlenen belirgin litotiplerdir. Küçük ve orta ölçekteki traverten havuz/havuzcukları, yamaç boyunca gelişen travertenlerin teraslarında yaygındır. Yapılan petrografik analizlerde bu travertenlerde eser miktarda Fe-oksit/oksidroksit minerallerine rastlanmıştır.

Otlukbeli Travertenleri, jeolojik-kültürel miras kriterleri açısından oldukça önemli bir değere sahip jeolojik oluşumlardır. Sahip olduğu nadirlik, bilimsel araştırma potansiyeli, eğitim ve jeoturizm açısından taşıdığı değerler, Otlukbeli Travertenlerini korunması gereken önemli bir jeosit konumuna getirmektedir. Bu benzersiz oluşumların korunması, bilimsel araştırmalara teşvik edilmesi ve sürdürülebilir jeoturizm kapsamında değerlendirilmesi gerekmektedir.

Anahtar Kelimeler: Doğu Anadolu, Erzincan, jeolojik ve kültürel miras, jeoturizm, Otlukbeli Travertenleri.

Abstract: The Otlukbeli Travertines, located in the Otlukbeli district of Erzincan Province in Eastern Anatolia, constitute one of the most distinctive and geologically rare travertine formations in Türkiye. These travertines are terrestrial carbonates with distinct geomorphological features, formed by Fe-oxide-rich mineralized waters emerging along fractures and faults under the influence of active tectonics in the region. In the study area, these terrestrial carbonate deposits are observed as travertine cones, ridge-type travertines, and slope travertines. While

inactive travertine ridges and cones are widely observed in the field, there are also ongoing deposits of active carbonate precipitates.

In this study, approximately 60 travertine cones and 15 travertine ridges were described in detail. The measured travertine cones and ridges were evaluated within a geographic information system, and the geomorphological and geological characteristics of the travertines were mapped at high resolution. From a sedimentological perspective, this study presents, for the first time, the depositional systems and lithotypes of these terrestrial carbonates. Accordingly, laminated, crystalline crust, gas bubbles and paper-thin rafts are the mainly lithotypes observed within these three different travertine systems. Travertine pools and terraces are commonly observed on the slope travertine. Petrographic analyses also revealed trace amounts of Fe-oxide/oxyhydroxide minerals in these travertines.

The Otlukbeli Travertines are geological formations of considerable importance in terms of geological and cultural heritage criteria. Their rarity, scientific research potential, and value for education and geotourism make the Otlukbeli Travertines an important geosite that requires protection. The preservation of these unique occurrences, the promotion of scientific studies, and their evaluation within the scope of sustainable geotourism are essential.

Keywords: Eastern Anatolia, Erzincan, geological and cultural heritage, geotourism, Otlukbeli Travertines.

GİRİŞ

Traverten ve tufa çökelleri hem inorganik hem de organik süreçler sonucunda oluşan karasal karbonat birikimleridir (Chafetz ve Folk, 1984; Pentecost ve Viles, 1994; Ford ve Pedley, 1996). Genellikle karstik, hidrotermal kaynaklar, küçük nehirler ve bataklıklar gibi ortamlarda bulunurlar (Julia, 1983; Pedley, 1990; Pentecost ve Viles, 1994; Pentecost, 1995; Guo ve Riding, 1998). Bu karasal karbonatlar (traverten ve tufa) kimyasal olarak aynı bileşime sahip olsalar da çökeltme ortamları ve süreçleri birbirinden farklıdır. Travertenler, kompakt, sıkı dokulu, laminalı, çalı şeklinde bakteri büyümelerine sahip, sert ve yoğun kristalli CaCO₃ birikimleridir ve karstik kaynaklardan kalsiyum bikarbonatça zengin suların kırık, çatlaklar boyunca yüzeye çıkmasıyla değişen sıcaklık, basınç ve CO₂ derişimine bağlı olarak çökeltim gerçekleştirirler (Julia, 1983).

Diğer taraftan tufa çökelleri, kalsiyum bikarbonatça zengin, ortam sıcaklığındaki (soğuk veya ılıman) sular tarafından (genellikle kaynak, akarsu, göl) çökeltilen karasal karbonat birikimleridir (Ford ve Pedley, 1996; Pedley, 2009; Arenas-Abad vd., 2010). Bu birikimler; düşük çökeltim hızlarıyla karakterize edilen, yumuşak dokulu, biyolojik etkilerin daha fazla olduğu, gözenekli bir yapıya sahiptirler (Ford ve Pedley, 1996; Arenas-Abad vd., 2010; Capezzuoli vd., 2014). Tufaların gelişimi; çökeltme

yerinin konumu, topoğrafya, bitki örtüsünün bolluğu, mavi-yeşil alglerin (siyanobakteriler) kolonizasyonu ve su akış rejimiyle yakından ilişkilidir (Viles ve Goudie, 1990).

Bu karasal karbonatlar (traverten ve tufa), tektonizma, iklim ve kaynak suyunun kimyasal özelliği (sıcaklık, Eh, pH gibi) gibi dış faktörler ile kaynak suyunun akış biçimleri ve biota (flora ve fauna) gibi iç faktörler tarafından kontrol edilmektedirler (Arenas-Abad vd., 2010; Özkul vd., 2013). Traverten ve tufa çökellerindeki morfolojik yapılar, karasal karbonat oluşumlarını kontrol eden bu dış ve iç faktörlerin etkileşimleri sonucunda gelişirler (Chafetz ve Folk, 1984; Guo ve Riding, 1998; Pedley, 2009; Arenas-Abad vd., 2010; Özkul vd., 2013; Capezzuoli vd., 2014; Toker vd., 2015; Toker, 2017; Toker-Tagliasacchi, 2018; Kandemir vd., 2021; Capezzuoli vd., 2022; Tagliasacchi vd., 2024; Çelik ve Tagliasacchi, 2025). Bu morfolojik yapılar, travertenlerde göl (lacustrine) tipi, teraslı (terrace), çatlak sırtı (fissure ridge) ve koniler (cones) şeklinde gözlenirken tufa çökellerinde şelale (cascade) tipi, akarsu (fluvial) ve paludal (palustrine) tufa çökelleri olarak görülmektedir.

Farklı çökeltme süreçlerine sahip, morfolojik olarak çeşitli görünümüne sunan bu doğal oluşuklar, aynı zamanda estetik, kültürel ve turistik değerleri bünyesinde barındıran jeolojik miras unsurları olarak kabul edilirler (Altunel ve

D'Andria, 2019). Ayrıca, küresel doğa koruma sembollerinin ve endemik türlerin yanı sıra, doğal ve estetik peyzajların oluşturduğu (teraslar, havuzlar ve şelaleler) görsel güzelliğin seçkin bir örneğini temsil ederler ve bu özellikleriyle bir Dünya Doğal Mirası alanı olarak olağanüstü değerlerini ortaya koyarlar (Ford ve Pedley, 1996; Zhang vd., 2012). Bu yapılar, doğal güzellikleri nedeniyle jeoturizm açısından büyük çekicilik oluşturmaktadırlar. Jeolojik Miras kapsamı içinde değerlendirilen bu eşsiz güzelliğe sahip oluşumlar, ülkemizde ve dünyada oldukça dikkat çekici bir konuma sahiptir. Ülkemizde IUGS2022 yılında ilk 100 Jeolojik Miras alanlarından biri olarak seçilen, 1988 yılından bu yana UNESCO Dünya Miras Listesi doğal ve kültürel miras olarak yer alan dünyaca ünlü Denizli Pamukkale travertenleri (Özkul vd., 2024), Balıkesir'de Sındırgı-Hisaralan traverten bacaları (Polat, 2011); Sivas'ın batısında bulunan Sıcak Çermik (Mesci vd., 2008; Mesci, 2013); Kırşehir Terme (Atabey, 2002; Temiz vd., 2009); Ağrı Diyadin travertenleri (Zaman vd., 2000; Polat, 2011) ve Van Başkale Dereiçi travertenleri (Yeşilova, 2021) belli başlı traverten/tufa oluşumlarıdır. Ayrıca UNESCO Dünya Mirası listesinde yer alan orta İtalya'daki Urbino tarihi tufa şehri (Santi vd., 2023), Çin'deki "Sarı Ejderha" anlamına gelen Huanglong vadisindeki kaplıcalar (Zhang vd., 2012; Gao vd., 2025) ve Jiuzhaigou (Li vd., 2014; Liu, 2017), ABD'deki Yellowstone Milli Parkı'ndaki Mammoth Kaplıcaları (Fouke, 2011) ve Hırvatistan'daki Plitvice Gölleri (Golubić vd., 2008; Sironic vd., 2017; Ivković vd., 2020) dünyadaki önemli traverten/tufa alanlarıdır.

Bu çalışmaya konu olan Otlukbeli Travertenleri de (Erzincan) belirgin traverten sırtları, traverten konileri ve traverten set gölü ile sadece jeolojik açıdan değil aynı zamanda eşsiz görseelliği ile önemli bir jeolojik miras potansiyeli taşımaktadır. Çalışma alanında yapılmış önceki çalışmalarda, traverten sırt ve konileri belirlenmiş, jeomorfolojik olarak özellikleri incelenmiştir. Polat (2018) yaptığı çalışmada, Otlukbeli sırt ve koni tipi travertenlerinden bahsederek jeomorfolojik olarak

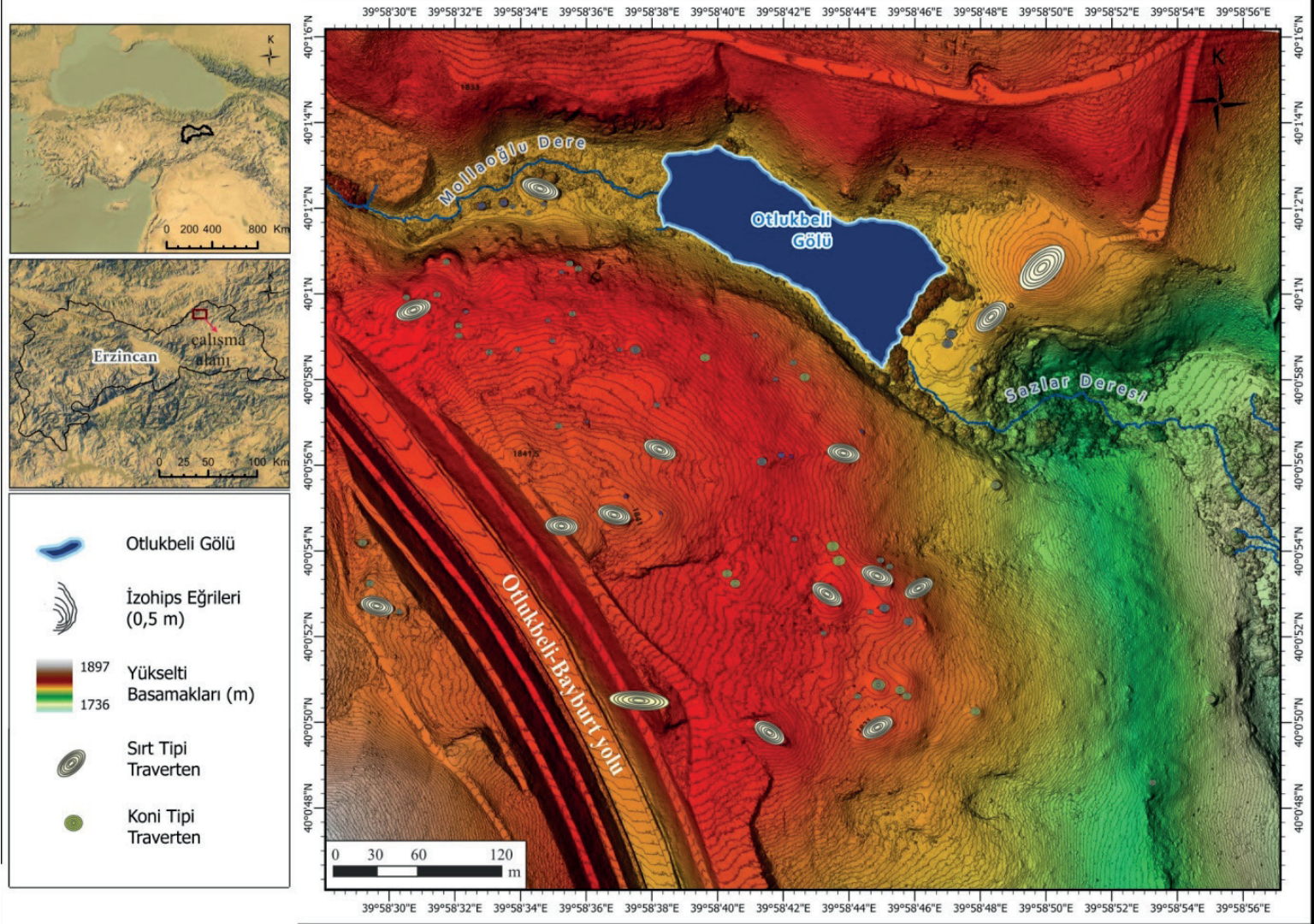
özelliklerini incelemiştir. Ayrıca, bu travertenlerin jeomorfolojik miras niteliği taşıdığı belirtilmiştir. Bölgede yapılan ilk çalışmalarda, traverten set gölünün eşsiz güzelliğinden ve gölün "Doğal Anıt" olarak kabul edilmesi gerektiğinden bahsedilmiş (Akkan ve Tuncel, 1990), ayrıca gölün rekreasyon potansiyeli üzerinde durulmuştur (Akpınar, 2016). Otlukbeli ve çevresindeki çalışmalar, sadece jeomorfolojik açıdan değil aynı zamanda bölgenin tarihi ve arkeolojisi üzerine de yapılmıştır (Üngör ve Özgül, 2016).

Otlukbeli Travertenleri, T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı tarafından koruma altına alınmış, 1994 yılında 1. derece doğal sit alanı ilan edilerek Türkiye'de "Doğal Anıt" olarak tescillenmiş ilk traverten unvanını almıştır (Akkan ve Tuncel, 1990). T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı Erzurum Kültür Varlıklarını Koruma Bölge Kurulu'nun 15.01.2025-6922 no'lu Resmî Gazetede yayınlamış olduğu karar ile Otlukbeli Gölü ve çevresinin, I. Derece Arkeolojik Sit Alanı olarak, korumaya yönelik bilimsel çalışmalar dışında aynen korunmasına karar verilmiştir.

Bu çalışmada, Otlukbeli Travertenlerinin jeolojik, sedimantolojik, jeomorfolojik özellikleri incelenmiş, bu özgün oluşumun jeolojik ve kültürel miras açısından önemi ortaya konmuştur.

İNCELEME ALANININ JEOLJİSİ

İnceleme alanı, Erzincan il merkezinin 142 km kuzeydoğusunda bulunan Otlukbeli ilçesinin 6 km kuzeybatısında yer almaktadır (Şekil 1). Çalışma alanı içerisinde bulunan Otlukbeli Gölü, farklı havzaları drene eden Kelkit Çayı, Çoruh ve Karasu (Fırat) ırmaklarının su toplama havzalarını ayıran Otlukbeli Dağları sahasında yer alan küçük bir traverten set gölüdür. Uzunluğu yaklaşık 180-190 m ve genişliği 50-90 m'dir. Deniz yüzeyinden ortalama 1.890 m yükseklikte olup, azami derinliği 15-18 m'dir ve ortalama 1,5 hektar alan kaplamaktadır.



Bölgenin jeolojik yapısına bakıldığında, inceleme alanı, Pulur kompleksi-Sakarya Zonu, Erzincan Kenedi (İzmir-Ankara-Erzincan kenet zonu) ve Torid-Anatolid zonunda bulunmaktadır (Ağar, 1977; Yılmaz, 1985; Aktimur vd., 1995; Akdeniz vd., 1997; Okay ve Şahintürk 1997; Aslan, 1998; Okay ve Tüysüz, 1999 ve Gedik, 2008; Akpınar vd., 2016). Geç Miyosen sonundan itibaren bölgede, Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ) etkisine bağlı olarak, KB-GD, KD-GB gidişli sağ ve sol atımlı doğrultu fayları ve çatlakları gelişmiştir (Şaroğlu ve Yılmaz, 1986; Koçyiğit, 1991; Bozkuş ve Yılmaz, 1993).

Bölgedeki temel kayaçlar, fillit, klorit, şist, mikaşist ve mermerlerden oluşan metamorfik kayaçlar olup, Berdiga Formasyonu bu metamorfik kayaçların üzerinde yer almaktadır. Berdiga Formasyonu'nun üzerine tektonik olarak yerleşen, çalışma alanı ve çevresinde yaygın olarak gözlenen Kretase yaşlı ofiyolitik karışık bulunur (Gedik, 2008). İnceleme alanının doğu kesiminde Berdiga Formasyonu ve Otlukbeli Melanjı'nı kesen granitik kayaçlardan oluşan Sarıhan Granitoyidi bulunmaktadır. Bu birimler Paleojen-Neojen yaşlı kırıntılı ve karbonatlı çökeller tarafından uyumsuz olarak örtülmektedir (Gülandere Formasyonu). Kuvaterner yaşlı traverten ve alüvyonlar tüm bu birimlerin üzerine uyumsuz olarak gelmektedir (Şekil 2a).

Berdiga Formasyonu

Karadeniz Bölgesi ve Çayırılı-Otlukbeli kuzey kesimlerinde geniş alanlarda yüzeyleyen kireçtaşı ve kırıntılı seviyeler içeren birim, Pelin (1977) tarafından tanımlanmıştır. İnceleme alanının kuzey kesimlerinde geniş alanlar kaplayan (Şekil 2a) birim, Küçükotlukbeli yöresinde Ağnene'de maden suyu çıkan zonu beslemekte olup; kalınlıkları 400 m' ye varan yüzeylemeleri bulunmaktadır. Berdiga Formasyonu, grimsi siyah, bej ve sarımsı renklerde, orta-kalın tabakalı ve mikritik karakterde kireçtaşları ile

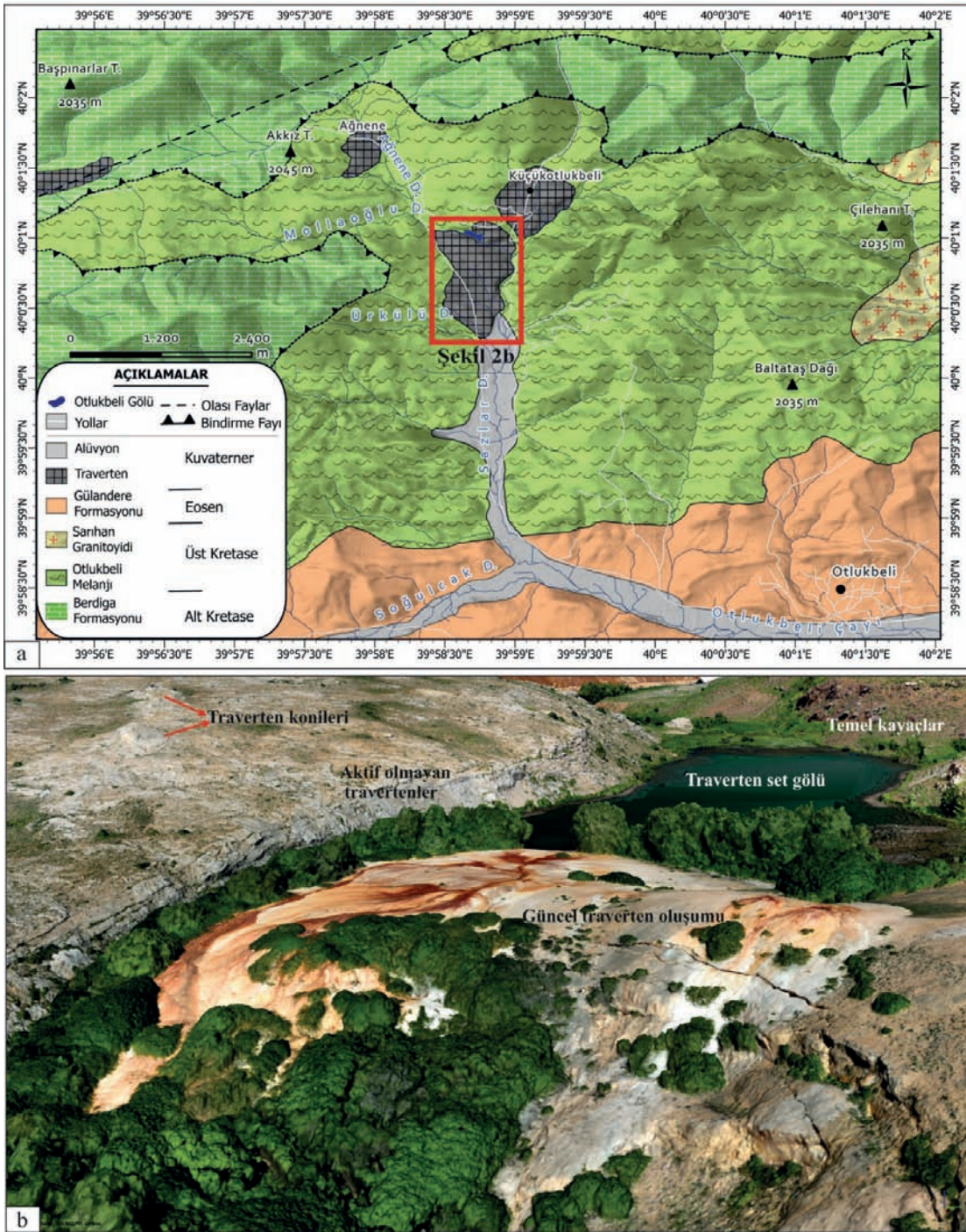
yer yer çört bantlarından oluşmaktadır. Bu birim içerisinde killi, kumlu ve dolomitik seviyeler de gözlenmektedir.

Otlukbeli Melanjı

Bölgesel olarak yayılım sunan ofiyolitik karışığa ait kayaçlar, Otlukbeli Gölü çevresinde ve Ağnene ve Ürkülü Komu yörelerinde yüzeylenmektedir (Şekil 2). Korkmaz ve Baki (1984) tarafından adlandırılan birim, kırmızımsı ve koyu kahverengimsi renkli radyolarit, çört, kireçtaşı, serpantin, silttaşı, spilitleşmiş bazalt ve andezit bloklarından oluşmaktadır. Radyolaritlerle birlikte bulunan Mn cevherleşmesi bölgede yaygın olarak gözlenmektedir (Van ve Yalçınalp, 2010). Melanj içinde yer yer ince tabakalı kırmızı renkli kireçtaşı mercikleri gözlenmektedir. Otlukbeli Melanjı, tektonik olarak bindirme fayıyla Berdiga Formasyonu üzerinde yer almaktadır (Şekil 2). Ayrıca birim içerisinde yer yer killi kireçtaşı, bazaltik ve andezitik tuf ve aglomera seviyeleri de gözlenmektedir.

Sarıhan Granitoyidi

İnceleme alanının doğu kenarında Berdiga Formasyonu ve Otlukbeli Melanjı'nı keserek mostra veren granitik kayaçlar Aslan (1998) tarafından Sarıhan Granitoyidi olarak adlandırılmıştır (Şekil 2a). Granodiyorit ve kuvarslı monzodiyorit ve kuvarslı mikrodiorit bileşimli kayaçlardan oluşan granitoyit içerisinde yer yer yoğun bozunmuş arenalar gözlenmektedir. Aslan (1998) tarafından yapılan jeokronolojik yaş tayininde granitoyidin yerleşim yaşının Kampaniyen (Kretase) olduğu belirlenmiştir. Birim içerisinde apolit damarı ve mafik anklavlar ve kontak zonunda mermer gibi kayaçlar ile manyetit, pirit ve kalkopirit gibi cevherleşmeler olduğu görülmektedir (Aslan, 1998).



Şekil 2. a) Erzincan ve çevresinin basitleştirilmiş jeoloji haritası (Akdeniz vd., 1997; Okay ve Şahintürk, 1997'den değiştirilerek) ve **b)** İnceleme alanı ve çevresinin Yapıdan Hareket (Structure from Motion – SfM) algoritması ile oluşturulan 3 Boyutlu görünümü (KD'dan GB'ya bakış).

Figure 2. a) Simplified geological map of Erzincan and its surroundings (modified from Akdeniz et al., 1997; Okay and Şahintürk., 1997) and **b)** 3D view of the study area and its vicinity generated by the Structure from Motion (SfM) algorithm (from NE to SW).

Gülandere Formasyonu

İnceleme alanında, Otlukbeli ilçesinin güney kesimlerinden itibaren yüzeyleyen birim, Aktimur vd. (1995) tarafından tanımlanmıştır. Sığ ve yüksek enerjili denizel bir ortamın ürünü olan Gülandere Formasyonu, Alt-Orta Eosen (Lütesiyen) yaş aralığındadır (Gedik, 2008). Kumtaşı, çakıltası, şeyl, tüf ve aglomera ardalanmasından oluşan birim andezitik ve bazaltik lavlar ile olistostromal düzeyler de içermektedir (Aktimur vd., 1995).

Bu çalışmanın ana konusunu oluşturan travertenler, Otlukbeli Melanji'nin üzerinde uyumsuz olarak görülmekte olup, bölgede Geç Miyosen sonrasındaki Neotektonik rejimin etkisine bağlı olarak gelişen (Şaroğlu ve Yılmaz, 1986; Koçyiğit, 2013), kırık ve çatlak zonlarından çıkan kalsiyum bikarbonatça zengin mineralli suların depolanmasıyla oluşmuşlardır. Bölgede traverten çökeliyi yer yer güncel olarak devam etmektedir. İnceleme alanında yer alan traverten set gölünün batı ve güneybatısındaki alanda traverten sırtları ve konileri belirgin olarak gözlenmektedir (Şekil 2b).

MATERYAL ve YÖNTEM

Arazi Çalışmaları

Arazi çalışmaları, traverten oluşumlarının genel özelliklerinin incelendiği ve örnekleme yapıldığı ilk bölüm ile Otlukbeli Traverten Set Gölü'nü de kapsayan yaklaşık 5 hektarlık bir alanın İnsansız Hava Aracı (İHA) ile taranmasını içeren ikinci bölümü kapsamaktadır.

İncelenen bölgede yapılan çalışmada traverten konileri ve sırtları sırasıyla ölçülmüş ve haritalanmıştır. Toplam 60 civarı traverten konisi ve 15 adet traverten sırtı ayrıntılı olarak çalışılmıştır. Ölçülen tüm traverten koni ve sırtları, coğrafi bilgi sistemi içinde değerlendirilmiş, travertenlerin jeomorfolojik ve jeolojik özellikleri yüksek çözünürlükte haritalanmış ve yapılan analizler, arazi ve laboratuvar çalışmaları birlikte

yürütülmüştür. Örnekleme, sırt tipi travertenlerin farklı litotiplere sahip seviyelerinden üç örnek üzerinde gerçekleştirilmiştir.

Hava fotoğrafı alımı için DJI Mini 3 Pro modeli bir İHA kullanılmıştır. Uçuş, DJI Pilot yazılımı kullanılarak %80 ön (forward) ve %70 yan (side) bindirme oranları ile otonom olarak gerçekleştirilmiştir. Alanın detaylı bir topoğrafik modelini oluşturmak amacıyla yer seviyesinden yaklaşık 80 metre yükseklikte gerçekleştirilen uçuşta toplam 1850 adet yüksek çözünürlüklü hava fotoğrafı elde edilmiştir.

Fotogrametrik modelin geometrik doğruluğunu ve coğrafi hassasiyetini artırmak amacıyla, çalışma alanına homojen bir şekilde dağıtılmış 10 adet Yer Kontrol Noktası (YKN) tesis edilmiştir. Bu noktaların santimetre altı hassasiyetteki coğrafi koordinatları, RTK (Real-Time Kinematic) GNSS (Global Navigation Satellite System) alıcısı kullanılarak ölçülmüştür. Bu noktaların koordinatları, laboratuvar aşamasında modelin hassas bir şekilde referanslandırılması için kullanılmıştır.

Laboratuvar Çalışmaları

Örneklerin hazırlanması ve ince kesit

Temsili traverten örneklerinden (OT-1, OT-2 ve OT-3) ve ilişkili kayaçlardan ince kesitler, İstanbul Teknik Üniversitesi'nde Jeoloji Mühendisliği Bölümü'nde hazırlanmıştır. İnce kesitler İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa'da Amscope MU 300 kamera ile donatılmış bir Leica DM2500 mikroskopu kullanılarak incelenmiştir.

Toz X-ışını kırınımı (XRD) analizi

Üç temsili traverten numunesi (OT-1, OT-2 ve OT-3) toz haline getirildikten sonra; numunelerin XRD kırınım desenleri, İstanbul Teknik Üniversitesi'nde 40 kV ve 40 mA'da çalışan bir Bruker™ AXS D8 Advance X-ışını difraktometresinde (XRD) Cu

$K\alpha$ radyasyonu ($\lambda = 1,540506 \text{ \AA}$) kullanılarak ölçülmüştür. XRD cihazı, yüksek hızlı bir LynxEye silikon şerit dedektörü ile donatılmıştır. Numuneler, 2° ile 70° arasındaki 2θ aralığında, $0,02^\circ$ adım boyutu, $0,35$ saniye bekleme süresi ve $0,300^\circ$ diverjans aralığı ile ölçülmüştür. Ham XRD verileri, mineral tanımlama ve miktar tayini için X'Pert HighScore Plus yazılımı kullanılarak işlenmiştir.

CBS Uygulamaları

CBS uygulamaları, fotogrametrik veri işleme ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) tabanlı analizler olmak üzere iki ana aşamadan oluşmaktadır.

Fotogrametrik değerlendirme ve modelleme

Arazi çalışmaları sırasında elde edilen 1850 adet hava fotoğrafı, Agisoft Metashape (versiyon 2.2.2) profesyonel fotogrametri yazılımı kullanılarak işlenmiştir. “Yapıdan Hareket” (*Structure from Motion - SfM*) algoritmasıyla işlenen görüntüler ve YKN koordinatları kullanılarak, sahanın yüksek yoğunluklu ve hassas bir üç boyutlu (3B) nokta bulutu (*dense point cloud*) oluşturulmuştur. Bu nokta bulutundan faydalanılarak sırasıyla 3B poligon ağ (*mesh model*), santimetre çözünürlükte ortofoto ve alansal topografik modeller üretilmiştir.

Bu süreçte iki temel sayısal yükseklik modeli elde edilmiştir:

Sayısal Yüzey Modeli (*Digital Surface Model - DSM*): Arazideki bitki örtüsü ve kaya oluşumları gibi tüm yüzey unsurlarını içeren bir modeldir (Hirt, 2015; Guth vd., 2021).

Sayısal Arazi Modeli (*Digital Terrain Model - DTM*): Yüzey unsurlarının filtrelenmesiyle elde edilen, yalnızca “çıplak yeryüzünü” temsil eden modeldir. Bu model, arazinin gerçek topografyasını analiz etmek için temel veri olarak kullanılmıştır (Hirt, 2015; Guth vd., 2021).

Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) analizleri

Fotogrametrik süreç sonunda üretilen DTM, DSM ve ortofoto haritası, ESRI ArcGIS Pro (versiyon 3.5.3) yazılımına aktarılarak mekânsal analizler için temel altlık verileri olarak kullanılmıştır. Bu veriler üzerinden aşağıdaki analizler ve haritalamalar gerçekleştirilmiştir:

Üretilen ortofoto haritası, Sayısal Arazi Modeli ve literatürdeki çalışmalardan yararlanılarak, çalışma alanının jeolojisi sayısallaştırılmış ve haritası hazırlanmıştır.

Traverten konilerinin, sırtlarının ve diğer jeomorfolojik birimlerin konumları, ortofoto üzerinden hassas bir şekilde sayısallaştırılarak bir lokasyon haritası oluşturulmuştur.

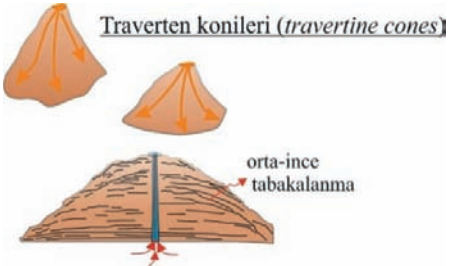
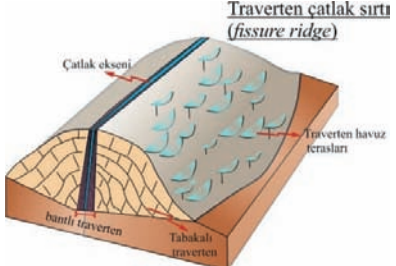
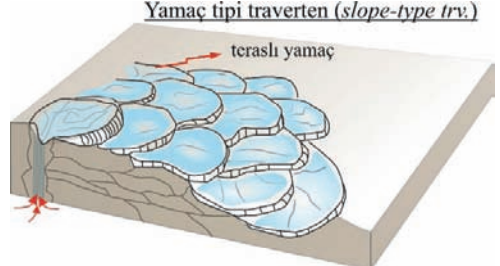
DTM verisi kullanılarak yüzey akış modellemesi yapılmıştır. Bu analiz ile suyun potansiyel akış yönleri (*flow direction*) ve birikim alanları (*flow accumulation*) modellenmiş, böylece bölgedeki drenaj ağı ve yüzey sularının traverten oluşumları üzerindeki hareket rotaları bulunmuştur.

BULGULAR

Otlukbeli Travertenleri

Otlukbeli Travertenleri, Erzincan ili Otlukbeli ilçesi kuzeybatısında Karasu Irmağı (Fırat) havzasında yaygın olarak yüzlekler vermektedir (Şekil 2). Bölgede aktif olmayan traverten oluşumları bir plato üzerinde geniş bir alanda farklı morfolojik tiplerde (koni, sırt ve yamaç tipi) görülürken (Çizelge 1), güncel traverten çökeli de aktif bir şekilde yamaçlarda oluşmaya devam etmektedir (Şekil 3).

Çizelge 1. Çalışma alanında gözlenen traverten morfotipleri ve özellikleri.**Table 1.** Travertine morphotypes and properties observed in the study area.

	Koni tipi travertenler	Sırt tipi travertenler	Yamaç tipi travertenleri
Boyut	Genellikle birkaç santimetreden birkaç metreye kadar değişebilir	Genellikle birkaç yüz metreden 1-2 km'ye kadar dar ve uzun bir alanda görülür	Yüzlerce metre ile birkaç km arasında olabilir
Mineraloji	Kalsit (kalsiyum karbonat) ana bileşendir; bazı durumlarda demir oksit, sülfat ve manganez gibi minerallerle de zenginleşebilir.	Kalsit, aragonit (ikincil mineral olarak)	Kalsit, aragonit (ikincil mineral olarak), mikrobiyal katkı
Morfoloji	Tipik bir koni formu ancak üstten bakıldığında dairesel, simetrik veya asimetric koni yapısı Tepe kısmında genellikle bir kaynak gözü (suyun çıktığı nokta)	Dar, uzun ve genellikle yükselti oluşturan sırtlar, çatlak boyunca bantlı yapı	Eğime paralel teras, küçük terascıklar, çağlayanlaşan havuzlar
Renk	Saf traverten beyazdır ancak içeriğindeki demir oksitler nedeniyle sarı, turuncu, kırmızımsı renkler alabilir.	İçeriğindeki demir ve diğer elementlere bağlı olarak krem, sarımsı ve kiremit renginde olabilir.	Beyaz, krem, açık sarı
Tektonizma	Tektonizma ile doğrudan ilişkilidir. Genellikle fay hatlarına yakın, aktif jeotermal alanlarda görülür	Tektonizma ile doğrudan ilişkilidir. Çatlak ve fay zonları boyunca çıkan sular	Tektonizma ile dolaylı bir ilişkisi vardır
İklim	İklim hassasiyeti sınırlıdır	İklim hassasiyeti düşüktür	Sıcaklık ve buharlaşmaya oldukça duyarlıdır; mevsimsel farklılık çökeltme hızını etkiler
Mikrobiyal içerik	Ekstrem ortamlara uyum sağlayabilen karbonat oluşumunda etkili olan siyanobakteriler, diatomlar yaygındır.	Genellikle inorganik çökeltme; biyolojik etki ikincildir	Alg, bakteri etkisiyle mikrobiyal çökeltme yaygındır
Örnekler	Türkiye; Erzincan Otlukbeli, Ağrı (Diyadin) Amerika; Yellowstone, Mammoth termal kaphçaları	Türkiye; Denizli-Pamukkale, Erzincan-Otlukbeli, Kırşehir, Van-Başkale; İtalya; Bagni San Filippo, Rapolano Terme; Çin Xiagei	Türkiye; Denizli-Pamukkale, Erzincan-Otlukbeli, İtalya; Rapolano Terme; Çin Huanlong, Jiuzhaigou
Arazideki Görünümü (Şematik çizim)			



Şekil. 3. a) Güncel olan ve aktif olmayan travertenlerin arazideki görünüşleri (KB'dan GD'ya bakış); **b)** Traverten set gölünün görünüşü (KB'dan GD'ya bakış); **c)** Demir ve sülfatça zengin yer altı sularının yüzeyden akarken oluşturduğu kırmızı rengin baskın olarak görünüşü; **d ve e)** Kaynak çıkış yerlerinde gelişen küçük havuzcularda mikrobiyal aktiviteler sonucu oluşan kalın mikrofilm tabakaları ve kaynak ağızlarında suların bol kükürt içermesinden dolayı oluşan sarı renk; **f)** Yeni bir traverten sırtı oluşumu, aktif kaynak çıkış noktaları

Figure 3. a) Field observations of active and fossil travertines (from NW to SE); **b)** View of the travertine lake (from NW to SE); **c)** The dominant red color of iron- and sulfate-rich groundwater flowing from the surface; **d and e)** Thick microfilm layers formed as a result of microbial activity in small ponds developing at the spring orifices and the yellow color resulting from the abundant sulfur content of the water at the spring mouths; **f)** Formation of a recent travertine ridge and active spring outlet points.

Bölgede yapılmış su analizleri (Akkan ve Tuncel, 1990) ve travertenlerden elde edilen ince kesit örneklerinde gözlenen Fe-oksit/oksidhidroksit birikimleri, aktif traverten sırtlarında belirgin olarak izlenen kırmızı-kahverengimsi tonların temel olarak demir (Fe) çökelişi ile ilişkili olduğunu söylemek mümkündür (Şekil 3a ve c). Ayrıca mikrobiyal aktiviteler kaynak çıkış ağzlarında yaygın olarak gözlenmektedir (Şekil 3d ve e). Aktif olarak yüzeye çıkan suların sıcaklığı ortalama 17 °C ve pH'ı 6 civarındadır (Şekil 3f).

Bölgede oldukça dikkat çekici en eski traverten çökelleri, Sazlar Deresi'nin batı kesiminde gözlenmektedir. Otlukbeli Melanjı'nı üzerleyen bu traverten çökellerinin kalınlığı yaklaşık 40 metre civarındadır (Polat, 2018).

Bölgede dikkat çeken bir diğer morfolojik yapı, Otlukbeli Traverten Set Gölü'dür (Şekil 1, 2 ve 3b). Akkan ve Tuncel (1990) tarafından bu göl ilk kez *traverten set gölü* olarak tanımlanmıştır. Göl, oluşum bakımından, dünyada ender rastlanan traverten set göllerinden biridir.

Göl, KD-GB yönünde 150 metre uzunluğundaki traverten sırtının Ağnene Deresi vadisini kapatması sonucunda oluşmuştur (Polat, 2018). Bu traverten set gölünün kuzeydoğu tarafı temel kayalardan (Otlukbeli Melanjı) oluşurken batı tarafı ise traverten çökelleriyle sınırlanmıştır (Şekil 2). Otlukbeli traverten set gölü, 1890 metre yükseklikte olup, yüzölçümü yaklaşık olarak 1,5 hektardır. Derinliği 20 metreye yakın olan gölün uzunluğu mevsimine göre 180-190 metre, genişliği ise 50 ila 90 metre arasında değişmektedir. Traverten set gölünün oluşumunda, vadiyi enine kesen kırıklar boyunca yüzeye çıkan sular ve vadiye dolan eriyik suların biriktirmesiyle günümüzdeki şeklini aldığı önceki çalışmalarda belirtilmiştir (Akkan ve Tuncel, 1990). Göl alanını besleyen akarsuların getirdiği alüvyonlar ve kaynak sularının bıraktığı tortullar gün geçtikçe akarsuyun akışını yavaşlatmakta ve yatağını daraltmaktadır.

Koni tipi travertenler

Traverten konileri, yer altından yüzeye çıkan hidrotermal (sıcak) suların taşıdığı minerallerin (özellikle kalsiyum karbonat – CaCO₃) çökmesi sonucu oluşan, birbirinden bağımsız küçük kubbeler şeklinde oluşturdukları yapılardır. Bu kubbeler, çatlak/kırık gibi tektonizmanın aktif olduğu bölgelerde, iyi tutturulmamış tortularda fayın etkisinin lokalize olup, yeraltından çıkan hidrotermal suların yalnızca fay izi boyunca hizalanmış izole noktalarda ortaya çıkmasıyla oluşurlar (Brogi vd., 2021; Luo vd., 2022; Shiraishi vd., 2023). Koni, tepe ve kule gibi morfolojik şekillerde oluşabilen bu traverten kubbelerinin çapları genellikle birkaç desimetreden birkaç metreye kadar değişiklik gösterirken, yükseklikleri 14 m'ye kadar ulaşabilmektedir (örneğin; Amerika Yellowstone Milli Parkı'ndaki "*Liberty Cap*" (Chafetz ve Guidry, 2003). Ülkemizde Balıkesir Sındırgı Hisaralan'daki traverten kuleleri (Polat, 2011; Özkul vd., 2019) ve Ağrı Diyardin traverten konileri (Polat ve Ege, 2024) belli başlı traverten koni ve bacalarına örnek olarak gösterilebilir. Dünyada Çin Tibet kuzeyinde yer alan Rongma'daki traverten koni ve kuleleri (Gao vd., 2012), Amerika'daki Mono Lake tufa kuleleri (Capezzuoli vd., 2022) örnek olarak verilebilir.

Otlukbeli'nde geniş bir alana yayılmış olan traverten konileri, sarımsı, kahverengi renkte, yüzlerce lamine yapıların üst üste dizilmesi şeklinde arazide görülmektedir (Şekil 4a ve b). Konilerin büyük bir bölümü, yaklaşık K70°D uzanımlı hat boyunca gelişmiş olup, küçük ve büyük çapta konilerden oluşmaktadır. Küçük koniler, 30 cm yükseklikte 120 cm çapında olurken daha büyük traverten konileri, yaklaşık 3 metre yükseklikte, 7 metre çapında boyutlara sahiptir (Şekil 4c ve d).



Şekil 4. a-e) Farklı boyut ve morfolojilerde gelişmiş traverten konilerinin arazideki görünümleri. **a)** GD'dan KB'ya bakış, **b)** KD'dan GB'ya bakış, **c)** KB'dan GD'ya bakış, **d)** GD'dan KB'ya bakış, **e)** GB'dan KD'ya bakış; **f)** Traverten koni ağız kısmında karnabaharimsi kalsit çökelişi; **g)** Yan yana gelişmiş iki traverten konisi ve altında yer alan kırıntılı akarsu çökelleri (GB'dan KD'ya bakış); **h)** ise (g)'deki traverten ve kırıntılı istiften alınan ölçülü sedimentolojik düşey kesit.

Figure 4. a-e) Field views of travertine cones of different sizes and morphologies. **a)** view from SE to NW, **b)** view from NE to SW, **c)** view from NW to SE, **d)** view from SE to NW, **e)** view from SW to NE); **f)** Cauliflower-like calcite deposit at the mouth of the travertine cone (view from SW to NE); **g)** Two travertine cones developed side by side and clastic fluvial deposits beneath them; **h)** Measured sedimentological vertical section taken from the travertine and clastic sequence in (g).

Koninin üst kesimlerinde aktif olmayan gaz kabarcıkları (*coated gas bubbles*) ve ince zarflar (*paper thin rafts*) net bir şekilde gözlenmektedir. Gaz kabarcıkları, hızlı bir gaz kaçıışı ve fotosentez sonucu oluşmakta ve litotipin gelişiminde siyanobakteriler ve algler aktif rol oynamaktadırlar (Pentecost, 2005; Luo vd., 2022; Shiraishi vd., 2023).

Güncel, aktif traverten konilerinin ağız kısımlarında sular, sarı renkli (Şekil 4e) olup, olası SO₃ varlığına işaret eden çürük yumurta kokusu belirgin olarak hissedilmektedir. Bazı konilerin ağız kısımlarında karnabaharimsi bir yapı sunan kalsit çökelimleri dikkat çekmektedir (Şekil 4f).

Arazide özellikle nehir kenarına yakın traverten konilerinin alt kesimlerinde kahverengimsi kıvılcık, koyu şarabi bordo renkli, kötü boylanmış, yer yer iri çakıllı (mak. çakıl boyu 10 cm), akarsu çökelleri gözlenmektedir (Şekil 4g). Genellikle ofiyolitik melanjdan türemiş çakıllardan oluşan bu kırıntılı istif, yaklaşık 5 metre kalınlığa sahiptir (Şekil 4h).

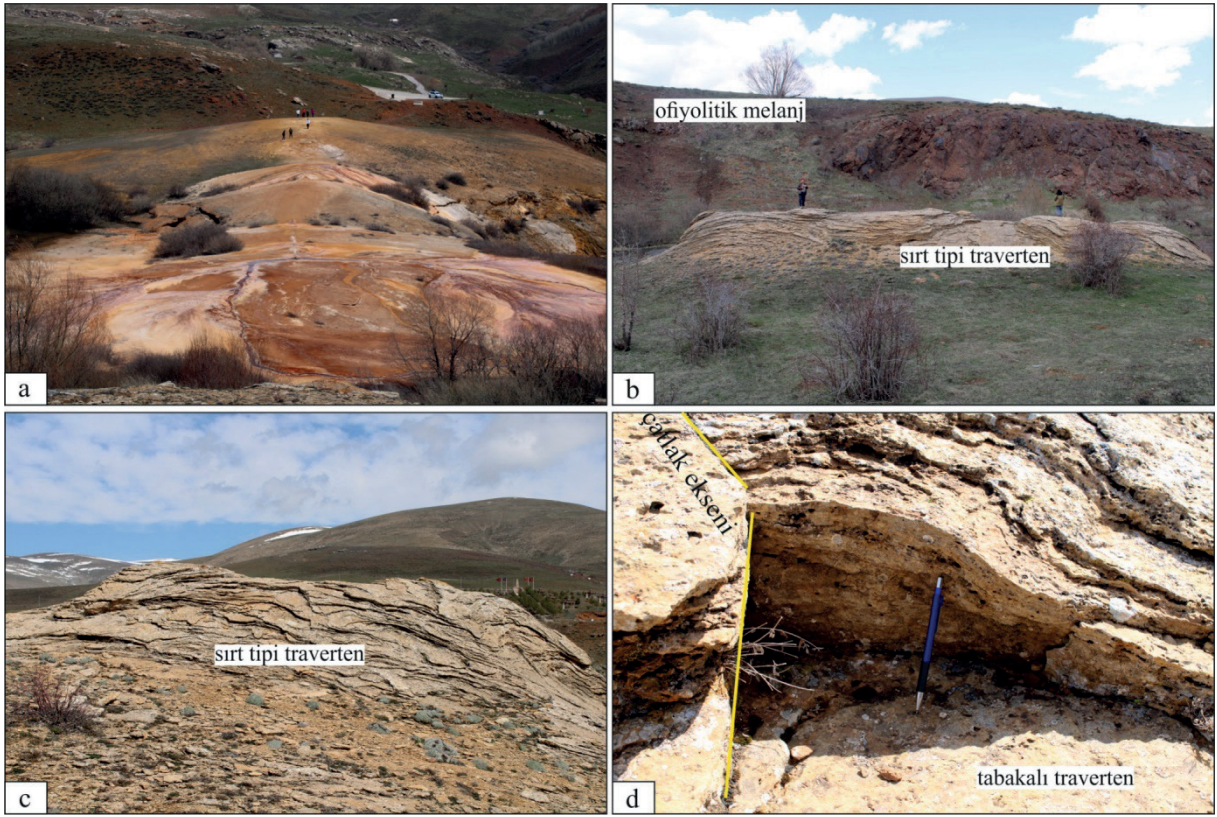
Sırt tipi travertenler

Sırt tipi travertenler, yeraltı sularının fay, çatlak gibi süreksizlikler boyunca yüzeye çıkmasıyla çökelen kalsiyum karbonatın (CaCO₃) zamanla birikerek, sırt şeklinde oluşturdukları bir depolanma morfolojisidir (Altunel ve Karabacak, 2005). Çatlak sırtlarının (*fissure ridges*), uzun eksenli boyunca uzanan ve tepe kısmında bir çatlağın (*fissure*) yer aldığı, elipsoid bu traverten kütleleri, tektonizma ile yakından bir ilişki içindedir (Atabey, 2002; Altunel ve Karabacak, 2005; Brogi ve Capezzuoli, 2009; Brogi vd., 2010, Mesci, 2013; Brogi vd., 2017; Sağlam Selçuk vd., 2017; Brogi vd., 2021, 2023; Ekizoğlu ve Mesci, 2025). Tektonizmanın aktif olduğu yerlerde, çatlaklardan yüzeye ulaşan sular ana çatlak ekseninin iki yanında daha fazla birikime

neden olurlar. Bazı araştırmacılara göre, iklim, yerçekimi ve morfolojik süreçler, bu çatlak sırtlarının oluşumunda birincil faktörler olarak kabul edilmişlerdir (De Filippis vd., 2012, 2013).

Bu yapılar genellikle, merkezdeki çatlağın iki yanında yer alan simetrik ya da asimetrik, tabakalı travertenlerden (*bedded travertine*) oluşmuş duvarlarla karakterizedir (Altunel ve Hancock, 1993a; Brogi vd., 2021). Çatlağın iç kısmı, sıklıkla sırtın uzun eksenine neredeyse paralel doğrultuda gelişmiş, kalsiyum karbonat (örneğin kalsit ve/veya aragonit) ile doldurulmuştur. Uzunlamasına gelişen bu düşey bantlı karbonat istifi 'bantlı traverten (*banded travertine*)' olarak adlandırılmıştır (Altunel ve Hancock, 1993b). Ülkemizde, Denizli Pamukkale, Kocabaş, Gölemezli ve Yenicekent (Altunel ve Karabacak, 2005; De Filippis vd., 2012; Özkul vd., 2013, Ekizoğlu ve Mesci, 2025), Manisa Cambazlı (Selim ve Yanık, 2009; Temiz ve Eikenberg, 2011), Kırşehir (Atabey, 2002; Temiz vd., 2009), Van Başkale (Sağlam Selçuk ve Zorer, 2017); Sivas Sıcak Çermik (Mesci, 2013) traverten çatlak sırtları belli başlı örneklerdir. Bunun yanısıra dünyada İtalya Rapolano Terme (Brogi ve Capezzuoli, 2009) ve Bagni San Filippo (Brogi vd., 2023), Amerika Yellowstone Milli Parkı Mammoth Kaplıcaları (Chafetz ve Guidry, 2003), Çin'deki Xiagei (Shangri-La) (You vd., 2023) traverten çatlak sırtları en göze çarpan örneklerdir.

Çalışma alanında toplam 15 adet traverten sırtı ölçülmüştür. Bu traverten sırtlarından en büyüğü, K70°D uzanımlı, yaklaşık 30 metre uzunluğa, 15 metre genişliğe ve 3 metre yüksekliğe sahip olup, çatlak sırtının tepe kısmındaki açıklık yaklaşık 1-1,5 cm arasında değişmektedir (Şekil 5a). Traverten sırtlarının doğrultuları, genel olarak KD-GB, KB-GD ve D-B gidişlidir. Bu sırtların kanat kısımları, kalınlıkları 3-5 cm arasında değişen yüzden fazla ince-orta tabakalı yatay traverten katmanlarından oluşmaktadır (Şekil 5b ve c).



Şekil 5. Çalışma alanında gözlenen traverten sırtlarının arazideki görünüşleri. **a)** Aktif (güncel) bir traverten sırtı, Fe içeriğinden dolayı arazide kırmızımsı kiremit rengi hakimdir (GB'dan KD'ya bakış); **b** ve **c)** aktif olmayan traverten sırtları (GB'dan KD'ya bakış); **d)** Çatlak ekseninin ve tabakalı traverten seviyelerinin yakından görünüşleri (GB'dan KD'ya bakış)

Figure 5. Field views of travertine ridges observed in the study area. **a)** An active (recent) travertine ridge, with a reddish brick color due to its Fe content (view from SW to NE); **b** and **c)** Inactive travertine ridges (view from SW to NE); **d)** Close-up views of the fracture axis and bedded travertine levels (view from SW to NE).

Traverten sırtlarındaki tabakalı travertenlerde, kristalin kabuk (*crystalline crust*) ve ince zarflar (*paper-thin rafts*) yaygın olarak görülmektedir (Şekil 5d). Mikro ve orta ölçekte teras yapıları belirgin olarak gözlenmektedir. Çatlak sırtının kanatlarında depolanma yüzeyinde eğim yönünde küçük traverten havuzcukları (mikro teraslar) oldukça belirgindir.

Yamaç tipi travertenleri

Yamaç tipi travertenler, eğimli arazi üzerinde gelişen, tabakalı ve teraslı yapılar sergileyen traverten çökelleridir (Guo ve Riding, 1998;

Pentecost, 2005; Fouke, 2011; Kele vd., 2011). Genellikle bir eğim boyunca aşağıya doğru akan karbonatça zengin sıcak suların çökmesiyle oluşurlar. Teraslar, küçük havuzlar ve çağlayanlar gibidir. Daha küçük ölçekte traverten havuzcukları (*terraces*) gözlenmektedir. Ülkemizde, Denizli Pamukkale'deki yamaç travertenlerinde gelişen teraslar ve havuzlar (Kele vd., 2011; Özkul vd., 2013; 2025), Antalya tufa terasları (Dipova ve Yıldırım, 2005; Koşun vd., 2005), Van Başkale Akçalı ve Dereiçi traverten teras ve havuzları (Polat, 2011; Sağlam Selçuk ve Zorer, 2017; Yeşilova, 2021) oldukça dikkat çekici bir güzelliğe

sahiptirler. Dünyada özellikle Macaristan'daki Egerszalók traverten terasları ve havuzları (Kele vd., 2008); Amerika Yellowstone Milli Parkı Mammoth Kaplıcalarındaki traverten havuzları (Chafetz ve Guidry, 2003), Hırvatistan'daki Plitvice tufa terasları ve şelaleleri (Golubić vd., 2008; Sironic vd., 2017; Ivković vd., 2020); İtalya'da Saturnia traverten havuzları (Ronchi ve Cruciani, 2015; Della Porta vd., 2022), Rapolano Terme (Guo ve Riding, 1998), Çin'deki Huanglong rengarenk traverten teras ve havuzları (Zhang vd., 2012; Gao vd., 2025) ve Jiuzhaigou (Li vd., 2014; Liu, 2017; Dong vd., 2023 Gao vd., 2025) başlıca yamaç tipi travertenlerdeki teras havuzlarına dikkat çekici örneklerdir.

Çalışma alanı içinde görülen yamaç travertenleri, aktif olmayan ve güncel oluşumlar olarak yüzlek vermektedirler (Şekil 6a, b ve 7). Bu tip travertenler, yakınsak (*proximal*) ve ıraksak (*distal*) yamaç fasiyesleri olarak arazide gözlenmektedir. Yakınsak traverten fasiyesinde yamaç eğiminin yüksek olmasından dolayı, birkaç cm boyutlarında traverten havuzcukları gelişmiştir (Şekil 6c ve e). Bu teras havuzcuklarının kenar (*rim*) kesimlerinde kristalin kabuk (*crystalline crust*) litotipi belirgin olarak gözlenirken havuzcuklarda pizolitik traverten, gaz kabarcıkları (*coated gas bubbles*), sal tipi (*paper-thin rafts*) traverten litotipleri görülmektedir (Şekil 6d). ıraksak traverten fasiyesinde eğimin giderek azalmasına bağlı olarak traverten havuzlarının boyutları 2-3 metreye kadar değişim göstermektedir.

Güncel traverten oluşumlarında eğiminin dik olduğu yerlerde şelale tipi traverten morfolojileri gözlenmektedir (Şekil 7a). Aktif olmayan ve güncel traverten oluşumları yamaç boyunca belirgin bir morfoloji sunmaktadırlar (Şekil 7b). Pamukkale Travertenleri'ne benzer beyaz renkli traverten birikimleri de yer yer yüzlek vermektedir (Şekil 7c).

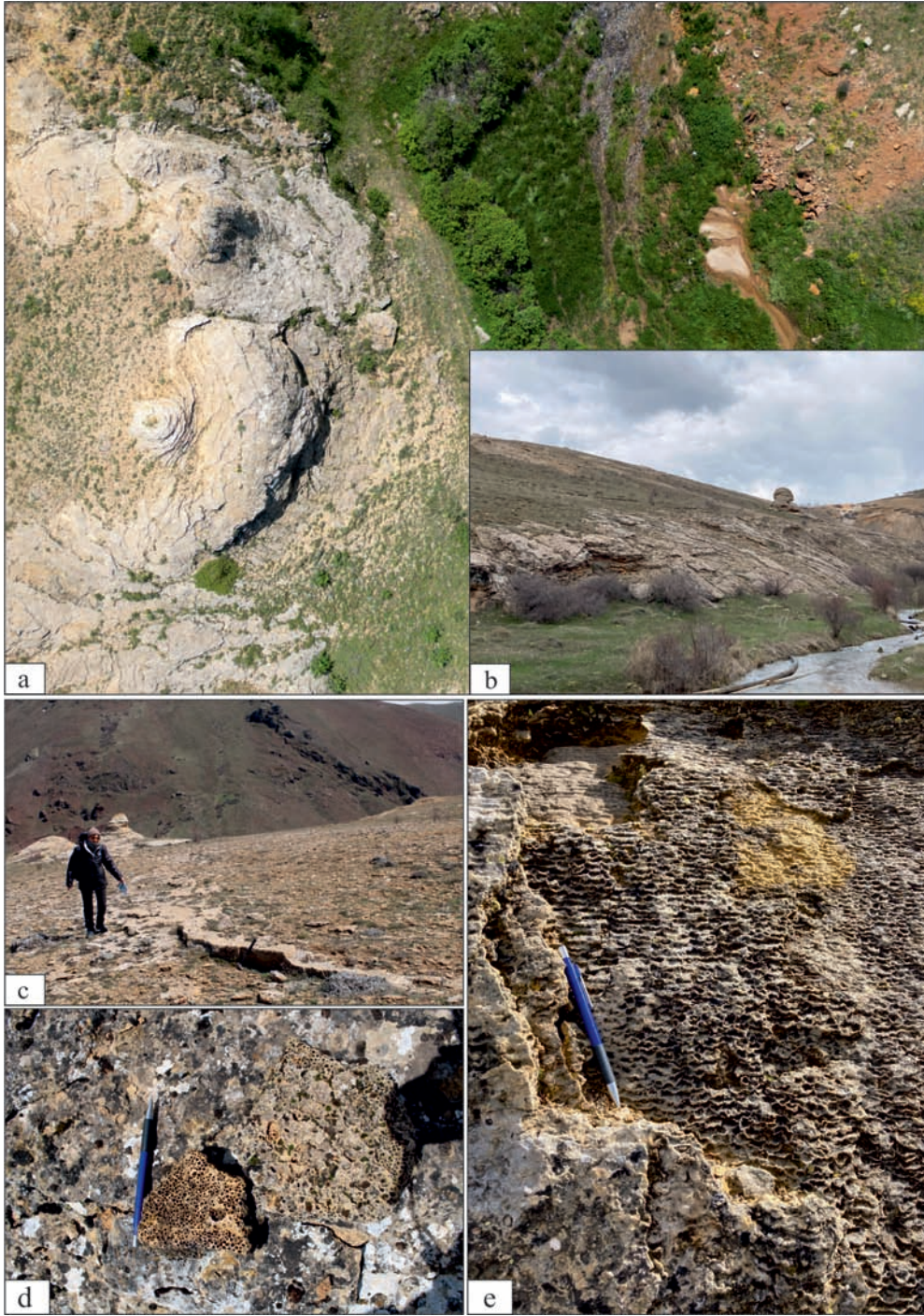
Petrografik incelemelerde kullanılan tip kesit traverten örneklerinden (OT-1, OT-2, OT-3)

kesilen dilimlerde (Şekil 8a ve b) laminalı yapılar ile koyu kahverengi zonlar halinde Fe-oksit/oksihidroksit kaynaklı ikincil dolgular belirgin olarak gözlenmektedir. Petrografik analizlerde, traverten örneklerinin tamamında ana mineral faz olarak kalsit gözlenmiştir (Şekil 8c-g). Kalsit, mikritik (ince taneli matris) ve sparitik dokular (iri kristalli dolgu) şeklinde olup, kristalleri ise genellikle anhedral-subhedral formda mozaik dokulu bir yapı göstermektedir (Şekil 8). Ayrıca Fe-oksit/oksihidroksitlerin yaygın olarak bazı travertenlerin boşluklarını da doldurduğu ince kesit çalışmalarında tespit edilmiştir (Şekil 8c-g). Bu dokusal özellikler, travertenin çökeltme ortamına ve ikincil mineralleşme süreçlerine işaret etmektedir. İnce kesitlerde gözlenen mikrit-sparit geçişleri ve boşluk dolguları, örneklerin büyüme dinamiklerini ve diyajenetik etkilerini yansıtmaktadır. Mikrokrystalin kuvars ve silisleşme ise lokal olarak mevcuttur.

Traverten örneklerinin (OT-1, OT-2 ve OT-3) X-Işınları difraksiyonu (XRD) desenlerinde traverten örneklerinin tamamında kalsit fazına ait karakteristik yansımalar belirlenmiştir (Şekil 9). Her ne kadar petrografik incelemelerde Fe-oksitlerin (oksihidroksit) varlığı gözlenmiş olsa da, bu fazların olasılıkla <%1 düzeyinde (Tunç vd., 2025) olması ve amorf yapıda olmaları nedeniyle XRD incelemelerinde görülmemiştir.

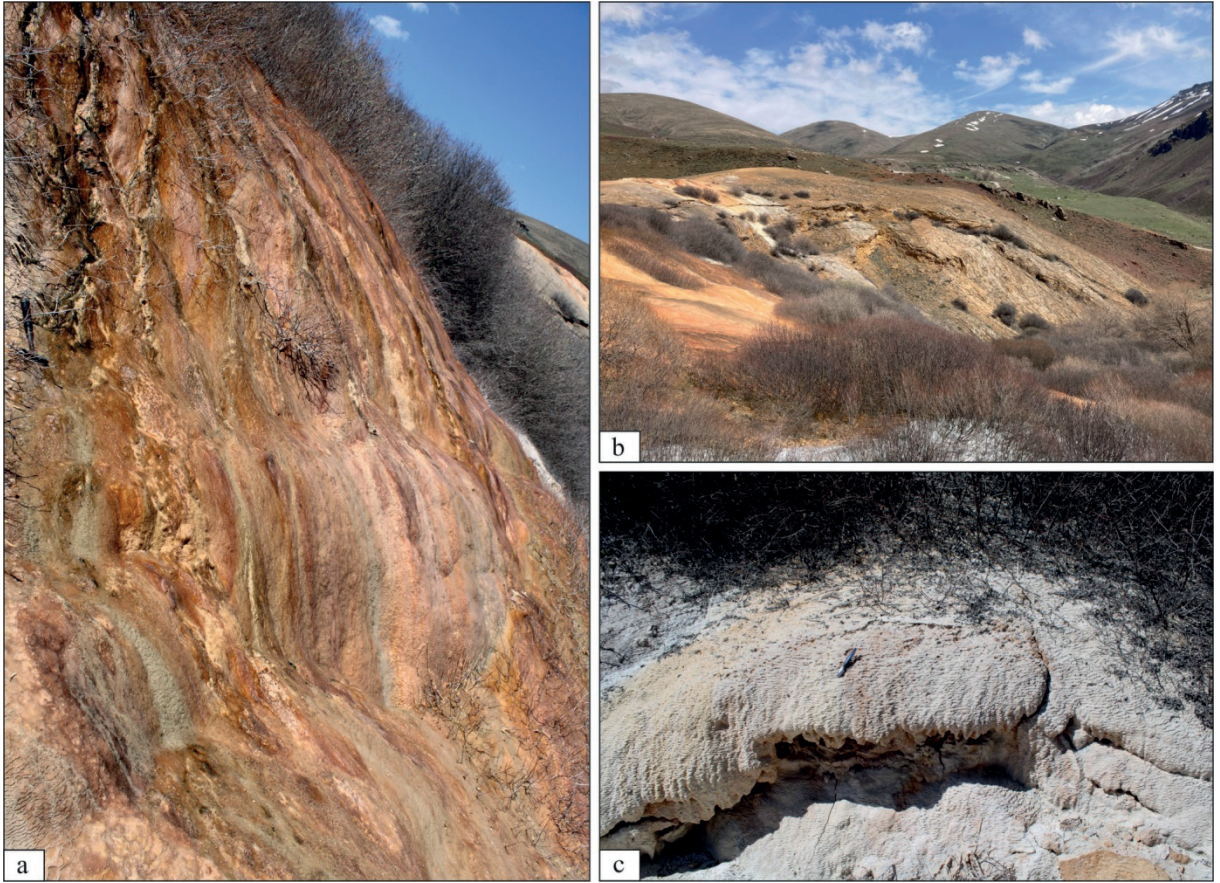
Karstik Oluşumlar

Karstik oluşum şekillerinden dolin, lapyra, sarkıt-dikit ve genç mağara-kovuk gibi yapılar inceleme alanında görülmektedir (Şekil 10a). Çalışma alanında kalsiyum karbonat çökeltimi ile eş zamanlı olarak karstlaşma başlamış ve çeşitli aşınım ve birikim şekilleri bu karasal karbonat çökelleri üzerinde gelişmiştir (Polat, 2018). Bu oluşumlar, kalın olmayan çökeller üzerinde ve yüzeyde gelişmesinden dolayı "sığ-yüzey karstı" (epikarst) olarak tanımlanabilirler (Hugget, 2011).



Şekil 6. **a)** Yamaç tipi travertenlerin dron görüntüsü; **b)** Yamaç tipi travertenlerin arazideki görünümü (GD'dan KB'ya bakış); **c)** Traverten havuzları ve traverten kenarı (*rim*) (GD'dan KB'ya bakış); **d** ve **e)** Traverten litotipleri; gaz kabarcıkları ve mikro teraslar

Figure 6. **a)** Drone view of slope-type travertines; **b)** Field observation of slope-type travertines (view from SE to NW); **c)** Travertine terrace and rims (view from SE to NW); **d** and **e)** Travertine lithotypes; gas bubbles and micro-terraces (*teracettes*).



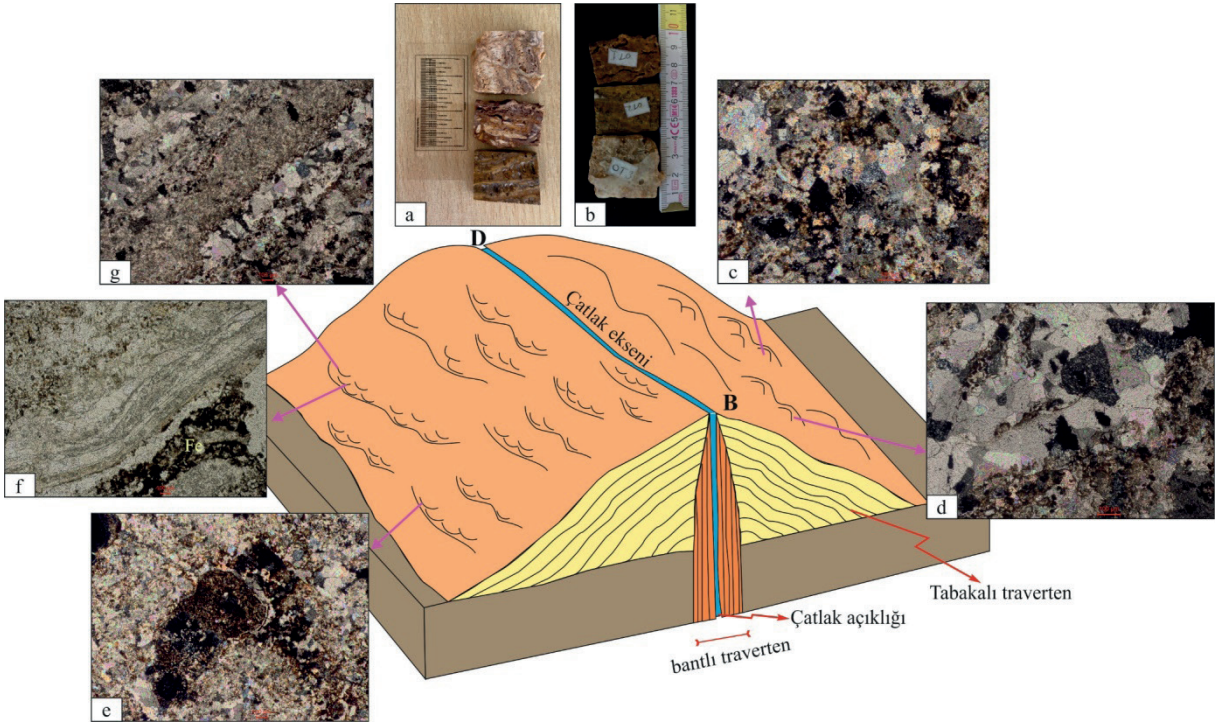
Şekil 7. a) Aktif şelale tipi traverten oluşumu (GD'dan KB'ya bakış); **b ve c)** Güncel yamaç tipi traverten gelişimi (GB'dan KD'ya bakış).

Figure 7. a) Active waterfall-type travertine formation (view from SE to NW); **b and c)** Current slope-type travertine development (view from SW to NE).

Karstik aşınım şekillerinden dolinler traverten birikiminin etkin olduğu alanın kuzey kesiminde belirgin olarak görülmektedir. Alanda üç adet dolin yapısı mevcuttur. Bu dolinler çözünmeye ve kütleli basınca bağlı çökme sonucu meydana gelmiş olup derinlikleri yaklaşık 3-4 m olarak ölçülmüştür (Polat, 2018).

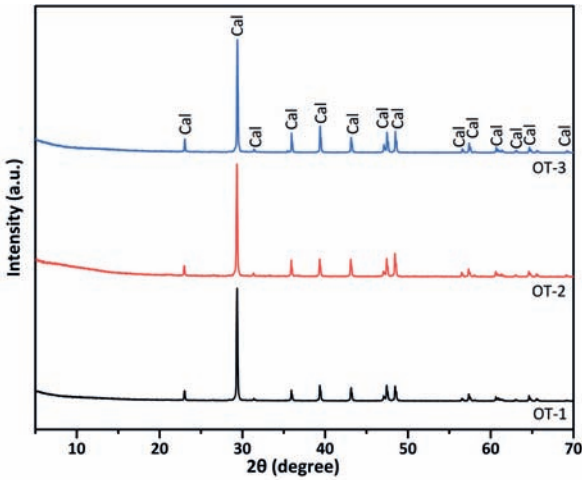
Çalışma alanında en yaygın karstik aşınım şeklini lapyalar oluşturmaktadır (Şekil 10a). Kar ve yağmur sularının karbonatlı kayaları çözmesi sonucunda oluşan ve derinliği 5-10 cm arasında değişen, oyuk, çukur ve kanal gibi oluşuklar (lapyalar) sahanın jeomorfolojik yapısını daha da

dikkat çekici hale getirmiştir (Şekil 10a). Ayrıca, inceleme alanındaki mikrobiyal faaliyetler, karbondioksit üretimini artırarak lapyalaşmayı hızlandırmaktadır. İnceleme alanında eğimin nispeten az olduğu yerlerde daha çok delik ve oyuk lapyalar kompleksleri gelişme imkânı bulmuştur. “Kamenitsa” olarak da adlandırılan bu özel oluşumlar alanın kuzeyinde belirgindir (Şekil 10b). Petek benzeri bir görünüme sahip olan bu oluşumlar çözünmenin devam etmesi nedeniyle birbiriyle birleşerek boyutları büyümektedir (Polat, 2018). Otlukbeli Gölü'nün kuzeydoğu kesiminde sınırlı bir alanda oluşumlarına devam etmektedir.



Şekil 8. a ve b) Otlukbeli sırt tipi travertenlerin yan kanat tabakalarından alınan ince kesit için hazırlanan kesitler ve c-g) ince kesit mikroskop görüntüleri.

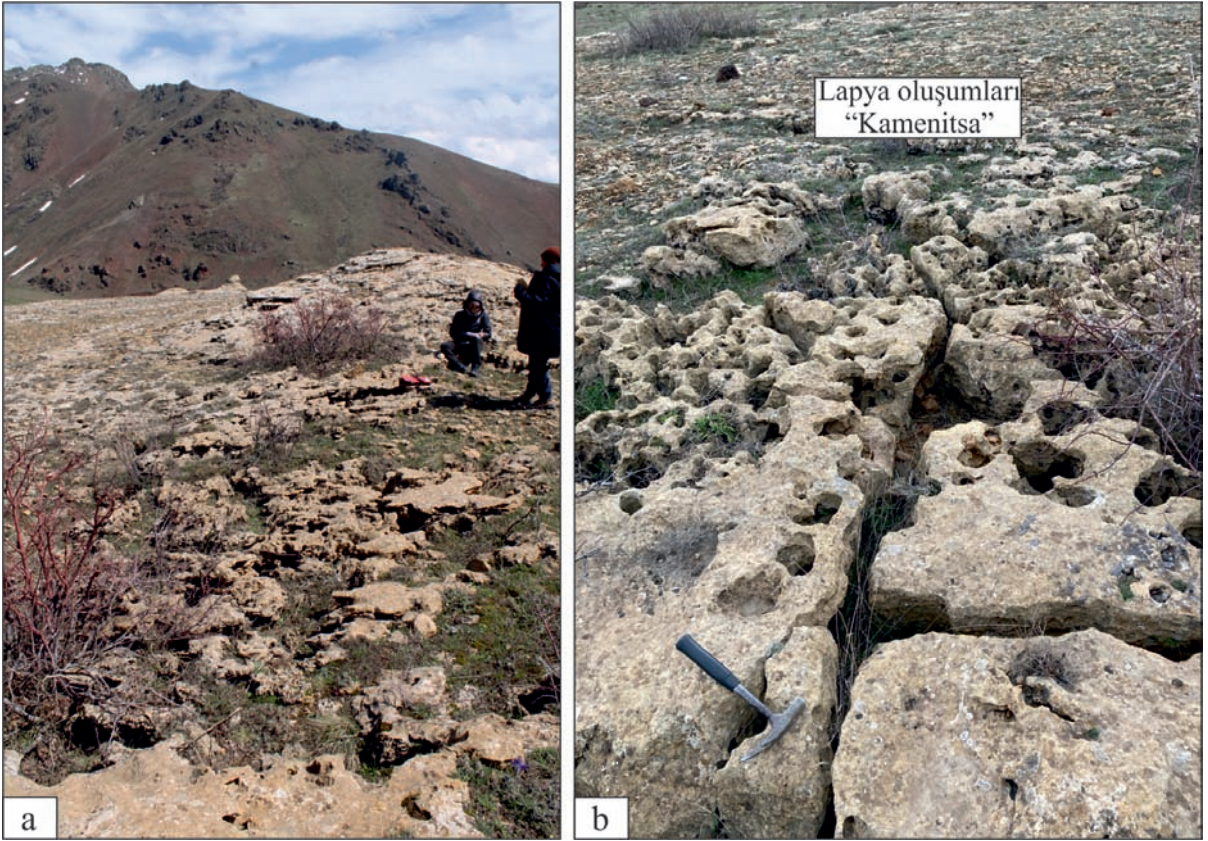
Figure 8. a and b) Samples prepared for thin sections from the side flank layers of Otlukbeli ridge-type travertines and c-g) microscope images of thin sections (cross-polarized).



Şekil 9. Traverten örnekleri OT-1, OT-2 ve OT-3'e ait XRD desenleri.

Figure 9. XRD patterns of travertine samples OT-1, OT-2 and OT-3.

Karlaşmanın devam ettiği çalışma alanında özellikle kalsiyum karbonatlı kayaların çözünmesi ile oluşan çözünme ve dolayısıyla birikme yapılarının oluşumu üzerinde bölgenin iklimsel özellikleri de oldukça önemlidir. Yılın uzun bir dönemine yayılan kış mevsimi ve kar örtüsünün yerde kalma süresi, karstik yapıların oluşumunu ve gelişimini kontrol eden önemli bir faktördür. Kar sularının eriyik halde uzun süre yüzeyde kalması ve bu bölgede etkin olan yağış karlaşmayı devamlı hale getiren unsurlardır. İnceleme alanında görülen karstik yapılar, karasal karbonatlı çökellerin bölgede fazla kalınlığa ve saflığa sahip olmamasından dolayı, yüzey karstı özelliği taşımaktadır. Çalışma alanında yer alan yüzey karstına örnek olabilecek oyuk lapyalı alanı, yağış suları ve bitki örtüsünün de etkisi ile doğal tahribata uğramış durumdadır (Şekil 10a ve b).



Şekil 10. a) Lapyaların çözünme çukurlukları içerisinde aşınan malzemenin birikimine bağlı olarak küçük kümeler halinde sığ toprak gelişimi (B'dan D'ya bakış). **b)** "Kamenitsa" olarak da adlandırılan oyuk-delik lapya kompleksleri. **Figure 10. a)** Development of shallow soils in small heaps due to the accumulation of eroded material within the dissolution depressions of lapias (view from W to E). **b)** Hollow-hole lapia complexes, also called "Kamenitsa".

KÜLTÜREL JEOLJİ

Çalışma alanı kültürel jeoloji açısından oldukça zengin bir alandır. Birçok Jeolojik/Jeomorfolojik miras ögesi yanında, bu ögelerle ilişkisi olan birçok kültürel varlık da söz konusudur. Yer yuvarının 4,6 milyar yıllık yaşam süresinin herhangi bir döneminde meydana gelmiş gerek oluşum gerekse bulunuş şekli ile ender bir doğal anıt görünümünde olan ve korunmaya alınması gereken bölge, kayaç, fosil, mineral ve yer şekilleri gibi oluşumlara "jeolojik miras" adı verilmektedir. Jeolojik miras ögeleri oluştukları dönemde meydana gelen tüm olayları bünyelerine kaydederler. Bu ögelerin yok olması bir jeolojik

olaya ait kanıtların tümüyle yok olması anlamına gelmektedir (Çiftçi ve Güngör, 2021). Jeolojik miras ögeleri toplumun doğayı anlama ve yorumlama yeteneğinin gelişmesi açısından da çok önemli roller üstlenmekte ve kesinlikle korunmaları gerekmektedir. Sonuç olarak, jeolojik miras ögeleri; yok olmaları durumunda buldukları bölgeye ait her türlü jeolojik bilgi ve belgenin kaybolacağı, nadir bulunan, yok olma tehdidi altındaki doğal miraslarımızdır (Wimbledon, 1996; Kazancı, 2010; Çiftçi ve Güngör, 2016, Kazancı ve Şaroğlu, 2009). Jeositler ise yer kabuğunun oluşumu veya evrimi sırasındaki bir olayı, bir süreci veya bir oluşumu ortaya koyan, kayaç-mineral-fosil topluluğu, istif,

yer şekli, jeolojik yapı, doku türünden, bilimsel belge niteliği olan, bu olaylardan herhangi birini en iyi şekilde temsil eden doğal alanlardır (Wimbledon, 1996; ProGEO Group, 1998; Çiftçi ve Güngör, 2021).

Jeolojik miras konusunda, son yirmi yılda hem araştırma hem de yönetim düzeyinde büyük ilerlemeler kaydedilmiştir (Reynard ve Brilha, 2018). 1991 yılında Fransa'nın Digne kentinde gerçekleştirilen sempozyumda ilk olarak jeolojik miras kavramı ortaya atılmış ve ardından da hızlı bir şekilde Jeopark çalışmalarına başlanmıştır. Özellikle jeoparkların ortaya çıkması ve tanınırlıklarının artmasıyla birlikte, jeolojik turlar ilk olarak jeoparklar içinde başlamış ve son yıllarda giderek daha geniş alanlara yayılmıştır (Avcı, 2025). Jeoparkların dünya ölçeğinde sayılarının artması ve bu alanlarda jeolojik gezilerin rağbet görmeye başlaması jeoturizm kavramının çıkmasına neden olmuştur. Jeoturizm, Jeoloji/Jeomorfoloji temalı öğrenme amaçlı ve bilgi temelli bir ekoturizm türüdür. Çiftçi ve Güngör (2021) Jeoturizm olgusunu "*öznesi jeolojik varlıklar olan turizm faaliyetleridir. Bilimsel, sosyal ve ekonomik amaçlara uygun olarak düzenlenmiş süreli out-door faaliyetleri ile doğa tanıtım faaliyetlerinin tamamı bu geniş kümenin içindedir*" şeklinde tanımlamayı uygun bulmuşlardır.

Jeolojik miras özelliği taşıyan jeositler ve jeomorfositler jeoturizmin doğal kaynaklarıdır ve bu kaynaklar turizmde sürdürülebilirliğin sağlanması açısından büyük bir öneme sahiptir. Sürdürülebilir jeoturizm anlayışına dayalı olarak jeosit ve jeomorfosit özelliği taşıyan alanlar hakkında daha fazla bilgi sahibi olabilmek için günümüzde daha çok araştırmalar yapılmakta ve jeolojik miras alanları her geçen gün artmaktadır (Hose vd., 2011).

Otlukbeli Traverten Set Gölü ve çevresi de bu anlamda oluşum ve görünüm açısından ender bir alan olmakla birlikte jeosit, jeolojik miras ve

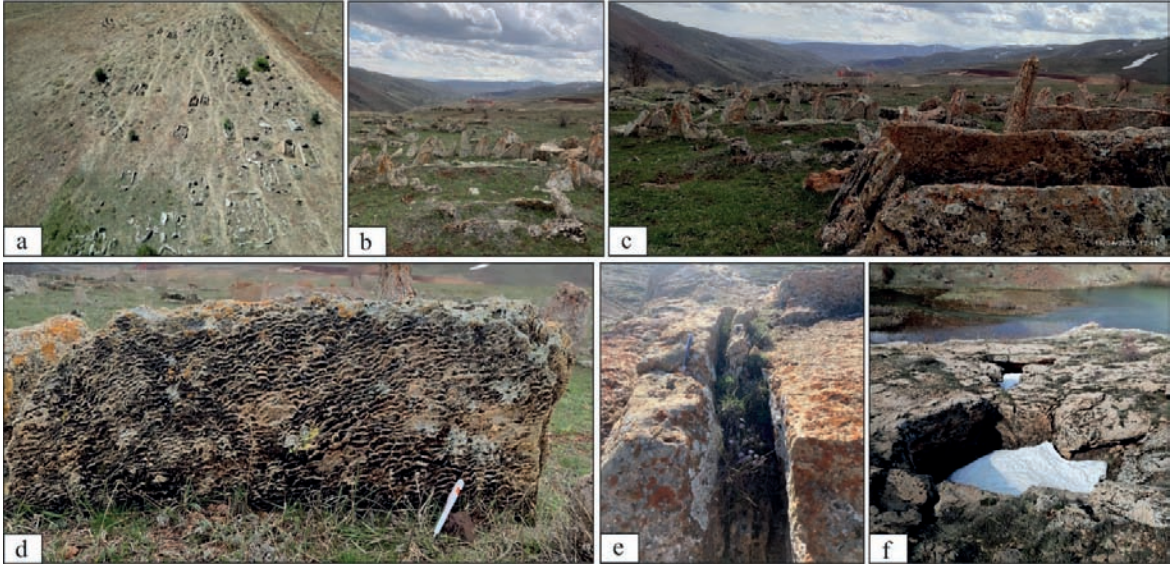
jeoturizm açısından yüksek potansiyele sahiptir. Bu öngörü ile Otlukbeli traverten set gölü, özgünlüğü dolayısıyla 15.04.1994 gün ve 612 Sayılı Erzurum Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kurulu kararı ile doğal sit alanı ilan edilerek koruma altına alınmıştır (Erzincan İl Kültür ve Turizm Müdürlüğü, 2007). Her geçen gün tanınırlığı ve ziyaretçi sayısı artan "Doğal Anıt" olarak nitelendirilen bu göl, jeoturizm açısından da çok önemli bir yere sahiptir. Hatta son zamanlarda göl alanı ile ilgili olarak yerel tanıtım kanalları "*siz hiç kırmızı göl gördünüz mü?*" sloganıyla etkili bir tanıtım süreci başlatmışlardır. İnceleme sahası ve yakın çevresinde çeşitli etkinlikleri (kamp, yürüyüş, fotoğrafçılık, bilimsel çalışmalar gibi) teşvik etmek amacı ile valilik, kaymakamlık ve üniversite işbirliği ile bir rekreasyon planlaması da gündemdedir.

Jeolojik miras, jeolojik evrimin uzun dönemleri boyunca doğal süreçler tarafından oluşturulan kaya, fosil ve arazi şekillerini tespit etme ve kayıt altına alma ile ilgili doğrudan ilişkili olsa da hiçbir zaman kültürel mirastan ayrı tutulmamıştır (Brockx ve Semeniuk, 2007; Pijet-Migoń ve Migoń, 2022). Kültürel miras açısından Otlukbeli, arkeolojik ve tarihî açıdan oldukça zengin bir mirasa sahiptir. 2001 yılında ilk ayrıntılı tarihî ve arkeolojik araştırmaların başladığı Otlukbeli'nde, 2014-2015 yıllarında yapılan çalışmalar, Otlukbeli'nin İlk Tunç Çağı'ndan itibaren yerleşim alanı olarak kullanıldığını ortaya koymuştur. Daha sonraki dönemlerde M.Ö. II. binde bölgenin Hayaşa-Azzi Krallığı'nın egemenliğinde olduğu bilinmektedir. Demir Çağı'nda bölgede yerleşimin devam ettiği ve açılan tarihî yollarla bölgenin öneminin daha da arttığı tarihî bir gerçekliktir. Bölgenin 1071 sonrası Müslüman konar-göçer Oğuz Türk boyları tarafından Türkleştirildiği de kanıtlanmıştır (Üngör ve Özgül, 2016). Otlukbeli tarihinde şüphesiz en bilindik olay, Osmanlı Devleti ile Akkoyunlu Devleti arasında 1473 Ağustos'unda meydana gelen Otlukbeli Savaşı'dır. Bu savaşın meydana

geldiği yer olarak bilinen Küçükotlukbeli'nde, savaş sonrası yapıldığı düşünülen mimari unsurlar ve mezarlar tespit edilmiştir (Şekil 11a, b, c ve d). Otlukbeli çevresinde yapılan çalışmalarda, bölgenin gelenekselleşmiş mezar mimarisini yansıtan mezarlıklar ve kaleler bulunmaktadır (Üngör ve Özgül, 2016). Özellikle çalışma alanında yer alan ve bir kısmının Otlukbeli Savaşı'nda hayatını kaybeden askerlere ait olduğu düşünülen mezarların yapımında bölgedeki travertenlerden kesilen bloklar kullanılmıştır (Şekil 11e ve f). Bu nedenle çalışma alanındaki travertenlerin Türkiye'deki Denizli Pamukkale Travertenleri'nin Hierapolis Antik Kenti'nde ya da İtalya Tivoli travertenlerinde oldukları gibi (Özkul, 2019; Özkul vd., 2024; Della Porta vd., 2017) büyük çaplı herhangi bir yapı malzemesi ya da ekonomik bir getiri unsuru olarak geçmişte ve günümüzde kullanılmaması, jeolojik ve kültürel mirasın

sürdürülebilirliği ve korunması açısından olumlu bir etken olarak düşünülmektedir. Sarp dağlar arasında kalan Otlukbeli'nin, son derece zengin bir tarihe ve kültür varlığına sahip olduğu da bir gerçektir.

Otlukbeli alanının zengin tarihe sahip olmasının en önemli kanıtlarından biri, Otlukbeli Savaşı Şehitler Anıtı'nın, tarihi kale ve mezar kalıntılarının varlığıdır (Şekil 11 ve 12). Bu tarihi kalıntılar, bölgenin turistik çekiciliğini manevi açıdan da önemli ölçüde desteklemektedir. Otlukbeli Gölü'nün yakınında görkemli bir silüet oluşturan Şehitlik Anıtı, tarihi savaşın 535. yıldönümünde 11 Ağustos 2008'de, dönemin kaymakamı Şefik Aygöl'ün teşvikiyle açılmıştır (Şekil 12). Osmanlı Padişahı Fatih Sultan Mehmed ve Akkoyunlu Hükümdarı Uzun Hasan'ın kabartmalarıyla dikkat çeken anıt, iki taraftan da şehit olan tüm askerlere adanmıştır.



Şekil 11. Otlukbeli Savaşı'na ait mezar anıtları; **a)** Otlukbeli Savaşı'nda ölen askerlere ait olduğu düşünülen mezar taşlarının dron ile havadan görünümü; **b** ve **c)** Otlukbeli Travertenlerinden kesilip yapılan bu mezar taşlarının toplu ve yakından görünümüleri (G'ye bakış); **d)** Mikro teras yapıları yamaç tipi travertenlerin mezar taşı olarak arazideki görünümü; **e** ve **f)** Otlukbeli Travertenlerin kesilip mezar taşı olarak kullanıldığı alanlar (K'ye bakış).

Figure 11. Tombstones from the Battle of Otlukbeli. **a)** Aerial view with a drone of tombstones thought to belong to soldiers who died in the Battle of Otlukbeli. **b** and **c)** Close-up views of these tombstones obtained from Otlukbeli Travertines (view to S); **d)** Field view of micro-terraced slope-type travertines as tombstones; **e** and **f)** Areas where Otlukbeli Travertines were cut and used as tombstones (view to N).



Şekil 12. a) Otlukbeli Savaşı Şehitler Anıt Mezarlığı'nın ve karşısındaki plato üzerindeki traverten konilerinin arazideki görünümü (K'ye bakış); **b)** Şehitler Anıtı, traverten set gölü ve güncel traverten oluşumlarının görünümü (GD'ya bakış); **c)** Otlukbeli Şehitler Anıtı'nın yakından görünümü (K'ye bakış).

Figure 12. a) Field view of the Otlukbeli War Martyrs' Memorial Cemetery and the travertine cones on the plateau (view to N); **b)** View of the Martyrs' Memorial Cemetery, the travertine lake, and active travertine precipitations (view to SE); **c)** Close-up view of the Otlukbeli Martyrs' Memorial (view to N).

Ayrıca Otlukbeli Travertenlerinin doğu alanında bulunan Çilehanı Tepe'sinde yer alan Çilehane'nin varlığı da kültürel miras açısından önemli bir öğedir. Çilehane çeşitli inanışlarda farklı biçimlerde kabul görmüş bir kavram olmakla birlikte inziva ya da her tür zorluklara dayanılan, günahların af olması için bir süre içerisinde zaman geçirilen küçük oda benzeri yapılara verilen isimdir. Çilehane olarak adlandırılan yığma taş

yapılar, yükseklikleri yaklaşık birkaç metreyi bulan iglo tipi odacıklardır (Şekil 13). Çilehanı Tepesi zirvesinde yaklaşık 300 m²'lik bir alana yayılan bu üst üste dizilmiş taşlardan oluşmuş yapılar (Şekil 13), yöre halkı tarafından kutsal sayılmakta olup, çeşitli efsanelere de konu olmuşlardır. Üzerlerine atfedilen kutsiyetleri sebebi ile de kimsenin zarar vermediği bu yapılar, bozulmadan varlıklarını günümüze kadar sürdürmüşlerdir.



Şekil 13. a ve b) Yöre halkı tarafından kutsal sayılan “Çilehane” iglo taş yığma odalarının görünümü (B’ya bakış).
Figure 13. a and b) View of the stone rooms “Çilehane” igloo, considered sacred by the local people (view to W).

TARTIŞMA ve SONUÇLAR

Kuzey Anadolu Fay Zonu üzerinde KB-GD uzanımlı traverten sırtlarının varlığı, yapılan önceki çalışmalarda belirtilmiştir (Mesci vd., 2020). Ayrıca Doğu Anadolu Fay Zonu’nu oluşturan segmentlerden biri olan Ilıca segmentinin aktivitesine bağlı genişleme alanında traverten çökelleri de önceki çalışmalarda tanımlanmıştır (Çolak ve Aksoy, 2025). Otlukbeli Travertenleri de bölgedeki etkin tektonizma sonucunda farklı doğrultularda gelişen (KD-GB, KB-GD ve D-B) kırık-çatlaklara bağlı olarak yüzeye çıkan CaCO_3 bakımında zengin mineralli sular tarafından oluşturulmuş karasal karbonat istifleridir.

Güncel traverten oluşumları, zengin Fe ve S içeriğine sahip suların eğim boyunca yüzeyde akmasından dolayı oluşan kırmızı renk ile bu platoyu bir ağ şeklinde kaplamaktadır. Aktif olmayan traverten oluşumları, sırt, koni ve yamaç tipi travertenler olarak belirgin jeomorfolojik bir yapı sunmaktadır. Farklı morfolojilerde ve litotiplerde çökelen bu travertenler, jeolojik miras potansiyeli açısından önemlidirler. Ülkemizde ve dünyada jeolojik miras kapsamında değerlendirilen bu karasal karbonatlar, önemli turizm ve kültürel miras kaynaklarıdır ve insanlığa büyük sosyoekonomik faydalar sağlamaktadırlar (Dong vd., 2023). Bu tür alanlar, hem doğal

laboratuvarlar olarak geçmiş çevresel koşulların çözümlenmesine katkı sağlamakta hem de jeoturizm ve sürdürülebilir koruma açısından önemli bir potansiyel sunmaktadır.

Jeosit, jeolojik veya jeomorfolojik bir oluşumun birden fazla jeolojik miras unsuru arasında en iyi şekilde temsil edildiği bir yeri ifade etmektedir (ProGeo Group, 1998; Çiftçi ve Güngör, 2016; Güngör ve Angı, 2021). Bu çerçevede, Otlukbeli Travertenleri, kendine özgü traverten oluşumları, tektonizmanın etkisi ve olağanüstü görsel çekiciliği nedeniyle jeolojik miras alanı, jeosit ve önemli bir jeoturizm destinasyonu olarak nitelendirilebilir. ProGeo sınıflandırma sistemine göre (ProGeo Group, 1998), Otlukbeli Travertenleri 10 farklı jeosit grubu içinde 4 ayrı kategori (B, E, F ve J) içerisinde karşılık bulmaktadır (Çizelge 2). Bu durum, Otlukbeli Travertenlerini jeolojik miras açısından önemli kılmaktadır.

Ülkemizde Otlukbeli Travertenleri’ne benzer karbonat birikimlerine örnek olarak, UNESCO’nun Dünya Mirası Listesinde yer alan ve ayrıca 2022 yılında Uluslararası Yerbilimleri Birliği (IUGS)’nin belirlediği Dünya’nın İlk 100 Jeolojik Miras Alanı listesine de kabul edilen Pamukkale’de yer alan “Doğal Sit-Sürdürülebilir Koruma ve Kontrollü Kullanım Alanı” olarak

tescil edilen Denizli Karahayıt Kırmızı Su Travertenleri verilebilir (Özkul vd., 2025). Ancak Otlukbeli Travertenleri ve traverten set gölü, oluşumu, gelişimi ve güncel durumu itibarıyla kendine özgü bir yapıya sahiptir.

Çizelge 2. ProGeo Group-98'in jeosit sınıflandırması (<https://www.progeo.ngo>).

Table 2. Geosite classification of ProGeo Group-98 (<https://www.progeo.ngo>).

Jeosit Sınıf Numarası	Jeosit Sınıfı (*)
(A)	Stratigrafik
(B)	Ortamsal
(C)	Volkanik-metamorfik-tortul petroloji, dokular ve yapılar, olaylar ve provenşler
(D)	Mineralojik, ekonomik
(E)	Yapısal
(F)	Jeomorfolojik yapılar, aşınma-depolanma süreçleri, yer şekilleri, arazi görünümleri
(G)	Göktaşına ilişkin olaylar
(H)	Kıta ve okyanus ölçeğindeki olaylar, levha ilişkileri
(I)	Deniz altı
(J)	Tarihi ve kültürel

(*) ProGEO tarafından önerilen sınıflama sisteminde kullanılan ayırmadır (ProGEO Group, 1998).

Otlukbeli traverten set gölü, bölge ve ülkemiz için tek örnek olup, kapladığı alanın fazla yer tutmamasına karşın, oluşumunun ender olması bakımından ülkemizin keşfedilen ilk ve tek önemli traverten set gölüdür (Akkan ve Tuncel, 1990). Otlukbeli gölü ve çevresinde var olan bu değerlerin tanıtılması, jeoturizm açısından önemli olup; yerinde sürdürülebilir bir kalkınmaya hizmet edeceği aşikârdır.

Otlukbeli Travertenlerinin doğal güzelliği ve çevresinin tarihi ve kültürel geçmişi, çeşitli turizm faaliyetleri için benzersiz bir potansiyel sunmaktadır. Ancak, jeoturizm girişimleri arttıkça,

Otlukbeli Travertenleri gibi önemli bilimsel ve estetik değere sahip doğal anıtların yerel topluluklarla yakın iş birliği yoluyla titizlikle korunmasını sağlamak büyük önem taşımaktadır.

Çalışma alanı içerisinde yer alan Otlukbeli-Bayburt karayolu, gölün oldukça yakınından geçmektedir. Gölün, Ağnene Deresi vadisinin yoldan görünmeyen kısmında konumlanmış olmasından dolayı, yol güzergahından gölü görmek mümkün değildir. Bu durum, gölün tanınırlığını kısıtlamaktadır. Hiç şüphesiz ki, gölün Türkiye'nin önemli gidilecek yer (destinasyon) envanterine kaydedilmesi ve tanıtımının yapılması; sürdürülebilir yerel kalkınma için yöre halkı adına ekonomik anlamda fayda sağlayacaktır. Ancak diğer taraftan göl alanında güncel traverten gelişimi devam ettiği için alanda gerçekleştirilecek olan turizm faaliyetlerinin de hassasiyetle yapılması gerekmektedir. Bu nadir güzellikteki doğal oluşumların korunması konusunda tam anlamıyla kapsamlı bir çalışma bulunmamaktadır. Travertenlerin yüzeyine elle dokunulması bile henüz pekişmemiş yüksek hassasiyete sahip çökellerin yüzeyinde dokusal bozulmalara sebep olabilmektedir. Bu nedenle, göl alanına gelen ziyaretçiler güncel travertenler üzerinde gezdikleri zaman travertenler geri dönüşü olmayacak biçimde tahrip olmaktadır. Jeolojik miras alanları, hassas jeolojik ortamlarda bulunan eşsiz ve kırılgan alanlar olmalarından dolayı, varlıklarını koruyabilmek ve değerlerini artırmak için koruyucu ve bilimsel önlemler uygulanmalıdır. Bu alanın doğru bir şekilde korunabilmesi için bazı öneriler aşağıda maddeler halinde verilmiştir:

1. Traverten alanına girişlerde bu karasal karbonat oluşumları hakkında bilgilendirici tanıtım levhaları bulunmalı, aktif traverten oluşumunun devam ettiği yerlere ziyaretçi girişi engellenmelidir (Akpınar, 2016; Polat, 2018; Polat ve Kopar, 2023).
2. Göl ve traverten çevresindeki doğal güzellikleri yakından görebilmek, bilimsel

incelemelere imkan sağlamak için uygun yerlere ahşap gözlem platformları ve/veya seyir alanları yapılması traverten alanında tahribatı azaltacaktır. Fakat bu gözlem teraslarının/platformlarının planlanmasında dikkat edilecek en önemli husus, ahşap yapıların konumlandırılacağı noktaların hassas alan dışında belirlenmesi ve inşaları sırasında travertenler üzerinde herhangi bir tahrip edici müdahalenin yapılmamasıdır.

3. Otlukbeli Gölü ve çevresi, arkeolojik ve tarihî açıdan da oldukça zengin bir alandır. Tüm bu doğal ve tarihi zenginlikler, bölgenin korunması gerekliliğini kaçınılmaz kılarken turizm potansiyelini daha da artırmaktadır. Bu durum avantaj gibi görünse de maalesef bazı ziyaretçilerin travertenler üzerinde çeşitli tahribatları olabilmektedir. Acilen tüm bu olumsuz durumları kontrol altına alacak önlemler alınmalıdır.
4. Doğu Anadolu'da önemli ulaşım hatlarından biri olan ve yapımı devam eden Otlukbeli-Bayburt karayolu güzergahından Otlukbeli Gölü'nün ve tarihi alanın görselliğini ve cazibesini arttıracak tanıtım tabelaları ve/veya panoramik panolar tasarlanmalıdır.
5. Otlukbeli Travertenlerinin Türkiye'nin jeolojik ve kültürel mirasının bir bileşeni olarak değerlendirilerek, jeoturizm girişimlerine dahil edilebilmesi için bölgede daha fazla disiplinlerarası araştırma yapılması, sonuçlarının sistematik olarak belgelenmesi ve bilimsel literatüre kazandırılması önerilmektedir.

EXTENDED SUMMARY

Travertine formations are widespread in Türkiye, associated with mineral-rich springs, fault zones, and favourable topography. Among these, the Otlukbeli area hosts a particularly remarkable assemblage of travertine features, including cones

and fissure ridges, as well as what is described as the only known travertine barrier lake (traverten set gölü) in Türkiye. This area combines active geology, geomorphology, hydrology, and cultural history in a way that makes it of high scientific, ecological, and heritage interest.

The Otlukbeli Travertines (Erzincan) constitute a thick sequence of terrestrial carbonate deposits, reaching approximately 40 m in thickness, and forming a plateau-like morphology. These deposits have developed through the accumulation of mineral-rich waters containing Ca, Fe, and S, which reach the surface along fractures and cracks predominantly oriented in NE-SW and E-W directions, controlled by the active tectonic regime of Eastern Anatolia. The travertines are surrounded by basement rocks which mostly composed of ophiolitic mélangé.

In this study, the geological, sedimentological and geomorphological features of the Otlukbeli Travertines were investigated, and the importance of this unique terrestrial carbonate deposition in terms of geological and cultural heritage was revealed.

For this goal, all travertine fissure ridges on the Otlukbeli Plateau were individually measured, and the cones were examined. A total of more than 60 travertine cones and 15 travertine ridges were studied in detail. All measured travertine cones and fissure ridges were evaluated within a geographic information system (GIS); the geomorphological and geological features of the travertines were mapped at high resolution, and the analyses, including both field and laboratory studies, were conducted using an integrated approach. Sampling was carried out on three samples from levels of ridge-type travertines with different lithotypes.

Inactive travertine formations in the region occur in a variety of morphological types, such as cones, ridges, and slopes, distributed widely across the plateau, whereas active travertine

deposition is currently concentrated on the slopes. The temperature of the actively discharging waters averages 17 °C, and the pH is approximately 6. Owing to the high Fe content of these waters, the active travertine ridges exhibit a distinctive red to brownish-red coloration, producing a striking visual appearance.

Moreover, in the studied area where the slope is relatively gentle, karstic occurrences such as lapias have developed. These distinctive morphological structures, also known as “Kamenitsa”, are prominent in the northern part of the investigated area. These honeycomb-like formations are merging and increasing in size due to continued dissolution.

In addition, the travertine barrier lake located within the study area holds considerable significance due to its striking visual appeal and its role as a popular destination visited by hundreds of people each year. This lake and its surroundings represent a rare geological occurrence in terms of both origin and appearance, and exhibit high potential as a geosite, geoheritage asset, and geotourism destination. In line with this recognition, the lake has been designated as a natural protected area by the decision of the Erzurum Regional Board for the Protection of Cultural and Natural Assets, due to its uniqueness.

The Otlukbeli area also has historical significance (notably, the Battle of Otlukbeli, 1473). Thus, the travertine landscape interacts with cultural memory and identity.

This study has demonstrated that the Otlukbeli Travertines, with their striking natural beauty and the region’s rich historical and cultural background, possess significant value not only for the scientific community but also for fostering sustainable impact at both local and global scales. The promotion of these unique features (particularly Otlukbeli Lake and its surroundings) is of considerable importance for geotourism and is evidently aligned with the principles of sustainable local development.

In order to evaluate the Otlukbeli Travertines and its surroundings as a component of Türkiye’s geological and cultural heritage and to incorporate them into geotourism initiatives, it is essential to conduct further multidisciplinary research in the region and to ensure that the outcomes are systematically documented and integrated into the scientific literature.

KATKI BELİRTME

Yazarlar, Otlukbeli ve çevresindeki saha araştırmaları sırasında gerekli tüm desteği gösteren Erzincan Valiliği’ne, Otlukbeli Kaymakamı Sayın İbrahim GÖKÇE’ye ve Erzincan İl Kültür ve Turizm Müdürlüğü’ne teşekkürlerini sunarlar. Ayrıca yazarlar, Türkiye’nin potansiyel Jeositleri ve Jeoturizm konularındaki deneyimleriyle makaleye katkıda bulunan Yıldırım Güngör’e teşekkürü bir borç bilirler.

ORCID

Yakup Çelik  <https://orcid.org/0000-0002-2150-852X>

Ezher Tagliasacchi  <https://orcid.org/0000-0002-1774-5012>

Mehmet Akif Taş  <https://orcid.org/0000-0003-3543-037X>

Pınar Polat  <https://orcid.org/0000-0001-5846-0454>

KAYNAKLAR / REFERENCES

- Ağar, Ü. (1977). *Demirözü (Bayburt) ve Köse (Gümüşhane) Bölgesinin Jeolojisi* [Doktora Tezi]. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon.
- Akdeniz, N., Şahintürk, Ö. ve Yakar, H. (1997). Pulur Bölgesinin Stratigrafisi ve Tektoniği (Bayburt-Doğu Pontidler). *Bulletin of the Mineral Research and Exploration (Maden Tetkik Arama Dergisi)*, 119, 1-22.
- Akkan, E. ve Tuncel, M. (1990). Bilinmeyen Bir Doğal Anıt: Otlukbeli Gölü. *Coğrafya Araştırmaları (Atatürk Kültür, Dil ve Tarih Yüksek Kurumu, Coğrafya Bilim ve Uygulama Kolu Yayını)*, 2(2), 99-116.
- https://tucaum.ankara.edu.tr/wp-content/uploads/sites/280/2015/08/cadata2_4.pdf

- Akpınar, E. (2016). Otlukbeli Gölü'nün Rekreasyon Potansiyeli. *Akra Kültür Sanat ve Edebiyat Dergisi*, 9, 127-134.
- Akpınar, Z., Gürsoy, H., Tatar, O., Büyüksaraç, A., Koçbulut, F. & Piper, J. D. A. (2016). Geophysical analysis of fault geometry and volcanic activity in the Erzincan Basin, Central Turkey: Complex evolution of a mature pull-apart basin. *Journal of Asian Earth Sciences*, 116, 97-114. <https://doi.org/10.1016/j.jseaes.2015.11.005>
- Aktimur, H. T., Turşucu, A., Mutlu, G., Yurdakul, M. E., Sariaslan, M., Keçer, M., Ölçer, S., Aktimur, S. ve Yıldırım, T. (1995). *Erzincan Dolayı'nın jeolojisi* (Rapor No: 9792). MTA Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Altunel, E. & D'Andria, F. (2019). Pamukkale travertines: A natural and cultural monument in the World Heritage List. In: Kuzucuoğlu, C., Çiner, A., Kazancı, N. (Eds.), *Landscapes and Landforms of Turkey* (p.:219–229). Springer: Cham, Switzerland. https://doi.org/10.1007/978-3-030-03515-0_8
- Altunel, E. & Hancock, P. L. (1993a). Active fissuring and faulting in Quaternary travertine at Pamukkale, western Turkey. *Zeitschrift für Geomorphologie Supplementband*, 94, 285–302.
- Altunel, E. & Hancock, P.L. (1993b). Morphology of travertines in the Pamukkale region. *Geological Journal*, 28(3–4), 335–346. <https://doi.org/10.1002/gj.3350280312>
- 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>
- Arenas-Abad, C., Vázquez-Urbez, M., Pardo-Tirapu, G. & Sancho-Marcén, C. (2010). Fluvial and associated carbonate deposits. In Alonso-Zarza, A.M., Tanner, L. H. (Eds.), *Carbonates in Continental Settings. Facies, Environments and Processes, Developments in Sedimentology*, 61, 133-175. [https://doi.org/10.1016/S0070-4571\(09\)06103-2](https://doi.org/10.1016/S0070-4571(09)06103-2)
- Aslan, Z. (1998). *Saraycık-Sarıhan Granitoidleri (Bayburt) ve Çevre Kayaçlarının Petroğrafisi, Jeokimyası ve Petrolojisiyle, Sarıhan Granitoidinin Jeokronolojik İncelenmesi* [Doktora Tezi]. Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Atabey, E. (2002). The formation of fissure ridge type laminated travertine-tufa deposits: Microscopical characteristics and diagenesis, Kırşehir, Central Anatolia. *Mineral Research and Exploration Bulletin*, 123–124, 59–65.
- Avcı, V. (2025). İzlanda'nın Jeolojik miras Potansiyeline Bazı Örnekler. *Current Perspectives in Social Sciences*, 29(2), 329-352. <https://doi.org/10.53487/atasobed.1621087>
- Bozkuş, C. ve Yılmaz, Ö. (1993). Tercan (Erzincan)–Aşkale (Erzurum) arasındaki tektoniği. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 36(2) 189–201. https://www.jmo.org.tr/resimler/ekler/78d5691c824ee2a_ek.pdf
- Brockx, M. & Semeniuk, V. (2007). Geoheritage and geoconservation—History, definition, scope and scale. *Journal of the Royal Society of Western Australia* 90, 53-87. <https://www.rswa.org.au/wp-content/uploads/2023/10/volume90part253-871.pdf>
- Brogi, 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*, 98, 931–947. <https://doi.org/10.1007/s00531-007-0290-z>
- Brogi, A., Capezzuoli, E., Aquè, 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, 1383–1398. <https://doi.org/10.1007/s00531-009-0456-y>
- Brogi, A., Capezzuoli, E., Kele, S., Baykara, M. O. & Shen, C.C. (2017). Key travertine tectofacies for neotectonics and palaeoseismicity reconstruction: effects of hydrothermal overpressured fluid injection. *Journal of the Geological Society*, 174(4), 679–699. <https://doi.org/10.1144/jgs2016-124>
- Brogi, A., Capezzuoli, E., Karabacak, V., Alcicek, M. C. & Luo, L. (2021). Fissure Ridges: A Reappraisal of Faulting and Travertine Deposition (Travitonics). *Geosciences*, 11(7), 278. <https://doi.org/10.3390/geosciences11070278>

- Broggi, A., Luo, L., Fabbrini, L., Pagano, G., Tuccimei, P., Soligo, M. & Capezzuoli, E. (2023). Tectonic control of thermal springs, gas vents and travertine deposition in Bagni di San Filippo and Campiglia d'Orcia area (Monte Amiata Volcano-Geothermal area, Italy). *Italian Journal of Geosciences*, 142(3), 318–338. <https://doi.org/10.3301/IJG.2023.17>
- Capezzuoli, E., Gandin, A. & Pedley, 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>
- Capezzuoli, E., Della Porta, G., Rogerson, M. & Tagliasacchi, E. (2022). Non-marine carbonates: Wherefore art thou?. *The Depositional Record*, 8(1), 4-8. <https://doi.org/10.1002/dep2.170>
- Chafetz, H. S. & Folk, R. L. (1984). Travertines: Depositional morphology and the bacterially constructed constituents. *Journal of Sedimentary Research*, 54(1), 289–316. <https://doi.org/10.1306/212F8404-2B24-11D7-8648000102C1865D>
- Chafetz, H. S. & Guidry, S.A. (2003). Deposition and diagenesis of Mammoth HotSprings travertine, Yellowstone National Park, Wyoming, U.S.A. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 40(11), 1515–1529. <https://doi.org/10.1139/e03-051>
- Çelik, Y. & Tagliasacchi, E. (2025). Gürlevik Tufa Waterfall: Facies Characteristics, Depositional Systems and Geoheritage Potential (Erzincan, East Anatolia). *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 68(2), 205-224. <https://doi.org/10.25288/tjb.1646179>
- Çiftçi, Y. & Güngör, Y. (2016). Proposals for the Standard Presentation of Elements of Natural and Cultural Heritage within the Scope of Geopark Projects. *Bulletin of the Mineral Research and Exploration (Maden Tetkik Arama Dergisi)*, 153, 223-238. <https://doi.org/10.19111/bmre.80846>
- Çiftçi, Y. ve Güngör, Y. (2021). Nemrut-Süphan öneri jeopark alanında (Bitlis-Türkiye) doğal ve kültürel miras bütünleşmesi ile jeokoruma önerileri. *Bulletin of the Mineral Research and Exploration (Maden Tetkik Arama Dergisi)*, 165, 191-215. <https://doi.org/10.19111/bulletinofmre.860092>
- Çolak Erol, S. & Aksoy, E. (2025). An Example of Travertine Formations in the Ilıca Segment of the Eastern Anatolian Fault Zone: Elmalı (Bingöl) Travertine. *Turkish Journal of Science and Technology*, 20(2), 483-493. <https://doi.org/10.55525/tjst.1680618>
- De Filippis, L., Faccenna, C., Billi, A., Anzalone, E., Brilli, M., Ozkul, M., Soligo, M., Tuccimei, P. & Villa, I.M. (2012). Growth of fissure ridge travertines from geothermal springs of Denizli Basin, western Turkey. *Geological Society of America Bulletin*, 124(9–10), 1629–1645. <https://doi.org/10.1130/B30606.1>
- De Filippis, L., 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, palaeoclimate, and tectonics. *Earth-Science Reviews*, 123, 35–52. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2013.04.004>
- Della Porta G., Croci A., Marini M. & Kele S. (2017). Depositional architecture, facies character and geochemical signature of the Tivoli travertines (Pleistocene, Acque Albule Basin, Central Italy). *Rivista Italiana Di Paleontologia e Stratigrafia* 123(3), 123(3), 487-540.
- Della Porta, G., Hoppert, M., Hallmann, C., Schneider, D. & Reitner, J. (2022). The influence of microbial mats on travertine precipitation in active hydrothermal systems (Central Italy). *Depositional Records*, 8, 165–209. <https://doi.org/10.1002/dep2.147>
- Dipova, N. ve Yıldırım, M. (2005). Antalya Tufa Platolarının Oluşumu ve Jeomorfolojik Özellikleri. *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, 29(2), 53-69. https://www.jmo.org.tr/resimler/ekler/bbc49cc16f8207d_ek.pdf
- Dong, F., Dai, Q., Jiang, Z, Chen, X., Xu, R., Zhang, Q., An, D., Li, Q., Zhang, T., Andelka, P.M., Capezzuoli, E., Li, B. & Mors, R. A. (2023). Travertine/tufa resource conservation and sustainable development call for a world-wide initiative. *Applied Geochemistry*, 148, Article 105505. <https://doi.org/10.1016/j.apgeochem.2022.105505>
- Ekizoğlu, Ö. & Mesci, B. (2025). Morphotectonic and active tectonic properties of the Yenicekent travertines with Chibanian–Meghalayan ages in the Denizli graben (Türkiye). *Turkish Journal of Earth Sciences* 34(5), 630-649. <https://doi.org/10.55730/1300-0985.1980>

- Erzincan İl Kültür ve Turizm Müdürlüğü, (2007). *Erzincan Kültür ve Turizm Envanteri*. s.220 Erzincan.
- Ford, T. D. & Pedley, H. M. (1996). A review of tufa and travertine deposits of the world. *Earth-Science Reviews*, 41(3-4), 117-175. [https://doi.org/10.1016/S0012-8252\(96\)00030-X](https://doi.org/10.1016/S0012-8252(96)00030-X)
- Fouke, B. W. (2011). Hot-spring Systems Geobiology: abiotic and biotic influences on travertine formation at Mammoth Hot Springs, Yellowstone National Park, USA. *Sedimentology*, 58(1), 170-219. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3091.2010.01209.x>
- Gao, J., Zhou, X., Fang, B., Li, T. & Tang, L. (2012). U-series dating of the travertine depositing near the Rongma hot springs in northern Tibet, China, and its paleoclimatic implication. *Quaternary International*, 298, 98-106. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2012.08.003>
- Gao, W., Liu, X., Zhang, W., Sun, D., Chen, Z., Zhang, Q., Zhang, Z., Liu, S., Dong, J., Wang, S., Zhang, J., Xu, H., Zhang, W. & Zheng, J. (2025). Travertine Mineralogical Characteristics and Spatial Distribution in Huanglong, China, a World Natural Heritage: Derived from Late Pleistocene to Early Holocene Glacial U-Shaped Valley Carbonate Deposits. *ACS Omega*, 10(1):1331-1343. <https://doi.org/10.1021/acsomega.4c08897>
- Gedik, A. (2008). Kemah-Erzincan Çayırılı yöresi Tersiyer Birimlerinin Jeolojisi ve Petrol Kaynak Kaya Özellikleri, *Bulletin of the Mineral Research and Exploration (Maden Tetkik Arama Dergisi)*, 137, 1-26.
- Golubić, S., Violante, C., Plenković-Moraj, A. & Grgasović, T. (2008). Travertines and calcareous tufa deposits: an insight into diagenesis. *Geologia Croatica* 61, 363-378. <https://doi.org/10.4154/GC.2008.28>
- Guo, L. & Riding, R. (1998). Hot-spring travertine facies and sequences, Late Pleistocene Rapolano Terme, Italy. *Sedimentology*, 45(1), 163-180. <https://doi.org/10.1046/j.1365-3091.1998.00141.x>
- Guth, P., Niekerk, A., Grohmann, C., Muller, J., Hawker, L., Florinsky, I., Gesch, D., Reuter, H., Herrera-Cruz, V., Riazanoff, S., López-Vázquez, C., Carabajal, C., Albinet, C. & Strobl, P. (2021). Digital Elevation Models: Terminology and Definitions. *Remote Sensing*, 13(18), Article 3581. <https://doi.org/10.3390/rs13183581>
- Güngör, Y. ve Angı, O. S. (2021). Kültürel Jeoloji ve Jeoturizm içerisinde jeolojik mirasın yeri. Selman Er (Ed.), *Jeolojik Miras: Kavramlar, Mevzuat ve Uygulama Örnekleri* (ss. 105-112). Kolektif Yayınevi-Jeoloji Mühendisleri Odası, İstanbul.
- Hirt, C. (2015). Digital Terrain Models. In Grafarend, E. (Eds.), *Encyclopedia of Geodesy* (p.: 1-6). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-02370-0_31-1
- Hose, T.A., Marković, S.B., Komac, B. & Zorn, M. (2011). Geotourism a short introduction. *Acta Geographica Slovenica*, 51(2), 339-342. <https://doi.org/10.3986/AGS51301>
- Huggett, R. J. (2011). *Fundamentals of Geomorphology*. <https://doi.org/10.4324/9780203860083>
- Ivković, M., Dori, V., Baranov, V., Mihaljevi, Z. & Pont, A.C. (2020). Checklist of aquatic Diptera (insecta) of Plitvice lakes national Park, Croatia, a UNESCO world heritage site. *ZooKeys*, 918, 99-142. <https://doi.org/10.3897/zookeys.918.49648>
- Julia, R. (1983). Travertines. In Scholle, P. A., Bebout, D. G. & Moore, C. H. (Eds.), *Carbonate depositional environments*. Tulsa, Oklahoma. *The American Association of Petroleum Geologists, Special Publications*, 33 64-72.
- 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>
- Kazancı, N. (2010). *Jeolojik Koruma; Kavram ve Terimler*. Jeolojik Mirası Koruma Derneği yayını, Ankara, 60 s.
- Kazancı, N. ve Şaroğlu, F. (2009). Türkiye Jeositleri Çatı Liste'si. 62. *Türkiye Jeoloji Kurultayı*, 13-17 Nisan 2009, MTA - Ankara
- Kele, S., Demény, A., Siklósy, Z., Németh, T., Tóth, M. & Kovács, M. B. (2008). Chemical and stable isotope composition of recent hot-water travertines and associated thermal waters from Egerszálók, Hungary: Depositional facies and non-equilibrium fractionation. *Sedimentary Geology*, 211(3-4), 53-72. <https://doi.org/10.1016/j.sedgeo.2008.08.004>

- Kele, S., Özkul, M., Gökgöz, A., Fórizs, I., Baykara, M.O., Alçiçek, M.C. & Németh, T. (2011). Stable isotope geochemical and facies study of Pamukkale travertines: new evidences of low-temperature non-equilibrium calcite-water fractionation. *Sedimentary Geology* 238(1-2), 191–212. <https://doi.org/10.1016/j.sedgeo.2011.04.015>
- Koçyiğit, A. (1991). Neotectonic structures and related landforms expressing the contractional and extensional strains along the North Anatolian Fault Zone at the northwestern margin of the Erzincan Basin, NE Turkey. *Bullet. Istanbul Tech. Univ.* 44, 455–473.
- Koçyiğit, A. (2013). New field and seismic data about the intraplate strike-slip deformation in Van region, East Anatolian plateau, E. Turkey. *Journal of Asian Earth Science*, 62, 586-605. <https://doi.org/10.1016/j.jseaes.2012.11.008>
- Korkmaz, S. ve Baki, Z. (1984). Demirözü (Bayburt) Güneyinin Stratigrafisi. *TJK Kurultayı Bülteni*, 5, 107-115.
- Koşun; E., Sarıgül, A. ve Varol, B. (2005). Antalya Tufalarının Litofasiyes Özellikleri, *Maden Tetkik Arama Dergisi*, 130, 57-70, Ankara.
- Liu, L. X. (2017). Factors Affecting Tufa Degradation in Jiuzhaigou National Nature Reserve, Sichuan, China. *Water*, 9(9), Article 702. <https://doi.org/10.3390/w9090702>
- Li, S., Hu, X., Tang, Y., Huang, C. & Xiao, W. (2014). Changes in lacustrine environment due to anthropogenic activities over 240 years in Jiuzhaigou National Nature Reserve, southwest China. *Quaternary International*, 349, 367–375. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2014.07.069>
- Luo, L., Wen, H., Brogi, A. & Capezzuoli, E. (2022). Factors controlling the geometry of travertine mounds: Insights from Heinitang (China). *Sedimentology*, 69(4), 1519-1546. <https://doi.org/10.1111/sed.12961>
- Mesci, B. L. (2013). Özgün Niteliklere Sahip Travertenler ve Önemleri: Sivas Yöresi Travertenlerinden Örnekler. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 56(1), 23-37. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/tjb/article/298970>
- 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, 219-240.
- Mesci, B. L., Gürsoy, H., Ghaleb, B. & Tatar, O. (2020). An Extensional Fracture Acting as Hot Water Source for Travertine Deposition on the North Anatolian Fault Zone, Turkey: The Reşadiye Fissure-Ridge. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 63(2), 145-160. <https://doi.org/10.25288/tjb.623535>
- Okay, A. & Şahintürk, Ö. (1997). Geology of the Eastern Pontides. In Robinson, A.G. (Ed.), *Regional and Petroleum Geology of the Black Sea and Surrounding Region* (p.291-311.). *American Association of Petroleum Geologist (AAPG) Memoir No.68*. <https://doi.org/10.1306/M68612C15>
- Okay, A. I. & Tüysüz, O. (1999). Tethyan sutures of northern Turkey. In Durand, B., Jolivet, L. Horvath, F. & Seranne, M. (Eds.), *The Mediterranean Basins: Tertiary Extension within the Alpine Orogen*. *Geological Society of London, Special Publications*, 156, 475-515.
- Özkul, M. (2019). Markalaşmış bir doğaltaş: Denizli Travertenleri. *Mavi Gezegen*, 26, 71–78.
- Özkul, M., Kele, S., Gökgöz, A., Shen, C-C., Jones, B., Baykara, M.O., Fórizs, I., Nemeth, T., Chang, Y-W. & Alçiçek, M. C. (2013). Comparison of the Quaternary travertine sites in the Denizli Extensional Basin based on their depositional and geochemical data. *Sedimentary Geology*, 294, 179–204. <https://doi.org/10.1016/j.sedgeo.2013.05.018>
- Özkul, M., Gökgöz, A. & Yüksel, A. K. (2019). Travertine Spring Towers as Rare Depositional Morphologies in Geothermal Fields: An Example from the Hisaralan Geothermal Area (Sındırgı, Balıkesir, NW Turkey). *Proceedings International Earth Science Colloquium on the Aegean Region, IESCA-2019*, 101-106.
- Özkul, M., Gül, A., Koralay, T., Özen, H., Semiz, B. ve Duman, B. (2024). Denizli Travertine: A Global Heritage Stone Resource Nominee from Western Türkiye. *Geoheritage*, 16, Article 67. <https://doi.org/10.1007/s12371-024-00970-w>
- Özkul, M., Gül, A., Semiz, B. Koralay, T., Topal, S., Gökgöz, A., Özen, H., Erten, H., Hançer M. ve Kumsar, H. (2025). Denizli İlinin (GB Türkiye) Jeoçeşitliliği ve Önemli Jeositleri. *Türkiye Jeoloji*

- Bülteni*, 68(4), 145-188. <https://doi.org/10.25288/tjb.1559108>
- Pedley, H. M. (1990). Classification and environmental models of cool freshwater tufas: *Sedimentary Geology*, 68(1), 143-154. [https://doi.org/10.1016/0037-0738\(90\)90124-C](https://doi.org/10.1016/0037-0738(90)90124-C)
- Pedley, H. M. (2009). Tufas and travertines of the Mediterranean region: a testing ground for freshwater carbonate concepts and developments. *Sedimentology*, 56(1), 221-246. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3091.2008.01012.x>
- Pelin, S. (1977). *Alucra (Giresun) Güneydoğu Yöresinin Petrol Olanakları Bakımından Jeolojik İncelemesi*. KTÜ Yayın No: 87, 103 s.
- Pentecost, A. (1995). The Quaternary travertine deposits of Europe 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*. Springer-Verlag, Berlin, 448. (p.31-35)
- Pentecost, A. & Viles, H. A. (1994). A review and reassessment of travertine classification. *Géographie Physique et Quaternaire*, 48, 305-314. <https://doi.org/10.7202/033011ar>
- Pijet-Migoń, E. & Migoń, P. (2022). Geoheritage and Cultural Heritage—A Review of Recurrent and Interlinked Themes. *Geosciences*, 12(2), Article 98. <https://doi.org/10.3390/geosciences12020098>
- Polat, S. (2011). Türkiye’de traverten oluşumu, yayılış alanı ve korunması. *Marmara Coğrafya Dergisi*, 23, 389-428
- Polat, S. (2018). Otlukbeli Gölü çevresinde traverten birikim şekilleri. *Studies of The Ottoman Domain (Osmanlı Hakimiyet Sahası Çalışmaları)*, 8(15), 55-80.
- Polat, S. ve Ege, İ. (2024). Diyardin (Ağrı) Doğal Traverten Köprülerinin Jeomorfolojisi ve Oluşumları, Doğu Anadolu, Türkiye. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 67(2), 231-252. <https://doi.org/10.25288/tjb.1390845>
- Polat, P. ve Kopar, İ. (2023). *Erzincan İlindeki Doğa Turizmi Potansiyeline Sahip Önemli Destinasyonların Fiziki Coğrafya Temelli Kaynak Analizi*, Cumhuriyetin 100. Yılına Armağan Coğrafya ve İnsan, Kriter Yayınevi, İstanbul.
- ProGeo Group (1998). A first attempt at a geosites framework for Europe - an IUGS initiative to support recognition of World Heritage and European geodiversity. *Geologica Balcanica*, 28, 5-32.
- Reynard, E. & Brilha, J. (2018). Geoheritage: A multidisciplinary and applied research topic. Reynard, E. & Brilha, J. (Eds.), *Geoheritage, Assessment, Protection, and Management* (pp. 3-9). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809531-7.00030-7>
- Ronchi, P. & Cruciani, F. (2015). Continental carbonates as a hydrocarbon reservoir, an analog case study from the travertine of Saturnia, Italy. *AAPG Bulletin*, 99, 711-734. <https://doi.org/10.1306/10021414026>
- Sağlam Selçuk, A. ve Zorer, H. (2017). Başkale Bölgesi’nin (Van) Jeolojik ve Jeomorfolojik Öğeleri. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 60(1), 77-92. <https://doi.org/10.25288/tjb.297830>
- Sağlam Selçuk, A., Erturaç, M.K., Üner, S., Özsayın E. & Pons-Branchu, E. (2017). Evolution of Çamlık fissure-ridge travertines in the Başkale basin (Van, Eastern Anatolia). *Geodinamica Acta*, 29, 1, 1-19. <https://doi.org/10.1080/09853111.2016.1228037>
- Santi P., Renzulli A., Veneri F., Tonelli G., Tramontana M., Taussi M., Calcagnile L. & Quarta G. (2023). Geological Insights on the Calcareous Tufas (Pietra Spugna) Used as Building and Ornamental Stones in the UNESCO Historical Centre of Urbino (Marche Region, Italy). *Heritage* 6(5), 4227-4242. <https://doi.org/10.3390/heritage6050223>
- Selim, H. H. & Yanik, G. (2009). Development of the Cambazlı (Turgutlu/Manisa) fissure-ridge-type travertine and relationship with active tectonics, Gediz Graben, Turkey. *Quaternary International*, 199(1-2), 157-163. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2008.04.009>
- Shiraishi, F., Akimoto, T., Tomioka, N., Motai, S. & Takahashi, Y. (2023). Formation processes of paper-thin raft and coated bubble: Calcium carbonate deposition at gas-water interface. *Sedimentary Geology*, 456, Article 106514. <https://doi.org/10.1016/j.sedgeo.2023.106514>
- Sironic, A., Baresic, J., Horvatincic, N., Brozincevic, A., Vurnek, M. & Kapelj, S. (2017). Changes in the geochemical parameters of karst lakes over

- the past three decades -the case of Plitvice Lakes, Croatia. *Applied Geochemistry*, 78, 12–22.
https://doi.org/10.1016/j.apgeochem.2016.11.013
- Şaroğlu, F. ve Yılmaz, Y. (1986). Doğu Anadolu'da Neotektonik dönemdeki jeolojik evrim ve havza modellemeleri. *Bulletin of the Mineral Research and Exploration (Maden Tetkik Arama Dergisi)*, 73-94.
- Tagliasacchi, E., Kayseri Özer, M. S. & Altay, T. (2024). Environmental, vegetational and climatic investigations during the Plio-Pleistocene in SW-Anatolia: A case study from the fluvio-lacustrine deposits in Uşak-Karahallı area. *Palaeobiodiversity and Palaeoenvironments*, 104, 29–51.
https://doi.org/10.1007/s12549-023-00590-2
- Temiz, U. & Eikenberg, J. (2011). U/Th dating of the travertine deposited at transfer zone between two normal faults and their neotectonic significance: Cambazlı fissure ridge travertines (the Gediz Graben-Turkey). *Geodinamica Acta*, 24(2), 95-105
- Temiz, U., Gökten, E. & Eikenberg, J. (2009). U/Th dating of fissure ridge travertines from the Kırşehir region (Central Anatolia Turkey): structural relations and implications for the Neotectonic development of the Anatolian block. *Geodinamica Acta*, 22(4), 201-213.
https://doi.org/10.3166/ga.22.201-213
- Toker, E. (2017). Quaternary fluvial 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-Tagliasacchi, E. (2018). The Sedimentological Properties and Preliminary Results of Palaeoenvironmental Development of Middle-Late Pleistocene Gürlek-Kocabaş (Denizli) and Örtülü (Afyon) Travertines, SW-Turkey. *Geological Bulletin of Turkey*, 61(1) 1-22.
https://doi.org/10.25288/tjb.358160
- Toker, E., Kayseri-Özer, M.S., Özkul, M. & Kele, S. (2015). Depositional system and palaeoclimatic interpretations of Middle to Late Pleistocene travertines: Kocabaş, Denizli, SW Turkey. *Sedimentology*, 62(5), 1360-1383.
https://doi.org/10.1111/sed.12186
- Tunç, A., Lin, J., Pan, Y., Chen, N. & Feng, R. (2025). Proof of uranyl deposition in unconformity-related uranium deposits, Athabasca Basin, Canada: Evidence from synchrotron XAS and XPS analyses of hematite. *The Canadian Journal of Mineralogy and Petrology*, 63(1), 3–26.
https://doi.org/10.3749/2400013
- Üngör, A. ve Özgül, O. (2016). Otlukbeli'nde tarihî ve arkeolojik araştırmalar. *Kafkas Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 17, 267–289.
- Van, A. & Yaçınalp, B. (2010). Kuşçayası (Otlukbeli-Erzincan) Manganez Yatağının Jeolojik Yerleşimi ve Jeokimyasal Özellikleri. *Jeoloji Mühendisliği Dergisi* 34(1), 41-56.
- Wimbledon, W.A.P. (1996). National site election, a stop on the road to a European Geosite List. *Geologica Balcanica*, 26, 15-27
- Yeşilova, Ç. (2021). Potential geoheritage assessment: Dereiçi Travertines, Başkale, Van (East Anatolian Turkey). *Manas Journal of Engineering*, 9(1), 66-71
- Yılmaz, A. (1985). Yukarı Kelkit Çayı ile Munzur Dağları arasının temel Jeoloji özellikleri ve yapısal evrimi. *Türkiye Jeoloji Bülteni (Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni)*, 28(2), 79-92.
https://www.jmo.org.tr/resimler/ekler/54ad60ebd1ae29c_ek.pdf?..
- You, Y., Wen, H., Luo, L., Lu, Z. & Li, L. (2023). Stable Carbon and Oxygen Isotopic Features of Banded Travertines from the Xiagei Fissure Ridge System (Shangri-La, China). *Minerals*, 13(1), Article 76.
https://doi.org/10.3390/min13010076
- Zaman, M., Polat, S. & Özdemir, M. (2000). Diyardin Kaplıcaları. *Doğu Coğrafya Dergisi*, 6(4), 349–378.
- Zhang, J.L., Wang, H.J., Liu, Z.H., An, D.J. & Dreybrodt, W. (2012). Spatial-temporal variations of travertine deposition rates and their controlling factors in Huanglong Ravine, China-a world's heritage site. *Applied Geochemistry*, 27(1), 211–222.
https://doi.org/10.1016/j.apgeochem.2011.10.005



Akarsu Çökellerinde Gelişen Peribacalarının Jeomorfoturizm Açısından Değerlendirilmesi: Uşak-Eşme Örneği

Evaluation of Fairy Chimneys Developed in Fluvial Deposits in Terms of Geomorphotourism: The Uşak-Eşme Case

Sevgi Dönmez* 

Uşak Üniversitesi İnsan ve Toplum Bilimleri Fakültesi Coğrafya Bölümü, 64000, Uşak, Türkiye

• Geliş/Received: 24.10.2025 • Düzeltmiş Metin Geliş/Revised Manuscript Received: 28.01.2026 • Kabul/Accepted: 29.01.2026
• Çevrimiçi Yayın/Available online: 17.05.2026 • Baskı/Printed: 22.05.2026

Araştırma Makalesi/Research Article

Türkiye Jeol. Bül. / Geol. Bull. Turkey

Öz: Bu çalışma, Uşak ili Eşme ilçesi sınırları içerisinde yer alan ve akarsu kaynaklı sedimentler birikintiler üzerinde gelişmiş peribacalarının oluşum mekanizmalarını jeolojik ve jeomorfolojik açıdan çok katmanlı bir yaklaşımla incelemeyi amaçlamaktadır. Araştırma alanındaki peribacaları, tüflerde gelişen klasik örneklerin aksine, alüvyon ve kolüvyon kökenli, zayıf tutturulmuş çökellerdeki litolojik heterojenlik, farklı ayrışma ve yüzeysel akış erozyonu süreçlerinin etkileşimiyle meydana gelmiştir.

Bölgedeki kayalar, çakıltaşı, kumtaşı, silttaşı ve kısmen kiltası araldanmasıyla karakterize edilir. Bu kayalar içerisinde nispeten dirençli zonların varlığı, peribacası oluşumunu kontrol eden temel litolojik faktörlerden biridir. Akarsu ağının dik yamaçlarda oluşturduğu lineer erozyon, aşınım direnci düşük kayalar üzerinde selektif aşındırmayı hızlandırmakta; üstteki koruyucu tabaka altında farklı aşınım hızları nedeniyle sütun yapıları gelişmektedir.

Çalışmada, arazi morfolojik gözlemleri, sedimentolojik özellikler, eğim ve profil ölçümleri ile dijital arazi modeli (DEM) destekli morfometrik değerlendirmeler kullanılarak oluşum süreci çok yönlü olarak ortaya konulmuştur. Bulgular, peribacalarının hem morfojenetik olarak özgün hem de litoloji ile doğrudan ilişkili jeolojik miras öğeleri olduğunu göstermektedir.

Bu doğal şekillerin barındırdığı bilimsel açıklanabilirlik, eğitim potansiyeli, estetik değer ve peyzaj bütünlüğü, onları sadece jeomorfolojik değil aynı zamanda jeoturizm kapsamında korunması ve tanıtılması gereken jeolojik miras unsurları haline getirmektedir. Uşak-Eşme yöresinde tespit edilen bu peribacası oluşumları, Türkiye'deki peribacası envanteri açısından da literatüre katkı sunmaktadır. Çalışma, bu tür oluşumların sürdürülebilir jeoturizm politikaları kapsamında değerlendirilmesini önermektedir.

Anahtar Kelimeler: Jeolojik miras, jeomorfoturizm, jeoturizm, peribacası, Uşak.

Abstract: This study aims to examine the formation mechanisms of fairy chimneys located within the boundaries of Eşme district (Uşak province) through a multilayered geological and geomorphological approach. Unlike classical examples that typically develop in volcanic tuffs, the fairy chimneys in the study area formed through the interaction of lithological heterogeneity, differential weathering, and surface runoff erosion processes acting on weakly consolidated alluvial and colluvial deposits derived from fluvial sedimentation.

The local deposits are characterised by alternating layers of conglomerate, sandstone, siltstone, and partially claystone. The presence of relatively resistant zones within these sedimentary rocks constitutes one of the primary lithological controls on fairy-chimney development. Linear erosion along steep slopes, generated by the drainage

network, accelerates selective erosion of the less resistant rocks; consequently, columnar structures develop beneath a protective cap layer due to contrasting erosion rates.

In this study, field-based morphological observations, sedimentological features, slope and profile measurements, and DEM-supported morphometric analyses were integrated to reveal the formation processes from multiple perspectives. The findings indicate that these fairy chimneys represent geodiversity elements that are morphogenetically unique and directly governed by local lithology.

The scientific interpretability, educational potential, aesthetic quality, and landscape integrity of these landforms render them not only geomorphological features but also geological heritage elements that merit protection and promotion within the framework of geotourism. The fairy-chimney formations identified in the Uşak-Eşme region are a valuable contribution to the inventory of such landforms in Türkiye. The study also recommends the evaluation of these features within sustainable geotourism policies.

Keywords: Fairy chimneys, geological heritage, geomorphotourism, geotourism, Uşak.

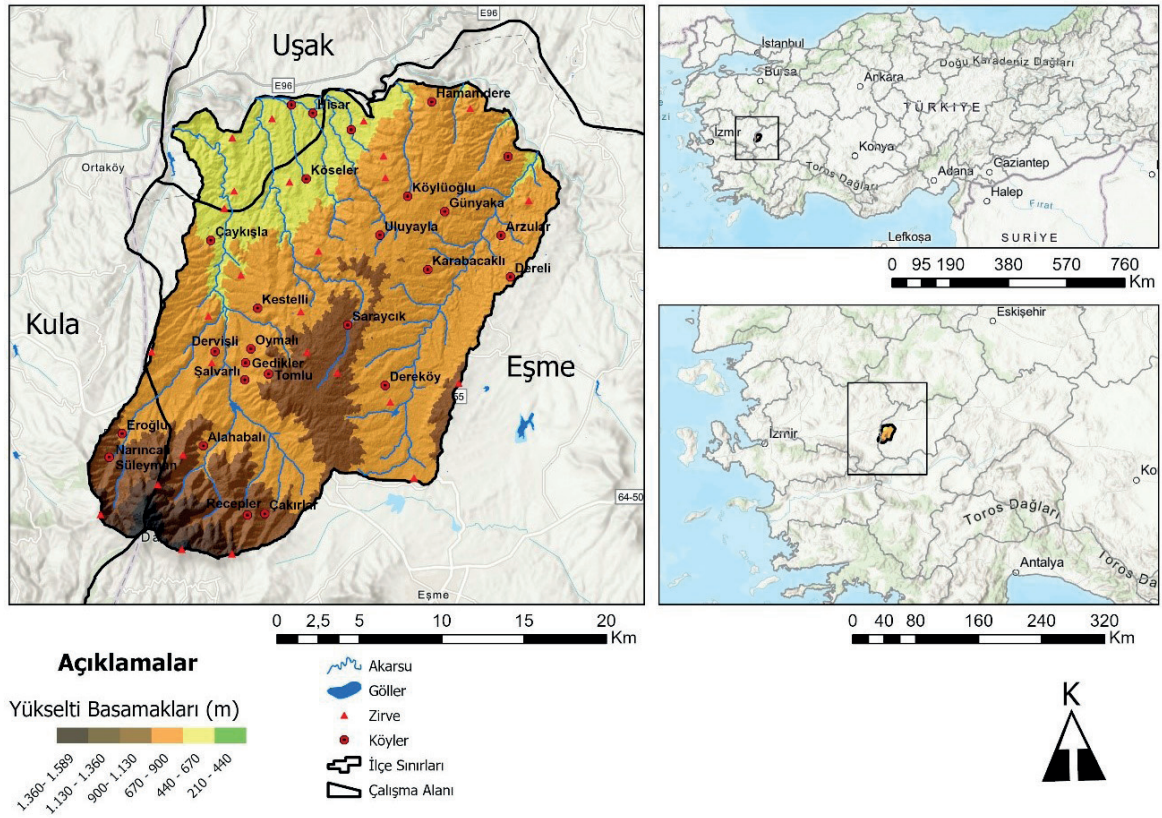
GİRİŞ

Doğal süreçlerin uzun zaman dilimleri boyunca şekillendirdiği jeomorfolojik oluşumlar, fiziki çevrenin temel bileşenleri olmanın yanı sıra, doğal miras kapsamında değerlendirilen yer şekillerini de oluşturmaktadır. Bu oluşumlar arasında yer alan peribacaları, morfolojik özellikleri ve gelişim süreçleri nedeniyle jeomorfoloji literatüründe önemli bir araştırma konusudur. Klasik peribacası tipolojisi, genellikle tuf ve ignimbiritlerin hâkim olduğu volkanik arazilerde, farklı dirençteki tabakaların diferansiyel aşınması sonucunda gelişmektedir. Kapadokya, bu tür oluşumların en bilinen örneklerini barındıran alanlardan biridir.

Türkiye’de Kapadokya dışındaki peribacası örnekleri sınırlı sayıda olup, büyük ölçüde volkanik kökenli tuf ve ignimbiritler üzerinde gelişmiştir (Ekinçi ve Doğaner, 2012). Akarsu kökenli çökeller üzerinde gelişen peribacalarına ilişkin örnekler ise daha az yaygın olup, çoğunlukla lokal ölçekte dağılışı göstermektedir. Ulucak (Uşak) peribacaları bu duruma örnek teşkil etmekte ve sınırlı bir alanda gözlenmektedir (Atasoy, 2018). Eşme peribacaları ise akarsu kökenli çökeller üzerinde gelişmesi bakımından benzerlik göstermekle birlikte, yayılış alanının genişliği bakımından söz konusu örneklerden ayrılmaktadır.

Peribacası benzeri şekillerin yalnızca volkanik arazilerle sınırlı olmadığı, farklı ayrışma direncine sahip sedimanter kayaç aralanmalarının bulunduğu alanlarda da gelişebildiği bilinmektedir (Öztürk, 2026). Eşme ilçesi sınırları içerisinde, akarsu kökenli depolanmalar üzerinde gelişmiş peribacaları, bu açıdan volkanik kökenli klasik örneklerden farklı bir gelişim ortamına sahiptir (Şekil 1).

Bu çalışma, Uşak ili Eşme ilçesi sınırlarında, küçük ölçekli akarsu havzaları içerisinde yer alan ve akarsu kökenli çökel depolanmaları üzerinde gelişmiş peribacalarının oluşum süreçlerini, morfolojik ve jeolojik özelliklerini ortaya koymayı ve bu şekillerin jeomorforturizm açısından taşıdığı potansiyeli değerlendirmeyi amaçlamaktadır. Araştırma alanı, Eşme’nin kuzeydoğusunda yamaç ve vadi tabanlarında yüzeylenen zayıf tutturulmuş kayaç birimlerini kapsamakta olup, alanda gözlenen peribacaları; farklı tane boyutu ve ayrışma direncine sahip tabakaların üst üste dizilimi, litolojik yapı, çevresel koşullar ve yüzeysel akış süreçlerinin birlikte etkisi altında gelişmiştir. Bu bağlamda söz konusu oluşumlar, çevresel koşullar, litolojik özellikler ve yüzeysel aşınma süreçleri temelinde ele alınarak klasik volkanik kökenli peribacalarından hangi yönleriyle ayrıştığı tartışılmaktadır. Böylece çalışma hem jeomorfolojik süreçlerin açıklanmasına hem de doğa temelli turizm yaklaşımlarına bilimsel katkı sunmayı hedeflemektedir.



Şekil 1. Çalışma alanının lokasyon haritası.

Figure 1. Location map of the study area.

KAVRAMSAL ÇERÇEVE

Jeolojik miras, yerkaşunun geçmişini ve jeolojik süreçlerin izlerini yansıtan doğal oluşumların bütünüdür. Stratigrafik kesitler, fosil toplulukları, mineralojik ve petrografik özellikler, karstik şekiller ve volkanik yapılar bu mirasın temel bileşenleri arasında yer almaktadır. Jeolojik miras, bilimsel araştırmaların yanı sıra eğitim, estetik, kültürel kimlik ve jeoturizm bağlamlarında da toplumsal önem taşımaktadır (Wimbledon ve Smith-Meyer, 2012).

Jeolojik miras kapsamında tanımlanan jeositler, bilimsel, eğitsel, estetik veya kültürel değeri bulunan belirli alanları ifade etmektedir. Jeositler içerisinde yer alan jeomorfositler ise özellikle jeomorfolojik süreçlerin ürünü olan ve yer şekli odaklı özellikler sergileyen alanlardır. Her jeomorfosit bir jeolojik miras unsuru olmakla

birlikte, her jeolojik miras unsurunun jeomorfosit niteliği taşıması zorunlu değildir (Reynard, 2005; Reynard vd., 2007). Jeomorfositler, jeomorfolojik evrim süreçlerini yansıtan doğal laboratuvarlar olmasının yanı sıra, ekolojik işlevleri ve mekânsal görünüşleri ile jeolojik mirasın görünür bileşenleri arasında yer almaktadır. Türkiye'de jeomorfositlerin envanterlenmesi, değerlendirilmesi ve jeomorfoturizm potansiyellerinin belirlenmesine yönelik çalışmalar son yıllarda artış göstermektedir. Özellikle peribacaları, aşınım şekilleri, vadiler ve tüfler üzerinde gelişmiş özgün yerçekillerinin bilimsel, estetik ve kültürel değerleri jeomorfoturizm kapsamında ele alınmaktadır (Özdemir ve Kaymak, 2025; Öztürk, 2026).

Bu bağlamda, Eşme ilçesi sınırlarında akarsu kökenli çökeller üzerinde gelişmiş peribacaları,

Kapadokya dışındaki nadir jeomorfit örneklerinden biri olarak değerlendirilmektedir. Zayıf tutturulmuş sedimanter kayalarda diferansiyel ayrışma ve yüzeysel akış erozyonunun etkisiyle şekillenen bu oluşumlar, volkanik kökenli klasik peribacalarından farklı gelişim mekanizmaları sergilemektedir. Reynard vd. (2007) tarafından geliştirilen “bilimsel değer ve ek değerler” yaklaşımı, bu tür alanların sistematik biçimde değerlendirilmesine olanak tanımakta; koruma, tanıtım ve sürdürülebilir kullanım açısından analitik bir çerçeve sunmaktadır.

MATERYAL ve YÖNTEM

Eşme (Uşak) çevresinde akarsu kökenli çökel depolanmaları üzerinde gelişmiş peribacalarının belirlenmesi, belgelenmesi ve jeomorfoturizm potansiyellerinin değerlendirilmesine yönelik veri toplama ve analiz süreçleri bu çalışmanın materyal ve yöntem çerçevesini oluşturmaktadır. Çalışma; arazi gözlemleri, yerinde yapılan litolojik incelemeler, morfometrik ölçümler ve coğrafi bilgi sistemleri (CBS) tabanlı mekânsal analizlerin birlikte kullanıldığı bütüncül bir yöntemsel yaklaşıma dayanmaktadır.

Araştırmanın materyalini, arazi çalışmaları sırasında elde edilen gözlemler, topografya haritaları, uydu görüntüleri, yerinde yapılan litolojik incelemeler ve morfometrik ölçümler oluşturmaktadır. Peribacalarının konumları, boyutları ve dağılımları; el GPS cihazları, dijital ölçüm araçları ve görsel dokümantasyon yöntemleri kullanılarak belirlenmiştir.

Çalışmada morfojenetik analiz yaklaşımı benimsenmiş; peribacalarının gelişiminde etkili olan çökel özellikleri, eğim koşulları, yüzeysel akış süreçleri ve iklimsel etkiler birlikte değerlendirilmiştir. Araştırma alanındaki jeomorfitlerin bilimsel ve ek değerlerini belirlemek amacıyla Reynard vd. (2007) tarafından geliştirilen çok kriterli değerlendirme modeli kullanılmıştır. Model, jeomorfitlerin bilimsel değerlerini (bütünlük, temsiliyet, nadirlik ve paleocoğrafik önem) ile ek değerlerini (ekolojik,

estetik, kültürel ve ekonomik) ayrı kategoriler altında incelemektedir.

Her bir kriter 0–5 puan aralığında değerlendirilmiş; puanlamalar saha gözlemleri ve literatür verilerine dayalı nitel değerlendirmelerin sayısallaştırılması yoluyla gerçekleştirilmiştir. Bu yaklaşım, jeomorfoturistik potansiyelin karşılaştırmalı ve sistematik biçimde ortaya konulmasına olanak sağlamaktadır (Reynard vd., 2007; Coratza ve Giusti, 2005; Kubalíková, 2013). Haritalama çalışmaları ArcGIS ortamında yürütülmüş; peribacalarının dağılımı ve yoğunluk alanları mekânsal olarak analiz edilerek, fiziksel çevre koşulları ile şekil gelişimi arasındaki ilişkiler yorumlanmıştır.

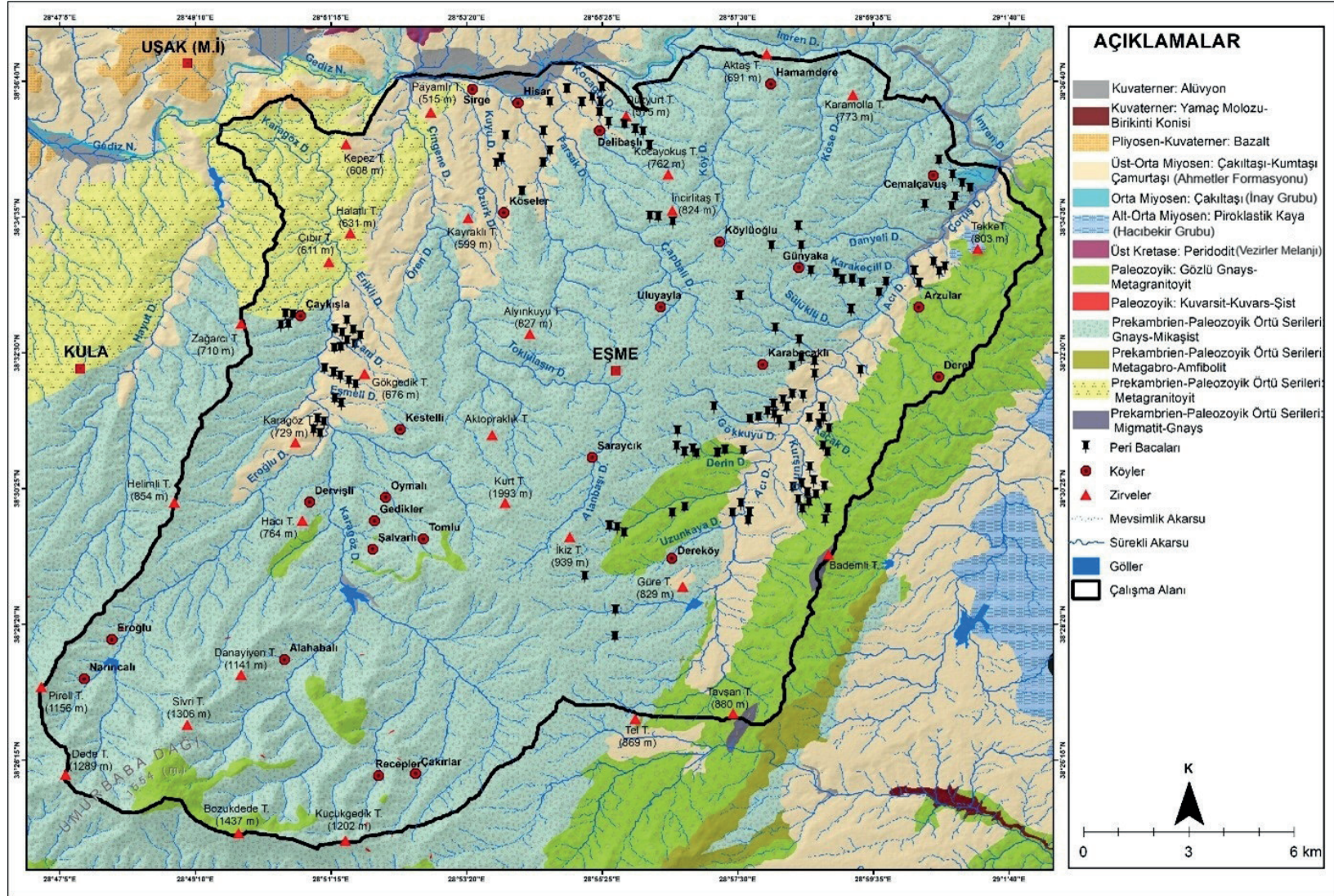
ÇALIŞMA ALANININ FİZİKİ COĞRAFYA ÖZELLİKLERİ

Jeolojik ve Litolojik Yapı

Araştırma alanı, Batı Anadolu'nun Neotektonik dönemde şekillenmiş yapısal unsurlarının etkisi altında bulunan Eşme Havzası içerisinde yer almaktadır (Şekil 2). Bölge, genişleme tektoniği kontrolünde gelişmiş olup, Neojen boyunca görsel ve flüvyal ortamlarda kalın tortul istiflerin birikimine elverişli bir jeodinamik ortam sunmuştur (Seyitoğlu vd., 2009).

Jeoloji haritası ve arazi gözlemleri, çalışma alanında yüzeyleyen ve peribacası oluşumlarının geliştiği başlıca tortul birimlerin Geç Miyosen yaşlı Ahmetler Formasyonu'na karşılık geldiğini göstermektedir (Şekil 2). Ahmetler Formasyonu; çakıtaşı, kumtaşı, silttaşı ve çamurtaşı araldanmasıyla karakterize olup, flüvyal–alüvyal yelpaze ve yer yer görsel ortam koşullarında çökelmiştir (Seyitoğlu vd., 2009; Göktaş vd., 2025). Bu formasyon, Selendi–Uşak Neojen Havzaları'nın stratigrafik evriminde Geç Miyosen dönemine karşılık gelen önemli bir flüvyal sedimanter istif olarak tanımlanmaktadır.

Ahmetler Formasyonu'na ait tortul birimler, zayıf çimentolanmış ve kısa mesafelerde değişen tane boyutu özellikleri nedeniyle ayrışma ve yüzeysel akış süreçlerine karşı oldukça duyarlıdır.



Şekil 2. Çalışma alanının jeoloji haritası.
Figure 2. Geological map of the study area.

Özellikle ince taneli çamurtaşı–silttaşı seviyeleri ile bunlar arasında yer alan daha iri taneli ve görece daha dirençli kumtaşı–çakıltası mercekleri arasındaki litolojik kontrast, selektif erozyonun gelişimini belirgin biçimde kontrol etmektedir. Bu litolojik ardalanma, peribacası benzeri sütunsu şekillerin oluşumu için uygun bir zemin oluşturmakta olup, söz konusu ilişki Şekil 2’de sunulan jeoloji haritası üzerinde açıkça izlenebilmektedir.

Kuvaterner boyunca akarsu yatakları ve yamaç eteklerinde biriken alüvyon ve kolüvyon örtüler daha çok vadi tabanlarıyla sınırlı kalmaktadır. Bu durum, peribacası gelişiminin doğrudan Neojen yaşlı litolojik birimlerin özellikleriyle ilişkili olduğunu ortaya koymaktadır.

Katmanlar arasındaki litolojik ve aşınma direnci farklılıkları, seçimli erozyon süreçlerini belirgin hâle getirmekte ve peribacası benzeri şekillerin gelişimini kontrol etmektedir. Özellikle daha iri taneli ve kısmen daha dayanıklı çakıltası seviyelerinin üst kesimlerde yer alması, alttaki ince taneli ve gevşek malzemenin aşınmasını görece yavaşlatmakta; bu durum sütun biçimli formların ayakta kalmasına olanak sağlamaktadır. Volkanik kökenli klasik peribacalarından farklı olarak, bu ortamda belirgin bir “şapka taşı” bulunmaksızın gelişen sütunsu ve konik şekiller yaygındır.

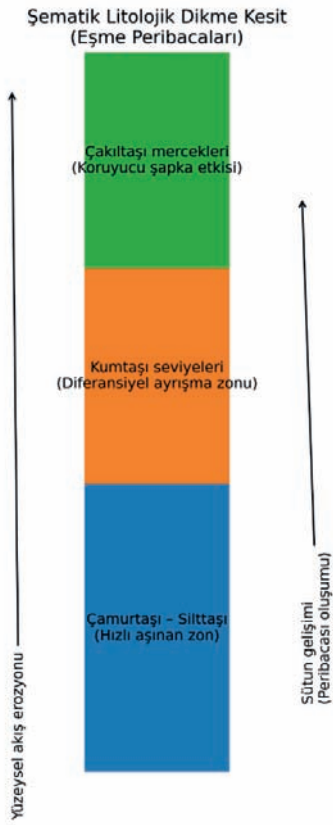
Bölgedeki tortul birimler çoğunlukla yatay ya da çok düşük eğimli tabakalanma göstermektedir. Bu durum, yağış sonrası yüzeysel akışın belirli litolojik zonlarda yoğunlaşmasını kolaylaştırmakta ve özellikle ince taneli seviyelerde yarıntı ve oluk gelişimini hızlandırmaktadır. Kısa mesafelerde değişen tane boyutu ve geçirgenlik özellikleri, infiltrasyonu sınırlandırarak akışın yüzeyde toplanmasına neden olmakta; zamanla bu mikroerozyon şekilleri genişleyip derinleşerek peribacası benzeri sütunsu formların gelişmesine zemin hazırlamaktadır. Bu süreç, peribacalarına özgü bir oluşum modeli sunmaktan ziyade, zayıf tutturulmuş tortul kayalarda işleyen genel ayrışma ve yüzeysel aşınım mekanizmalarıyla ilişkilidir. Nitekim Yılmaz (1997), bu tür sedimanter

ortamlarda diferansiyel aşınma ve selektif erozyon süreçlerinin yer şekli gelişimindeki rolünü ortaya koyan kuramsal bir çerçeve sunmakta olup, söz konusu süreçler Eşme peribacalarının oluşumunun anlaşılmasında destekleyici bir arka plan oluşturmaktadır.

Çalışma alanı, Gediz ve Banaz havzaları arasında yer almakta olup, jeolojik açıdan Menderes Masifi’nin Prekambriyen–Paleozoyik yaşlı metamorfik temel kayalarından, Vezirler ofiyolitik melanjına (Ercan vd., 1978), Miyosen örtü serilerine ve Kuvaterner alüvyonlarına kadar uzanan bir stratigrafik dizilim sunmaktadır (Seyitoğlu vd., 2009; Göktaş vd., 2025). Kuzey ve güneyde yer alan gnays, şist ve amfibolit toplulukları havzanın morfolojik sınırlarını belirlerken, Miyosen yaşlı konglomera–kumtaşı–çamurtaşı ardalanması, peribacalarının geliştiği ana litolojik birimleri oluşturmaktadır (Atalay ve Mortan, 2017).

Peribacası oluşumunu kontrol eden litolojik ardalanma, Şekil 3’te sunulan şematik dikme kesitte açık biçimde ortaya konulmuştur. Söz konusu kesitte, zayıf tutturulmuş ince taneli birimler ile bunların üzerinde yer alan daha dirençli kumtaşı ve çakıltası mercekleri arasındaki farklı aşınma ilişkisi vurgulanmaktadır. Araştırma alanındaki tortul istifler, iri çakıl ve yer yer blok içeren dayanımlı mercekler ile çamurtaşı–silttaşı gibi zayıf tutturulmuş ince taneli seviyelerin ardalanmasından oluşmakta; bu litolojik heterojenlik, yüzeysel akış ve seçimli erozyon süreçlerinin etkinliğini artırarak sütunsu peribacası morfolojisinin gelişimine uygun bir zemin hazırlamaktadır.

Bu litolojik ve morfolojik koşulların en belirgin biçimde gözleendiği alanlar, Çaylıca–Karacaören–Güllü köyleri hattı boyunca yoğunlaşmaktadır. Söz konusu sahalar, akarsu kökenli tortullar üzerinde gelişen peribacalarının oluşum mekanizmasını açıklayan süreçlerin sahada açık biçimde izlenebildiği temsili örnekler sunmaktadır.



Şekil 3. Eşme çevresinde peribacası gelişiminin gözlemlendiği Geç Miyosen yaşlı Ahmetler Formasyonu'na ait flüvyal tortulların şematik dikme kesiti.

Figure 3. Schematic stratigraphic column of the fluvial deposits in the Late Miocene Ahmetler Formation, where fairy chimney development is observed in the Eşme area.

Neojen Birimleri ve Stratigrafisi

Eşme ve yakın çevresi, Batı Anadolu'da Neotektonik dönemde gelişmiş Selendi-Uşak-Güre Neojen havzaları içerisinde yer almakta olup, bu havzalar bölgesel ölçekte genişlemeli tektonik rejim koşullarında şekillenmiştir (Bozkurt & Park, 1994; Hetzel vd., 1995). Bölgedeki Neojen birimler, Menderes Masifi'ne ait metamorfik temel kayalar üzerinde gelişmiş olup, bu temel-örtü ilişkisi Batı Anadolu'nun Neojen havza evriminin temel unsurlarından biridir (Gessner vd., 2001). Bu birimlerin stratigrafik konumu

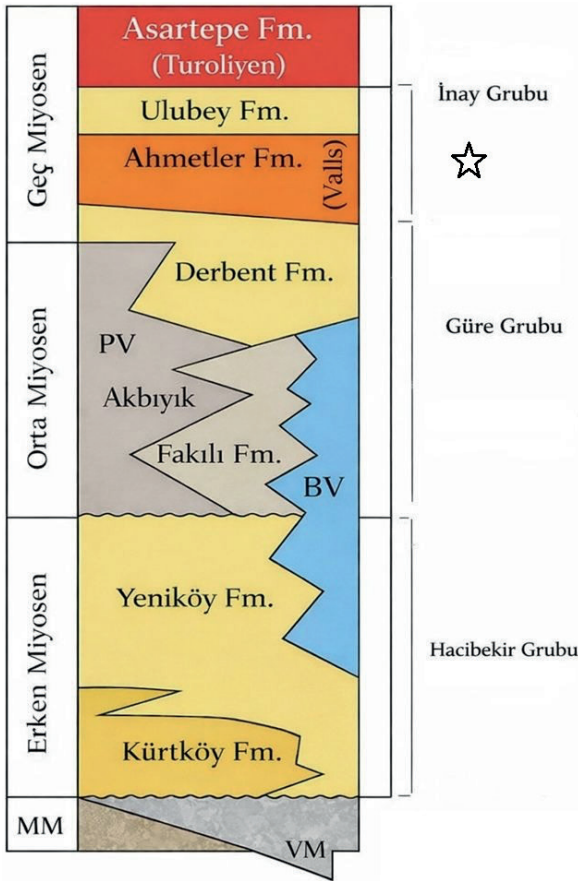
ve yaşlandırılması, son yıllarda yapılan ayrıntılı jeolojik ve stratigrafik çalışmalarla yeniden ele alınmıştır (Seyitoğlu vd., 2009; Göktaş vd., 2025).

Seyitoğlu vd. (2009) tarafından önerilen stratigrafik çerçevede, Selendi-Uşak Neojen havzalarındaki tortul istifler altta Hacıbekir Grubu'na ait Erken Miyosen yaşlı birimler ve bunların üzerine uyumsuz olarak gelen İnay Grubu ile temsil edilmektedir. Bu birimler, ağırlıklı olarak flüvyal ve gölsel ortam koşullarında çökelmiş olup, yer yer volkanik arakatıklar içermektedir. Bu istiflerin üzerinde ise Orta-Üst Miyosen yaşlı sedimanter birimler yer almakta ve bölgesel ölçekte flüvyal çökeltme koşullarının hâkim olduğu bir evreyi yansıtmaktadır.

Eşme ve çevresinde yüzeyleyen Neojen yaşlı flüvyal tortul birimlerin, güncel stratigrafik değerlendirmelere göre Geç Miyosen yaşlı Ahmetler Formasyonu kapsamında ele alınması gerektiği belirtilmektedir (Seyitoğlu vd., 2009; Göktaş vd., 2025). Ahmetler Formasyonu; çakıltaşı, kumtaşı, silttaşı ve çamurtaşı araldanmasından oluşmakta olup, flüvyal-alüvyal yelpaze ortamlarında çökelmiş tortullarla karakterizedir. Formasyon, litolojik özellikleri ve stratigrafik konumu itibarıyla Selendi-Uşak Neojen Havzaları'ndaki Geç Miyosen yaşlı flüvyal sedimanter istifleri temsil etmektedir (Göktaş vd., 2025).

Arazi gözlemleri, jeoloji haritası verileri ve litolojik özelliklerin birlikte değerlendirilmesi, çalışma alanında gelişen peribacalarının stratigrafik olarak Geç Miyosen yaşlı Ahmetler Formasyonu ile ilişkili olduğunu ortaya koymaktadır (Şekil 4). Ahmetler Formasyonu, Selendi-Uşak Neojen havzaları içerisindeki flüvyal kökenli tortul istiflerin önemli bir bölümünü oluşturmakta ve alttaki Orta Miyosen yaşlı Güre Grubu birimleri ile üstte yer alan Geç Miyosen yaşlı İnay Grubu birimleri arasında konumlanmaktadır. Peribacalarının geliştiği seviyeler, zayıf tutturulmuş çakıltaşı, kumtaşı ve

silttaşı ardalanmalarından oluşan, heterojen tane boyu dağılımına sahip flüvyal çökellerle temsil edilmekte olup, bu litolojik özellikler Ahmetler Formasyonu'nun genel sedimanter karakteri ile uyum göstermektedir. Şekil 4'te sunulan stratigrafik dizilim, peribacalarının Miyosen yaşlı flüvyal birimler içerisindeki konumunu açık biçimde ortaya koymakta ve söz konusu şekillerin gelişiminin, formasyonun litolojik zayıflıkları ve sedimanter dokusu ile doğrudan ilişkili olduğunu göstermektedir.



Şekil 4: Uşak-Güre Havzası'na ait sadeleştirilmiş stratigrafik dikme kesit; Miyosen yaşlı formasyonların ve ilişkili litolojik birimlerin dağılımını göstermektedir. Kısaltmalar: BV, Bazalt Volkanit; MM, Menderes Masifi; PV, Paleosol Vesikülit; Valls, Vallasiyen; VM, Vezirler Melanjı; ☆: Peribacalarının bulunduğu jeolojik birim (Göktaş vd., 2025'ten faydalanılarak).

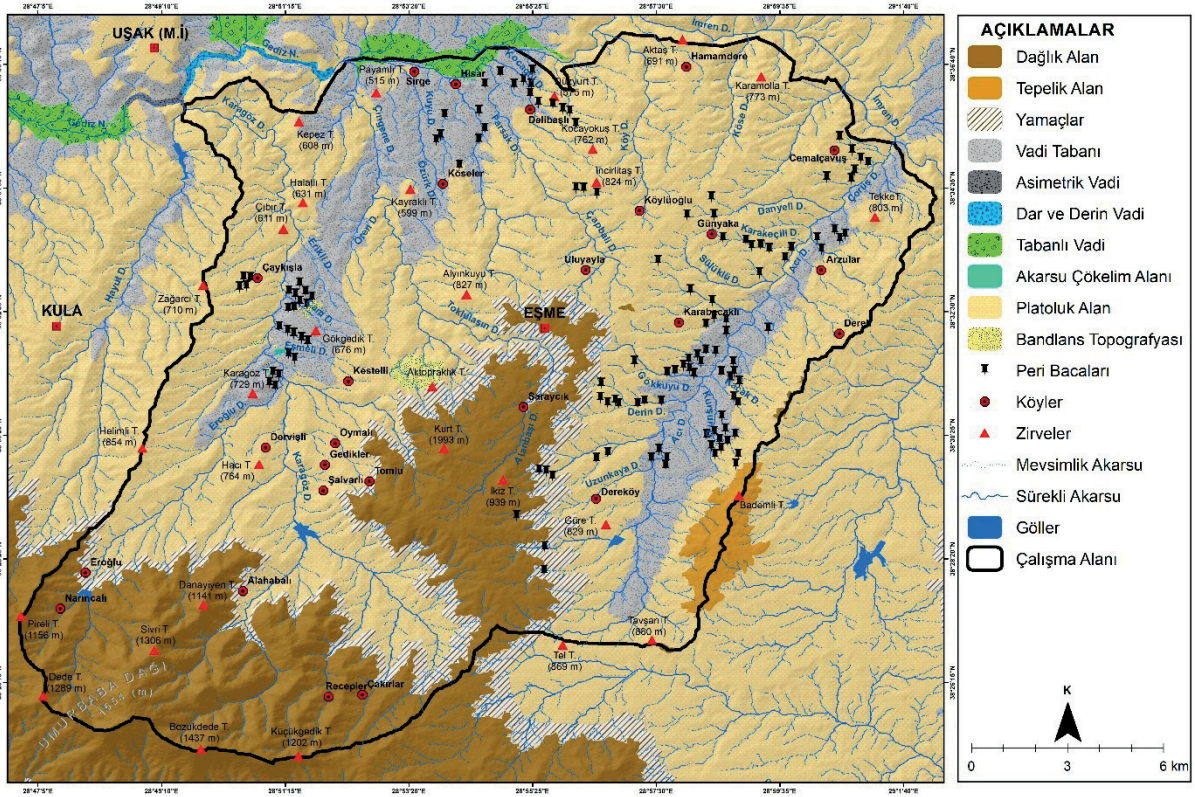
Figure 4: Simplified stratigraphic column of the Uşak-Güre Basin showing the distribution of Miocene formations and associated lithological units. Abbreviations: BV, Basaltic Volcanics; MM, Menderes Massif; PV, Palaeosol Vesiculated Unit; Valls, Vallesian; VM, Vezirler Mélange. ☆: Geological unit characterised in which fairy chimneys developed (Modified after Göktaş et al., 2025).

Jeomorfolojik Yapı

Eşme ilçesi çevresindeki araştırma alanı, Batı Anadolu'nun genel morfolojik özelliklerini yansıtan hafif engebeli bir alanda yer almaktadır. Bölgedeki topografik yapı, genellikle orta büyüklükteki vadiler ve bu vadileri sınırlayan eğimli yamaçlardan oluşmaktadır. Bu jeomorfolojik yapı, alanda peribacası oluşumu için elverişli bir ortam oluşturmaktadır.

Eşme ve çevresinin morfografya haritası, havza ölçeğinde morfolojik ünitelerin dağılımını, akarsu ağının etkilerini ve özel şekillerin (peribacaları, kırgıbayır (badlands) topografyası, dar vadiler vb.) mekânsal konumunu ayrıntılı biçimde göstermektedir (Şekil 5). Çalışma alanı, Batı Anadolu'nun Neotektonik rejimi içerisinde, yüksek dağlık alanlar, plato kuşakları, vadi tabanları ve erozyon sahaları arasında belirgin morfolojik kontrastlara sahiptir.

Dağlık alanlar özellikle güneyde yükselmekte ve metamorfik temel kayaların hâkimiyeti nedeniyle aşınmaya karşı dirençli kütleler oluşturmaktadır. Buna karşılık, çalışma alanının orta kesimlerinde yer alan Miyosen yaşlı çakıltaşı-kumtaşı-çamurtaşı ardalanmasından oluşan tortul birimler, tepelik alanlar ve plato yüzeylerinin geliştiği daha az dirençli litolojileri temsil etmektedir. Bu Miyosen çökelleri, Banaz Çayı ve yan kolları tarafından zamanla oyularak vadilerle yarılmış, çok parçalı ve engebeli bir topografya oluşturmuştur. Litolojik heterojenlik ve akarsu aşındırması arasındaki bu etkileşim, peribacası gelişimini destekleyen morfolojik koşulların ortaya çıkmasında belirleyici olmaktadır.



Şekil 5. Çalışma alanının morfografya haritası.

Figure 5. Morphographic map of the study area.

Morfografya haritasında dikkat çeken bir diğer unsur vadi sistemleridir (Şekil 5). Gediz Nehri ve kolları boyunca dar ve derin vadiler, kenar bölgelerde ise tabanlı vadiler görülmektedir. Bu durum, farklı litolojik zeminler üzerindeki akarsu aşındırmasının karakterini yansıtır. Ayrıca vadi yamaçlarında işaretlenen asimetri, hem yapısal kontrolü (faylanma, tabaka eğimleri) hem de erozyon süreçlerindeki farklılığı ortaya koymaktadır.

Kırgıbayır topografyası özellikle doğu ve güneydoğuda yer almakta, gevşek tutturulmuş kayalardan yapıli alanlarda yoğun yüzey akışı ve sel karakterli yağışların etkisiyle gelişmiş erozyon sahalarını temsil etmektedir. Bu tür alanlar hem tarımsal faaliyetler açısından sorunlu sahalar hem de güncel erozyon süreçlerinin izlenebildiği dinamik ortamlar olarak değerlendirilebilir.

Peribacaları ise morfografya haritasında siyah sembollerle gösterilmekte ve özellikle Çaylıca–Karacaören ve Eşme doğusundaki Uluyayla–Derin Dere hattında yoğunlaşmaktadır (Şekil 5). Bu oluşumlar, vadi yamaçlarındaki litolojik heterojenlik (çakıltaşı mercikleri ve ince taneli seviyeler) ile yüzeyel akışın etkileşimi sonucu şekillenmiştir. Kapadokya’daki tüf kökenli örneklerden farklı olarak burada akarsu süreçleri ve sel karakterli akışlar belirleyici rol oynamaktadır. Dolayısıyla Eşme peribacaları, akarsu kaynaklı jeomorfositler arasında literatüre özgün katkı sağlayan bir örnektir.

Haritada ayrıca akarsu çöküntü alanları ve göl çanakları belirlenmiştir. Bunlar, havzanın iç drenaj özelliklerini ve Kuvaterner boyunca devam eden morfordinamik süreçleri göstermektedir (Şekil 5).

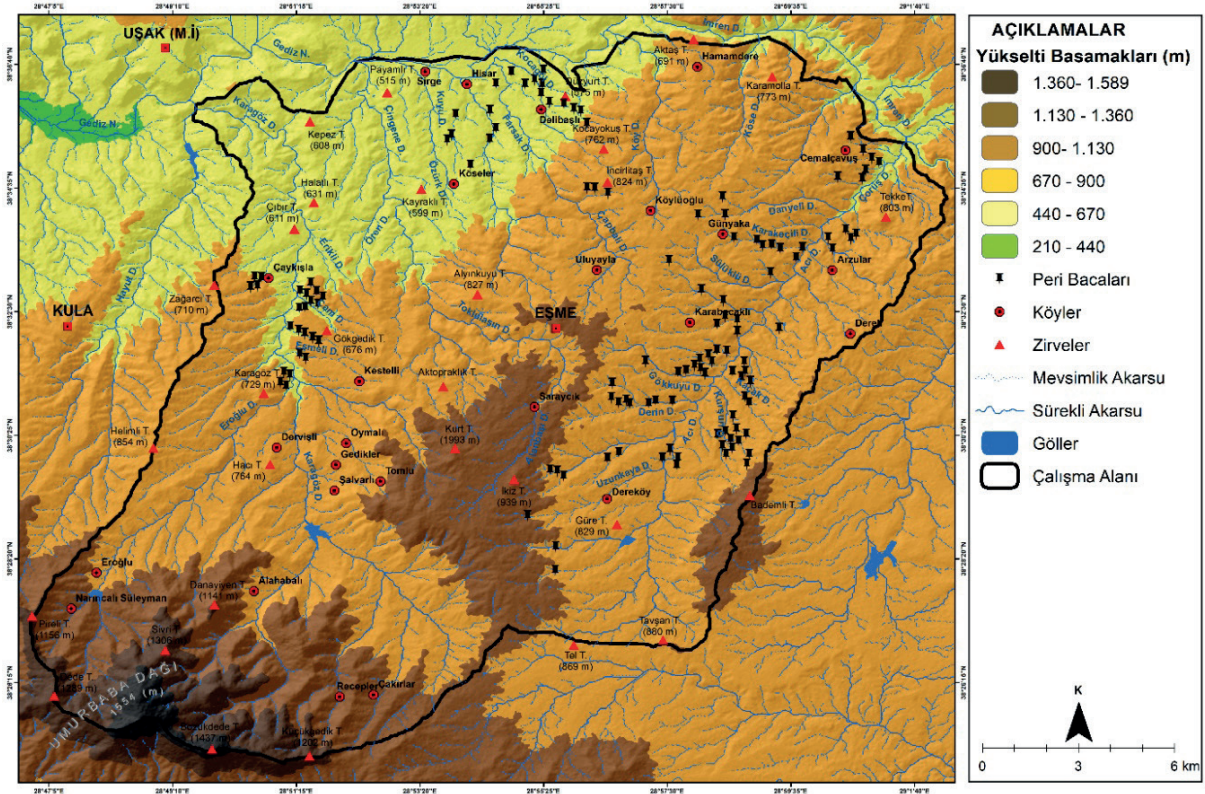
Genel olarak Eşme havzasının morfolojik gelişiminde bazı unsurların belirleyici olduğu görülmektedir. Bunlar; kuzey–güney yönlü yapısal doğrultuların akarsu ağını kontrol etmesi, Kuvaterner boyunca etkin olan yüzeysel akış süreçlerinin vadi yamaçlarında asimetri, kırgıbayır ve peribacaları gibi özel şekiller oluşturması, litolojik çeşitliliğin morfodinamik süreçlere farklı tepkiler vererek kısa mesafede kontrast topografya doğurması gibi unsurlardır.

Bu morfolojik üniteler bir arada değerlendirildiğinde, Eşme Havzası hem jeomorfolojik çeşitlilik hem de jeolojik miras bağlamında öne çıkmakta; özellikle peribacaları ve kırgıbayır alanları jeomorfosit nitelikleriyle jeoturizm ve eğitim açısından dikkat çekmektedir (Reynard vd., 2007; Wimbledon ve Smith-Meyer, 2012).

Topografik Özellikler

Arazi genel olarak vadiler tarafından yarılmış plato yüzeyleri ve tepelik alanlardan oluşmaktadır. Vadiler çoğunlukla kısa boyutlu olup, yüzeysel akışın vadi tabanlarında yoğunlaşmasına neden olmaktadır. Bu durum, alanda akarsu kökenli alüvyal ve kolüvyal birikimlerin yaygınlaşmasını sağlamıştır. Bölgedeki yükselti değerleri 700–800 m seviyelerine ulaşırken, vadilerde 500 m'nin altına kadar düşmektedir (Şekil 6).

Çalışma alanındaki bu topografya, orta-geç Miyosen yaşlı çakıltası–kumtaşı–çamurtaşı araldanmasından oluşan tortul tabakaların akarsu aşındırmasıyla parçalanması sonucu şekillenmiştir. Güncel yüzeysel akış ve farklı dirençteki litolojilerinin ayrışma özellikleri, tabakaların yer yer belirgin eğim farklılıklarıyla ortaya çıkmasına yol açmaktadır.



Şekil 6. Çalışma sahasının fiziki haritası.

Figure 6. Physical map of the study area.

Özellikle eğimin yüksek olduğu yamaçlarda, zayıf tutturulmuş kumtaşı-silttaşı-kiltaşı seviyeleri daha hızlı aşırken, daha dayanıklı çakıltası mercekleri yerel ölçekte koruyucu etki yaratarak şekil gelişimini yönlendirmektedir. Bu süreçler, Miyosen tabakaları üzerindeki güncel morfolodinamik koşulların peribacası gelişimine katkı sunduğunu göstermektedir.

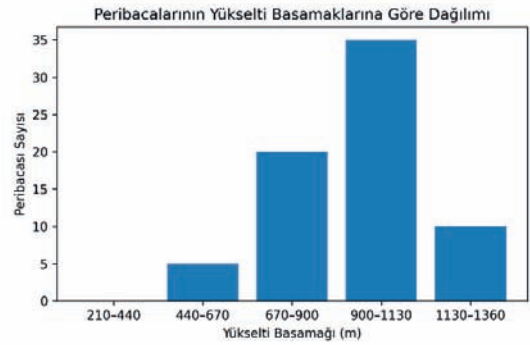
Eşme ve yakın çevresi, 210 m ile 1.589 m arasında değişen yükseltileriyle belirgin bir topografik çeşitlilik sunmaktadır. En düşük kotlar (210-440 m), Gediz Nehri ve İmren Deresi tabanlarında görülmekte olup, tarımsal kullanımın yoğun olduğu geniş tabanlı vadileri temsil eder. 440-670 m basamakları ise hafif eğimli tepelik alanları ve yerleşimlerin yoğunlaştığı sahaları oluşturmaktadır.

Peribacalarının en yoğun görüldüğü yükselti aralığı 670-900 m olup, Çaylıca-Karacaören-Güllü köyleri hattında belirginleşmektedir. Bu yükselti basamağı, Miyosen yaşlı çakıltası-kumtaşı-çamurtaşı ardalınması üzerinde gelişen litolojik heterojenlik ve eğim koşullarının birleşmesiyle, peribacaları ve kırgıbayır topografyası gibi özgün şekillerin ortaya çıkmasına zemin hazırlamaktadır. Peribacalarının ikinci yoğunluk alanı 900-1130 m arasındaki plato yüzeyleridir. Buna karşılık 1130 m üzerindeki yüksek kotlarda metamorfik temel kayalar hâkim olduğu için peribacası gelişimi oldukça sınırlıdır. 210-440 m arasında ise peribacası gelişimi görülmemektedir (Şekil 7).

Genel olarak peribacalarının orta yükselti basamaklarında yoğunlaşması, düşük kotlarda birikim ve tarımsal kullanımın baskın olması ile yüksek kotlarda dirençli metamorfik birimlerin hâkimiyeti arasındaki geçiş zonlarında akarsu aşındırmasının aktif olduğu morfolodinamik alanların belirleyici rol oynadığını göstermektedir.

Genel olarak çalışma alanı, düşük kotlu tarım havzalarından yüksek dağlık kütlelere kadar geniş bir yükselti yelpazesi sergilemektedir. Bu

çeşitlilik, bölgenin jeomorfolojik çeşitliliğini artırmakta; aynı zamanda Eşme peribacaları gibi özel şekillerin gelişmesine olanak sağlamaktadır. Böylece Eşme ve çevresi yalnızca topografik açıdan farklılık göstermemekte, aynı zamanda jeolojik miras bağlamında da özgün değerler sunmaktadır (Reynard vd., 2007; Wimbledon ve Smith-Meyer, 2012).



Şekil 7. Peribacalarının yükselti basamaklarına göre dağılımı.

Figure 7. Distribution of fairy chimneys according to elevation.

PERİBACASI OLUŞUMLARI VE MORFOLOJİK ETKİLER

Litolojik Kontrol ve Şekil Gelişimi

Araştırma alanında peribacası oluşumlarının gelişiminde litolojik özellikler belirleyici rol oynamaktadır. Yamaçlarda yüzeylenen akarsu kökenli tortul seviyeler, farklı tane boyutuna ve çimentolanma derecesine sahip katmanların düşey ve yanal yönde düzensiz ardalınmasıyla karakterizedir. Özellikle çakıltası ve kumtaşı gibi iri taneli ve görece daha dayanıklı katmanların üst seviyelerde, kiltası ve silttaşı gibi ince taneli ve zayıf tutturulmuş seviyelerin ise alt kesimlerde yer alması, seçimli erozyon süreçlerini belirgin hale getirmektedir.

Bu litolojik düzenlenme, akarsu ve yüzeysel akışın alt seviyelerdeki zayıf katmanları daha hızlı

aşındırmasına, üstteki daha dayanıklı tabakaların ise görece korunmasına olanak sağlamaktadır. Böylece, sütun biçimli peribacası benzeri şekiller gelişmektedir. Arazi gözlemleri, dönüşümlü katmanlar arasında yer alan daha yumuşak seviyelerin hızla oyulduğunu, buna karşılık üstteki daha sert katmanların aşınmaya karşı direnç gösterdiğini ortaya koymaktadır (Atalay, 2006).

Araştırma alanındaki peribacaları, çoğunlukla vadi tabanları ve mikro vadiler boyunca kümelenmiş olup, yükseklikleri genel olarak 5–15 m arasında değişmektedir. Şekillerin baş kısımları çoğu zaman belirgin bir şapka taşı içermemekte, ancak yer yer daha kalın ve dayanıklı katmanların koruyucu etkisi altında gelişmiş sütunsu formlar gözlenmektedir. Alt kesimlerde ise ince taneli ve gevşek tutturulmuş sedimanlardan oluşan tabakaların sürekli aşınma uğradığı dikkat çekmektedir. Bu durum, şekil gelişiminin litolojik heterojenlik ile yüzeysel akış süreçleri arasındaki etkileşimle kontrol edildiğini göstermektedir (Yılmaz, 1997).

Morfodinamik Süreçler

Araştırma alanında peribacası oluşumlarının gelişiminde etkili olan başlıca morfodinamik süreç, akarsu ve yüzeysel akış faaliyetleridir. Özellikle ilkbahar ve sonbahar yağışları sırasında artan yüzeysel akış, çökel taşınımını ve aşındırma gücünü artırmaktadır. Bu süreç, farklı aşınma direncine sahip litolojik seviyeler üzerinde selektif bir etki yaratarak, düşük dirençli tabakaların daha hızlı aşındırılmasına neden olmaktadır.

Yamaçlar boyunca gelişen küçük dereler ve geçici akış kanalları, özellikle gevşek tutturulmuş ince taneli seviyelerde oyulmayı hızlandırmakta; bu oyulmalar zamanla dar yarıntılar ve oluklar şeklinde gelişerek sütun biçimli şekillerin ortaya çıkmasına zemin hazırlamaktadır. Daha dayanıklı katmanlar ise bu aşınma sürecine karşı görece bir direnç göstererek, sütunların üst kesimlerinde koruyucu bir rol üstlenmektedir.

Bu morfodinamik süreçler, çalışma alanındaki peribacalarının oluşumunun volkanik tüfler üzerinde gelişen klasik örneklerden farklı olarak, akarsu kökenli tortulların litolojik özellikleri ile akarsu dinamiklerinin birlikte etkili olduğu bir süreç sonucunda gerçekleştiğini ortaya koymaktadır.

İklim Özellikleri

Uşak–Eşme çevresi, Ege Geçiş Kuşağı içerisinde yer almakla birlikte, yarı kurak karakterli ve karasal etkinin belirgin olduğu bir iklim yapısına sahiptir. Bölgedeki ortalama yıllık yağış miktarı yaklaşık 550–600 mm civarında olup, yağışlar ağırlıklı olarak kış ve ilkbahar aylarında gerçekleşmektedir (MGM, 2022). Bu yağış rejimi, alansal farklılaşmadan ziyade, peribacası oluşumunu yönlendiren morfoiklimatik süreçler açısından önem taşımaktadır.

Yağışların düzensizliği ve kısa süreli, yüksek şiddetli sağanaklar şeklinde gerçekleşmesi, yüzeysel akışı artırarak akarsu kökenli ve zayıf tutturulmuş tortul kayaçların bulunduğu alanlarda selektif erozyon süreçlerini hızlandırmaktadır. Özellikle eğimli yamaçlarda gelişen ani yüzey akışları, ince taneli ve düşük dirençli litolojik seviyelerin hızlı biçimde oyulmasına neden olmakta; buna karşılık daha dayanıklı katmanlar görece korunarak sütun biçimli şekillerin gelişimine olanak sağlamaktadır.

Bölgedeki iklim koşulları, yağışa bağlı yüzeysel akış süreçlerinin yanı sıra, sıcaklık farklarına bağlı fiziksel ayrışmayı da desteklemektedir. Donma–çözülme gibi mekanik ayrışma süreçleri, özellikle gevşek tutturulmuş tortul kayaçların dayanımını azaltarak erozyona karşı duyarlılığı artırmaktadır. Bu yönüyle iklim, çalışma alanında peribacası oluşumunu mekânsal olarak farklılaştıran bir unsurdan ziyade, yüzeysel akış ve ayrışma süreçlerini tetikleyen temel bir morfodinamik bileşen olarak değerlendirilmektedir (Atalay, 2006).

Hidrografya

Araştırma alanı, küçük ölçekli ve mevsimsel akış gösteren geçici akarsuların hâkim olduğu bir mikro-drenaj sistemi ile karakterize edilir. Bu drenaj ağı, özellikle yağışlı dönemlerde yüzeysel akışın artmasıyla etkinleşmekte; akarsu kökenli ve zayıf tutturulmuş çökeller üzerinde kısa süreli fakat yüksek enerjili aşındırma süreçleri meydana getirmektedir.

Geçici akışlar, yamaçlar boyunca dar yarınların oluşumunu başlatmakta; bu yarınlar zamanla genişleyip derinleşerek litolojik tabakalanma farklılıklarıyla etkileşime girmektedir. İnce taneli ve düşük aşınma dirençli seviyelerde oyulma hızlanırken, yüksek aşınma direncine sahip olan katmanlar görece korunmakta ve bu durum sütun biçimli peribacası benzeri şekillerin gelişimine zemin hazırlamaktadır. Bu süreç, peribacası oluşumunun süreklilik gösteren bir akarsu faaliyeti yerine, episodik ve yüksek etkili akış olaylarıyla ilişkili olduğunu ortaya koymaktadır.

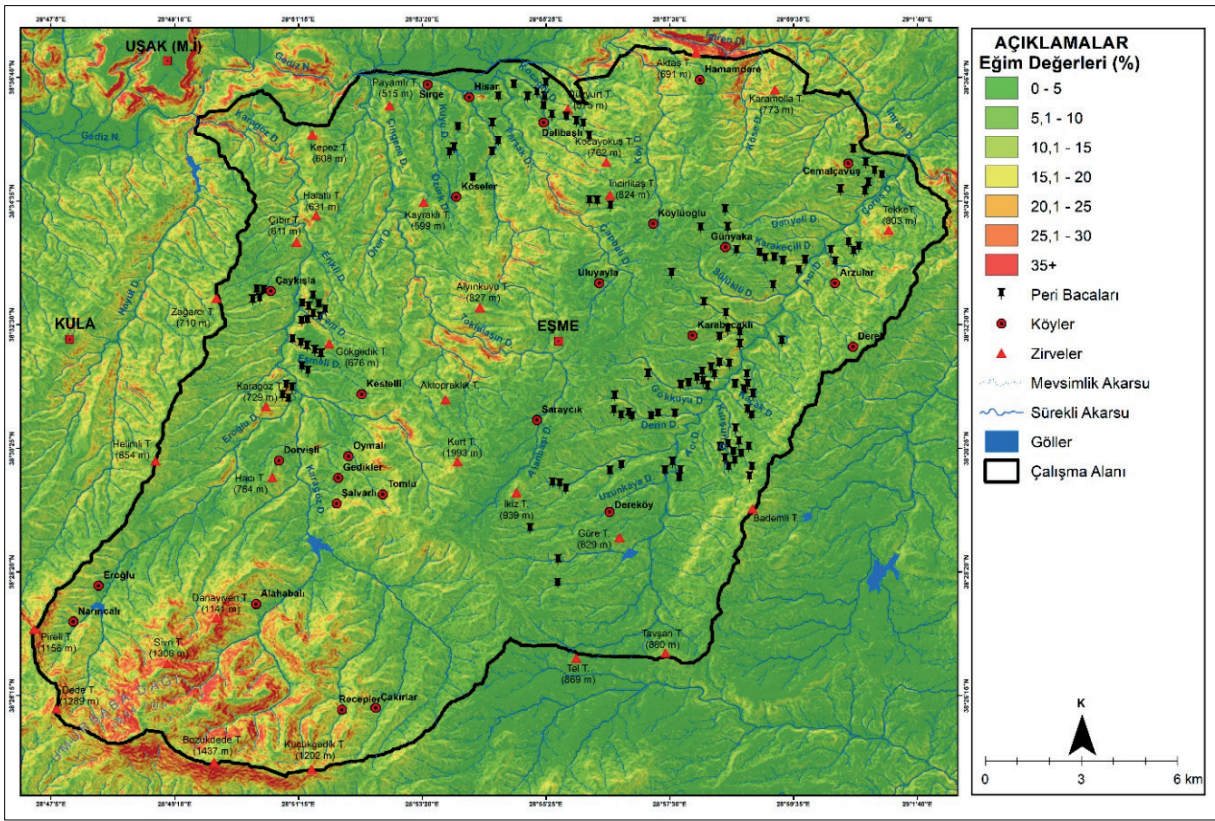
Araştırma alanında kalıcı bir drenaj ağı bulunmamakla birlikte, sel karakterli akışlar, çökel taşınımı, yeniden birikim ve yüzey şekillenmesi üzerinde belirleyici rol oynamaktadır. Mikro-drenaj yapısı ve mevsimsel akış rejimi, peribacası oluşumunun mekânsal dağılımını yönlendiren temel flüvyal süreçler arasında yer almakta; böylece hidrografya, çalışma alanında nicel bir sınıflandırma unsuru olmaktan ziyade, aşınma şekli gelişimini kontrol eden süreç temelli bir bileşen olarak değerlendirilmektedir.

Eğim Özellikleri

Peribacalarının bulunduğu yamaçlar, oldukça belirgin bir şekilde eğimli olup, peribacalarının gelişimi için elverişli bir yerçekimsel dinamiğe sahiptir. Eğimin etkisiyle yağış suları yüzeysel akışa geçmekte ve tabakalar arasında düşey

erozyon başlatmaktadır. Yamaç boyunca hareketsizleşen ya da yavaş akan yüzey suları, litolojik zayıflık hatlarını (örneğin ayrışma zonları, çatlaklar) takip ederek ayrışmayı hızlandırmaktadır. Bu süreçte, şelale erozyonu ve kenar aşındırması mikro ölçekli morfolojik süreçler etkin olmaktadır. Sonuç olarak, sütun biçimli şekiller oluşmakta ve zamanla bu şekiller, peribacası formuna evrilmektedir. Akarsu çökellerinde gelişmiş olan Eşme peribacalarının bulunduğu yamaçlar peribacası oluşumu için oldukça uygun eğim değerlerine sahiptir (Şekil 8). Bu nedenle günümüzde halen peribacası oluşumu aktif bir şekilde devam etmektedir.

Çalışma alanındaki eğim dağılımı hem peribacalarının konumlandığı jeomorfolojik birimleri hem de bu şekillerin oluşum ve gelişim süreçlerini anlamak açısından kritik öneme sahiptir. Eğim haritasında 0–5° arasında değişen düşük eğimli sahalarda, özellikle akarsu tabanları, alüvyal düzlükler ve köy yerleşimlerinin yoğunlaştığı alanlarda görülmektedir. 5,1–15° arasındaki orta eğimli sahalarda ise geniş bir alana yayılmakta olup, peribacalarının çoğunlukla bu eğim basamaklarında yer aldığı dikkati çekmektedir. 15°'nin üzerindeki eğim değerleri genellikle güney kesimde dağlık alanlar ve çevresinde yoğunlaşmaktadır (Şekil 8). Peribacalarının çoğunlukla 5–15° eğim değerleri arasında, yani orta eğimli yamaçlarda kümelenmiş olduğunu göstermektedir. Bu durum, akarsu vadilerinin kenar zonlarında gelişmiş olan peribacalarının oluşum mekanizmasını desteklemektedir. Zira yüzeysel akış ve mevsimsel akarsu erozyonu, özellikle bu eğim aralığında etkili olmakta, litolojik heterojenlikler üzerinde diferansiyel ayrışmayı hızlandırmaktadır. Daha dik yamaçlarda (20° ve üzeri) peribacası gelişimi sınırlı kalmakta, çünkü yamaç dengesizliği ve kütle hareketleri bu tür oluşumların korunabilirliğini azaltmaktadır. Mevsimlik ve sürekli akarsuların dağılımının eğim basamaklarıyla birlikte gösterilmesi önemlidir.



Şekil 8. Çalışma alanının eğim haritası.

Figure 8. Slope map of the study area.

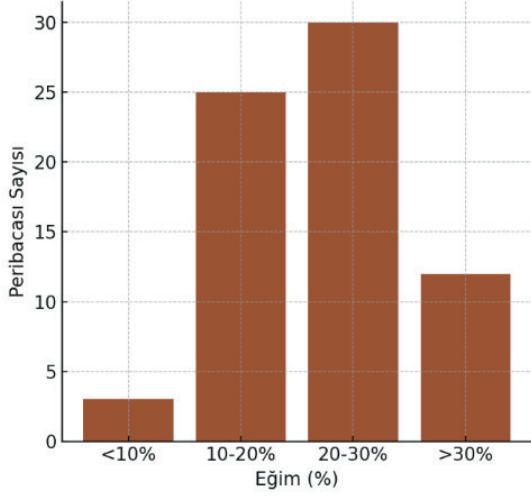
Akarsuların aktığı düşük eğimli alanlar, birikim süreçlerini temsil ederken; vadilerin yan yamaçlarındaki orta eğimli alanlar, peribacalarının gelişimi için uygun aşınım koşulları sunmaktadır. Özellikle Karabacaklı ve Dereköy çevresinde gözlenen peribacası kümelenmeleri, bu jeomorfodinamik ortamın tipik örnekleridir.

Köy yerleşimlerinin büyük çoğunluğu 0–10° eğim değerine sahip sahalarda konumlanmıştır. Buna karşın peribacalarının hemen yakınında yer alan köyler (ör. Güllü, Karabacaklı), hem jeomorfolojik miras unsurlarının korunması hem de jeoturizm faaliyetlerinin planlanması açısından önem taşımaktadır. Nitekim orta eğimli yamaçlarda konumlanmış bu doğal şekiller, kırsal turizmin odak noktası olabilecek görsel ve bilimsel değerler sunmaktadır (Panizza, 2001). Eşme

peribacalarının gelişiminde eğim değerlerinin belirleyici rolü açıkça ortadadır. Orta eğimli yamaçlar hem diferansiyel erozyon süreçleri hem de litolojik zayıflıkların yüzeysel akışla birleşmesi sonucunda peribacalarının en yoğun gözlemlendiği sahaları temsil etmektedir. Dolayısıyla eğim faktörü, bu özgün jeomorfositlerin hem oluşumunu hem de sürdürülebilirliğini anlamada kilit bir parametre olarak değerlendirilebilir.

Çalışma alanında gelişen peribacalarında ortalama eğim aralıkları incelendiğinde; %10–30 eğim aralığı, peribacası oluşumu için en sık rastlanan dilim olup, daha düşük eğimli (<%10) alanlarda peribacası bulunmamaktadır. Daha dik eğimlerde şapka koruyuculuğu belirgin durumdadır. Peribacalarının eğim aralıklarına göre dağılımı grafikte gösterilmiştir (Şekil 9).

Peribacalarının Eğim Aralıklarına Göre Dağılımı

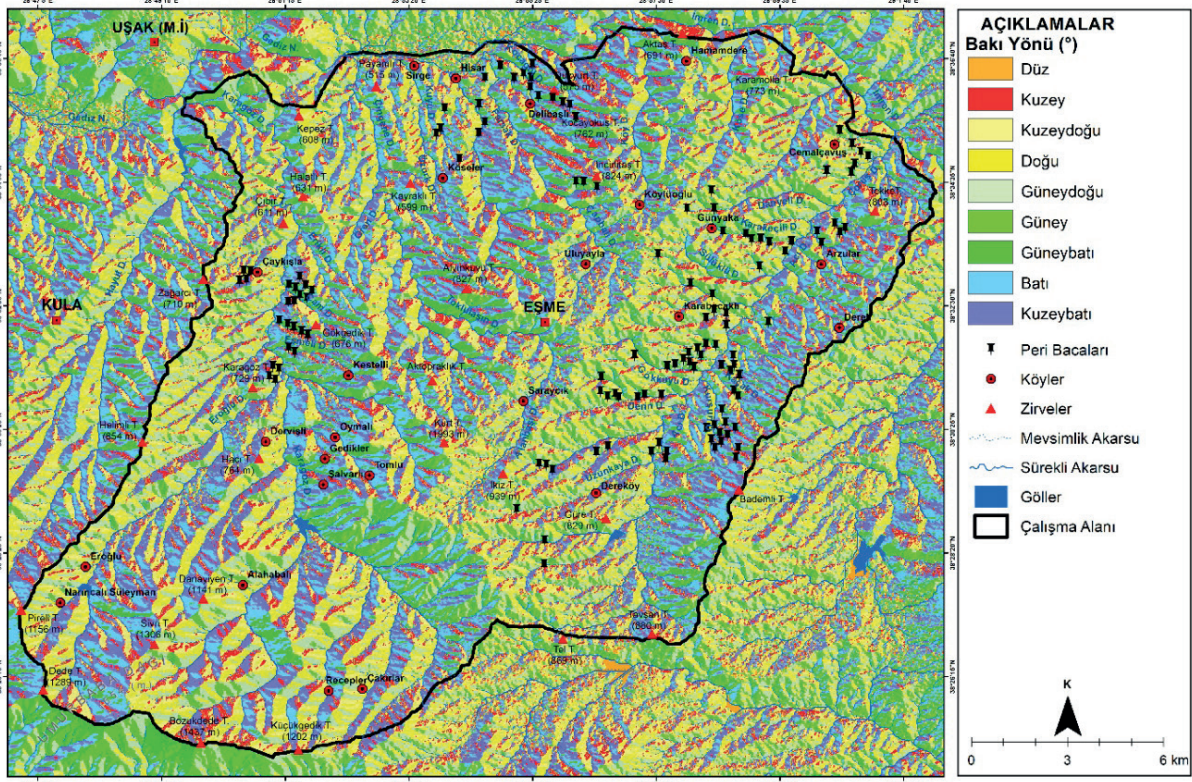


Bakı Özellikleri

Çalışma alanında bulunan peribacalarının bakı özellikleri incelendiğinde, bu oluşumların en yoğun olarak kuzeybatı (KB) bakılı yamaçlarda, ikincil yoğunluğun ise kuzeydoğu (KD) bakılarda toplandığı görülmektedir (Şekil 10). Buna karşılık, güney, güneydoğu ve güneybatı bakılarda peribacası gelişimi oldukça sınırlıdır veya tamamen yoktur. Bu dağılım, bakı yönünün peribacası oluşum ve korunma süreçleri üzerindeki belirleyici etkisini açık biçimde ortaya koymaktadır.

Şekil 9. Peribacalarının eğim aralıklarına göre dağılım grafiği.

Figure 9. Distribution of fairy chimneys according to slope intervals.



Şekil 10. Çalışma alanının bakı haritası.

Figure 10. Aspect map of the study area.

Peribacalarının özellikle kuzeybatı ve kuzeydoğu bakılı yamaçlarda yoğunlaşması, bu yamaçlarda yüzeysel akışın görece daha uzun süre etkin kalmasıyla ilişkili görünmektedir. Güneşlenme süresinin daha sınırlı olduğu bu bakılarda gelişen nemli mikroklimatik koşullar, zayıf tutturulmuş flüvyal tortulların fiziksel ayrışmasını kolaylaştırmakta; buna karşılık üstte yer alan daha dirençli çakıtaşı ve kumtaşı seviyeleri koruyucu bir etki oluşturarak sütunsu peribacası morfolojilerinin daha belirgin gelişmesine katkı sağlamaktadır.

Summerfield'in (2014) vurguladığı üzere, yer şekillerinin gelişiminde bölgesel topoğrafya ile bakı yöneliminin birlikte değerlendirilmesi büyük önem taşımaktadır. Çalışma alanında özellikle kuzeybatı ve kuzeydoğu bakılı mikro-vadiler, sınırlı güneşlenme, daha düşük buharlaşma ve eğimin yönlendirdiği yüzeysel akışın görece daha düzenli ve süreklilik gösteren bir karakter kazanması sayesinde, peribacalarının hem oluşumu hem de stabil biçimde korunması açısından elverişli koşullar sunmaktadır. Bu yamaçlarda yüzeysel akış, daha az buharlaşma ile desteklenerek selektif erozyonun etkinliğini artırmaktadır.

Yamaç yönelimi, drenaj sistemlerinin gelişimi ve akarsu ağlarının yönlenmesi üzerinde de önemli bir topografik kontrol unsuru oluşturmaktadır. Twidale (2004), drenaj örüntülerinin topoğrafik eğim, yapısal özellikler ve bakı yönü ile yakından ilişkili olduğunu belirtmiştir. Eşme çevresinde peribacalarının çoğunlukla kuzeybatı ve kuzeydoğu yönelimli mikro-vadiler içerisinde, mevsimlik akarsuların aşındırıcı etkisiyle şekillendiği gözlenmektedir. Bu vadilerde akış, vadi tabanına odaklanarak ince taneli ve zayıf tutturulmuş çökelleri hızla uzaklaştırmakta; üstteki daha dirençli seviyeler ise görece olarak korunarak sütun biçimli şekillerin gelişimini desteklemektedir.

Atalay (2006), Türkiye'de bakı yönlerinin sıcaklık, yağış ve nem koşullarını belirgin biçimde etkilediğini; bunun da morfolimatik süreçlerde bölgesel farklılaşmalara yol açtığını ifade etmiştir. Eşme çevresinde güneyli bakılar, yüksek güneşlenme ve buharlaşma nedeniyle daha kuru mikroklimatik koşullar sunmakta ve bu durum peribacası gelişimini sınırlandırmaktadır. Buna karşılık kuzeyli bakılar, daha nemli mikroklima ve görece düşük sıcaklık koşullarıyla fiziksel ayrışma ve yüzeysel akış süreçlerini desteklemekte; bu da peribacalarının bu yönlerde yoğunlaşmasına neden olmaktadır (Çizelge 1).

Çizelge 1. Çalışma Alanında Bakıya Göre Peribacaları Yoğunluğu.

Table 1. Density of fairy chimneys according to aspect in the study area.

Bakı Yönü	Açı	Yoğunluk (0–5 arası)	Açıklama
Kuzey	0°	4	Nemli, gölgeli; donma-çözülme etkisi yüksek
Kuzeydoğu	45°	5	En yoğun; yüzey akışı etkili, gölgeli ortam
Doğu	90°	2	Orta yoğunluk; geçiş bakısı
Güneydoğu	135°	1	Kurak, erozyon sınırlı
Güney	180°	0	Buharlaşma yüksek, peribacası yok
Güneybatı	225°	1	Kısıtlı gelişim; açık bakı
Batı	270°	2	Geçiş alanı, bazı örnekler görülüyor
Kuzeybatı	315°	3	Gölgeleme etkili; şekiller belirgin

Harita verileri ve arazi gözlemleri birlikte değerlendirildiğinde, peribacalarının en yoğun geliştiği yönün kuzeybatı (KB) bakışı olduğu, kuzeydoğu (KD) bakının ise ikinci derecede yoğunluk gösterdiği açıkça görülmektedir. Kuzey (K) bakılarda da yerel ölçekte belirgin şekillenmeler gözlenmekle birlikte, dağılım KB ve KD bakılara kıyasla daha sınırlıdır. Buna karşılık, güney (G) ve güneydoğu (GD) bakılarda peribacası gelişimi ya çok zayıftır ya da tamamen yoktur. Bu durum, yüksek buharlaşma, yüzey kuruması ve ayrışma süreçlerinin baskılanması ile açıklanabilir. Ayrıca güneyli bakılarda bitki örtüsünün görece daha yoğun olması, yüzeysel akışı sınırlandırarak tortulların stabilize olmasına katkı sağlamaktadır.

Elde edilen bu bulgular, peribacalarının dağılımında yalnızca litolojik ve morfometrik faktörlerin değil, mikroklimatik koşulların ve bakı yönünün de belirleyici olduğunu ortaya koymaktadır. Bakı yönü, akarsu kökenli tortul kayaların ayrışmaya ve yüzeysel akışa açıklığını kontrol eden temel bir morfodinamik bileşen olarak değerlendirilmelidir.

EŞME PERİBACALARININ MORFOLOJİK ANALİZİ

Türkiye’de peribacaları çoğunlukla tüf ve diğer volkanik kayalar üzerinde gelişmekle birlikte, Eşme çevresinde gözlenen örnekler akarsu kökenli çökeller üzerinde şekillenmiş sütun biçimli yapılar olarak tanımlanmaktadır. Bu oluşumların morfolojik özellikleri, litolojik yapı, selektif erozyon süreçleri ve topoğrafik koşulların birlikte etkisiyle gelişmiştir.

Eşme Peribacalarının Genel Morfolojik Özellikleri

Eşme çevresinde Ahmetler Formasyonu üzerinde üzerinde gelişmiş peribacaları, çoğunlukla kolon ve sütun biçimli şekiller halinde olup, yükseklikleri

genel olarak 5–15 m arasında değişmektedir. Bu şekiller, farklı dirençteki tortul katmanlarının aşınmaya verdiği tepkiler doğrultusunda oluşmuştur. Üst kesimlerde yer alan daha dayanıklı çakıltaşı ve kumtaşı seviyeleri, alttaki ince taneli ve zayıf tutturulmuş malzemelerin aşınmasını görece yavaşlatarak sütunsu formların ayakta kalmasına olanak sağlamaktadır.

Peribacalarının şapka kısımları çoğunlukla yuvarlak ya da konik morfoloji sergilemekte; alt kesimlerde ise daralan ve belirgin bir sütun formu gelişmektedir. Arazi gözlemleri, bazı peribacalarının daha geniş tabanlı ve kısa gövdeli, bazılarının ise daha dar ve uzun gövdeli biçimler aldığını göstermektedir (Şekil 11). Bu morfolojik farklılıklar, aşınma süreçlerinin mekânsal ve zamansal değişkenliği ile ilişkilidir.



Şekil 11. Çaykışla peribacalarında iyi gelişmiş sütunlu yapı örneği.

Figure 11. Well-developed columnar structures in the Çaykışla fairy chimneys.

Yamaç eğimi, yüzeysel akışın yoğunluğu ve mikro-drenaj ağının düzeni, peribacalarının şekil ve boyutlarında belirleyici rol oynamaktadır. Özellikle akarsu yataklarına yakın kesimlerde, yüzeysel akışın etkisiyle oyulma hızlanmakta ve daha belirgin sütun formları gelişmektedir. Buna karşılık, drenajdan görece uzak alanlarda daha kısa ve düzensiz morfolojiler gözlenmektedir.

Erozyon Süreçlerinin Rolü

Peribacalarının morfolojik gelişiminde en etkili faktörlerden biri, selektif erozyon süreçleridir. Eşme çevresindeki sedimanter kayaların litolojik özellikleri, erozyonun selektif bir şekilde işlemesine olanak sağlamaktadır. Daha sert ve kalın tabakalar, erozyon sürecine karşı direnç gösterirken, ince taneli ve gevşek tutturulmuş bileşenlerden oluşan tabakalar hızla aşındırılmaktadır. Bu, peribacalarının temel morfolojik formunun, aşınmaya dirençli şapkaları ve erozyona uğrayan alt bölümleri ile belirginleşmesine yol açmaktadır.

Şapkalar, suyun akışkanlık özelliklerine, bölgedeki yağış miktarına ve mevsimsel değişimlere bağlı olarak şekillenmiştir. Özellikle kış ve ilkbahar mevsimlerinde yoğunlaşan yağışlar, yüzeysel akışa dönüşmekte ve çökellerin taşınmasını hızlandırmaktadır. Bu akış, daha ince taneli malzemelerin ayrıştırılıp taşınmasına ve bu malzemelerin alt kısmı boyunca derin yarınların oluşmasına yol açmaktadır. Ayrıca, akarsuların mevsimsel değişim gösteren debileri, peribacalarının şekil evrimini tetikleyen önemli bir faktördür. Sütunların alt kısımlarındaki erozyon, özellikle yaz aylarında daha belirgin hale gelir, çünkü yağışların düzensizliği ve ani akışlar, malzemelerin taşınmasını hızlandırır. Çalışma alanında selektif erozyon aktif olarak devam etmektedir. Bu nedenle peribacası oluşum süreci süreklilik arz etmektedir (Şekil 12).

Bölgedeki peribacalarının sütun şekilleri morfometrik açıdan oldukça çeşitlidir. Sütunlar bazı yerlerde dik yamaçlarda gelişirken bazı kesimlerde daha eğimli yüzeylere yerleşmiştir. Bu çeşitlilik, özellikle yamacın eğim yönü, litolojik birimlerin direnç farklılıkları ve yüzeysel akış dinamikleri ile ilişkilidir. Sütunların yanlarında görülen oyuk ve yarınlar, erozyonun tabakalar arasında seçici bir şekilde ilerlediğini gösteren önemli morfolojik göstergelerdir. Peribacalarının

yer aldığı yamaçlarda eğim genellikle %15–20 arasında olup, bu eğim değerleri yüzeysel akışın hızlanarak erozyon gücünü artırmasına ve şekil gelişimini desteklemesine katkı sağlamaktadır.



Şekil 12. Çalışma alanında genel olarak görüldüğü üzere, Karabacaklı peribacalarında da aktif erozyon devam etmektedir. Bu nedenle çatlaklar boyunca çökme ve bozulmalar görülmektedir.

Figure 12. Active erosion observed in the Karabacaklı fairy chimneys, as in the rest of the study area. Collapses and degradation are evident particularly in the weak and fractured sections of the chimneys.

Çalışma alanının genelinde bulunan küçük ölçekli akarsular, düşük enerjili mevsimsel rejime sahip, yatak boyunca ince taneli alüvyonlar taşıyan ve taban seviyesini yavaş yavaş düşüren akarsulardır (Şekil 13). Bu tür akarsular, taşıma kapasiteleri düşük olmakla birlikte, özellikle yağışlı dönemlerde taşkın akışlarla birlikte zayıf tutturulmuş kayaları etkili biçimde aşındırabilir.

Akarsuyun taşıdığı ve biriktirdiği malzeme, zamanla üst üste birikerek alüvyal teraslar ve yamaç diplerinde çökel depozonları oluşturmuştur. Bu depozonlar, başta kum, silt ve kil olmak üzere farklı tane boyutlarına sahip tortullardan oluşmakta, bu da peribacalarının temelini teşkil eden farklı dirençli tabakalı yapıyı oluşturmaktadır (Summerfield, 2014).



Şekil 13. Delibaşlı köyü peribacaları mevsimlik akış gösteren mikro drenaj havzaları nedeniyle oldukça iyi şekillenmişlerdir.

Figure 13. Fairy chimneys in Delibaşlı village are well developed due to the influence of micro-drainage basins with seasonal flow.

Şekil Evrimi ve Zamansal Değişim

Peribacalarının morfolojik evrimi, zaman içerisinde etkili olan yüzeysel aşınma, seçimli erozyon ve tortul özelliklerinin etkileşimiyle şekillenmektedir. Akarsu kökenli ve zayıf tutturulmuş tortullar üzerinde gelişen bu şekiller, sürekli bir denge durumunda olmayıp, aşınma süreçlerine bağlı olarak morfometrik ve morfolojik değişimler geçirmektedir. Zamanla alt kesimlerdeki ince taneli ve düşük dayanımlı seviyelerin oyulması hızlanmakta; buna karşılık üstte yer alan daha dayanıklı katmanlar görece

korunarak sütun biçimli formların gelişmesine olanak sağlamaktadır.

Başlangıç aşamasında daha geniş tabanlı ve kısa gövdeli biçimler sergileyen peribacaları, ilerleyen evrelerde alt kesimlerin aşınmasıyla daralmakta ve daha belirgin sütunsu morfolojiler kazanmaktadır. Üstteki koruyucu katmanların aşınmaya karşı direncinin azalmasıyla birlikte, bazı sütunlarda şapka kaybı meydana gelmekte; bu durum şekillerin parçalanmasına ya da daha küçük sütunlara ayrılmasına yol açmaktadır. Bu süreç, peribacalarının zamansal evriminin doğrusal değil, aşınma koşullarına bağlı olarak değişken bir seyir izlediğini göstermektedir.

Peribacalarının geliştiği litoloji, genellikle zayıf tutturulmuş kumtaşı–silttaşı–çamurtaşı aralanmasından oluşmakta olup, bu tabakalı yapı farklı aşınma dirençleri nedeniyle seçici erozyona açık bir zemin sunmaktadır. Bu durum şekil gelişiminin, tortul kayaçlar içerisindeki litolojik heterojenlik tarafından kontrol edildiğini ortaya koymaktadır. Arazi gözlemleri, peribacalarının sıklıkla eski akarsu terasları ve alüvyal yelpaze çökelleri üzerinde konumlandığını; mevsimlik akarsu vadilerinde yağışlı dönemlerde artan yüzeysel akışın, şekillerin güncel erozyonla yeniden oyulmasına katkı sağladığını göstermektedir (Şekil 14).



Şekil 14. Delibaşlı köyünde yamacın üst kısmında bulunan peribacası dereden üst seviyede bulunduğu için akarsuyun aktif erozyonuna maruz kalmadan

yalnızca iklimsel koşullarla meydana gelen sellenme ve rüzgarın etkisiyle şekillenmektedir.

Figure 14. *In Delibaşlı village, the fairy chimneys located on the upper part of the slope are above the stream channel; therefore, they are not directly affected by active fluvial erosion. Instead, their morphological development is mainly controlled by episodic runoff generated by climatic conditions, together with the effects of wind erosion.*

Aşındırıcı süreçler; yağmur suları, yüzeysel akış ve yer yer gelişen geçici akarsu faaliyetlerinin bileşimiyle gerçekleşmektedir. Bu süreçler, özellikle eğimli yamaçlarda zayıf tutturulmuş ve ince taneli litolojik özelliklere sahip alt tabakaların hızla ayrışmasına neden olmaktadır. Üstte yer alan daha sert çakıltaşı ve kısmen çimentolanmış kumtaşı seviyeleri ise koruyucu bir kapak işlevi görerek, alt kesimlerin görece daha yavaş aşınmasını sağlamaktadır. Literatürde “kapak taşı etkisi” (caprock protection) olarak tanımlanan bu mekanizma, sütun şapka morfolojilerinin gelişiminde temel bir süreç olarak kabul edilmektedir (Twidale, 1982).

Çalışma alanında, özellikle Çaykışla çevresinde gözlenen peribacalarının, dar vadiler içerisinde yoğunlaştığı dikkat çekmektedir (Şekil 15). Bu alanlarda akarsu aşındırmasının yoğunluğu artmakta, yamaç stabilitesi azalmakta ve mikroklimatik koşullar fiziksel ayrışmayı desteklemektedir. Donma-çözülme gibi mekanik ayrışma süreçleri, gevşek tutturulmuş sedimentlerde malzeme dayanımını azaltarak aşınma hızını artırmakta ve sütunlaşma sürecini ivmelendirmektedir (Trudgill, 1983).

Bu çerçevede, Eşme peribacaları; volkanik tüfler üzerinde gelişen klasik örneklerden farklı olarak, akarsu kökenli tortul kayalar içerisinde işleyen morfodinamik süreçlerin bir ürünü olarak değerlendirilmektedir. Şekil gelişimi,

litolojik çeşitlilik, tabakalanma özellikleri, eğim koşulları ve dış kuvvetlerin birlikte etkisiyle gerçekleşmektedir (Goudie, 2004). Bu yönüyle, çalışma alanındaki peribacaları, flüvyal sedimanter ortamlarda gelişen sütunsu şekillerin zamansal evrimine ilişkin süreçlerin anlaşılmasına katkı sunan bir örnek oluşturmaktadır (Şekil 16).



Şekil 15. Özellikle yağışlı dönemde neden olduğu erozyonla Çaykışla peribacalarının şekillenmesini sağlayan Karagöz Deresi.

Figure 15. *Karagöz Stream, which controls the formation of the Çaykışla fairy chimneys, particularly through erosion intensified during the rainy season.*



Şekil 16. Çaykışla peribacalarında farklı litolojik dayanıklılık nedeniyle öne çıkan seçici aşındırma etkisi.

Figure 16. *Pronounced effects of selective erosion caused by differences in lithological resistance in the Çaykışla fairy chimneys.*

AKARSU ÇÖKELLERİNDE OLUŞMUŞ PERİBACALARININ JEOMORFOTURİZM AÇISINDAN ÖNEMİ

Peribacaları çoğunlukla tuf ve diğer volkanik kayaçların selektif ayrışması sonucu gelişen jeomorfolojik şekiller olarak bilinmekle birlikte, akarsu kökenli çökel kayaçlar üzerinde gelişmiş örnekler de bulunmaktadır. Bu tür oluşumlar, zayıf tutturulmuş çökel kayaçların fiziksel ayrışma, yüzeysel akış ve eğim süreçleriyle etkileşimi sonucunda şekillenmektedir. Akarsu kökenli çökel kayaçların gevşek dokulu yapısı, bu tür kayaçları erozyona karşı daha duyarlı hâle getirmekte ve peribacası benzeri şekillerin gelişimi için uygun mikro-ortam koşulları oluşturmaktadır (Summerfield, 2014).

Akarsu çökel kayaçları üzerinde gelişmiş peribacaları, jeomorfoturizm açısından volkanik kökenli klasik örneklerden farklı bir jeomorfolojik bağlam sunmaktadır. Bu farklılık, ziyaretçilere yalnızca görsel bir deneyim değil, aynı zamanda farklı litolojik ve morfodinamik süreçlerin karşılaştırmalı olarak gözlemlenebileceği bir öğrenme ortamı sağlamaktadır. Bu yönüyle söz konusu alanlar, jeomorfolojik süreçlerin açıklanabilirliği ve sahada izlenebilirliği bakımından eğitsel jeoturizm uygulamalarına elverişli alanlar olarak değerlendirilmektedir (Reynard vd., 2007; Goudie, 2004).

Akarsu çökel kayaçları üzerinde gelişmiş peribacalarının jeomorfoturistik değeri, yalnızca bilimsel süreçlerin açıklanabilirliğiyle sınırlı olmayıp, aynı zamanda morfolojik çeşitlilikleri ve peyzaj içindeki konumlarıyla da ilişkilidir. Bu şekiller, Reynard vd. (2007) tarafından önerilen jeomorfoturistik değerlendirme yaklaşımında yer alan bilimsel, estetik ve eğitsel değer ölçütleri kapsamında ele alınabilmektedir. Süreçlerin sahada doğrudan gözlemlenebilir olması, ziyaretçilerin doğal dinamikleri yerinde algılamasına olanak tanımakta; bu durum jeoturizm uygulamalarında sürdürülebilirlik ilkeleriyle uyumlu bir çerçevede sunmaktadır (Panizza ve Piacente, 2008).

Uşak ili Eşme ilçesi sınırları içerisinde yer alan ve akarsu kökenli çökel kayaçlar üzerinde gelişmiş peribacaları, bu çalışma kapsamında Reynard vd. (2007) tarafından geliştirilen çok kriterli değerlendirme modeli esas alınarak analiz edilmiştir (Çizelge 2, 3 ve 4). Değerlendirme sürecinde, alanın bilimsel/jeomorfolojik, estetik/manzara, eğitimsel, ekolojik-koruma, turistik erişilebilirlik ve yerel katılım gibi ölçütler ayrı ayrı ele alınmıştır.

Çizelgelerden elde edilen bulgular, bilimsel/jeomorfolojik değer ve eğitimsel değer ölçütlerinin yüksek puanlarla temsil edildiğini göstermektedir. Bu durum, akarsu çökel kayaçları üzerinde gelişmiş peribacalarının jeomorfolojik süreçlerin açıklanması ve saha temelli eğitim faaliyetleri açısından güçlü bir potansiyele sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Estetik/manzara değeri ölçütü orta-yüksek düzeyde değerlendirilmiş; şekillerin morfolojik çeşitliliği ve peyzaj içindeki konumu bu değerlendirmede belirleyici olmuştur.

Buna karşılık, koruma durumu, yerel katılım ve turistik altyapı ile ilişkili ölçütlerin düşük-orta düzeylerde puanlandığı görülmektedir. Bu sonuç, alanın mevcut kullanım koşulları, plansız ziyaret baskısı ve yerel farkındalık düzeyi ile ilişkili kırılabilirlikleri yansıtmaktadır. Benzer durumlar, yüksek bilimsel değere sahip ancak yönetimsel altyapısı sınırlı jeomorfositlere ilişkin literatürde de vurgulanmaktadır (Coratza ve Giusti, 2005; Kubalíková, 2013).

Jeomorfoturistik değerlendirme sürecinde kullanılan puanlama sistemi, nitel gözlemlerin ve literatür temelli değerlendirmelerin 0-5 aralığında sayısallaştırılmasına dayanmaktadır (Çizelge 5). Bu yaklaşım, farklı değer ölçütlerinin karşılaştırılabilir biçimde analiz edilmesine olanak tanımakta ve alanın güçlü ve zayıf yönlerinin sistematik olarak ortaya konulmasını sağlamaktadır. Bu çerçevede elde edilen bulgular, jeomorfoturistik planlama, koruma önceliklerinin belirlenmesi ve sürdürülebilir kullanım stratejilerinin geliştirilmesi için analitik bir zemin sunmaktadır.

Çizelge 2. Jeomorfoturistik Değerlendirme Tablosu (Reynard vd., 2007).**Table 2.** *Geomorphotouristic assessment table (Reynard et al., 2007).*

Değer Kategorisi	Alt Kriter	Açıklama	Puan (0-5)	Değer
Bilimsel / Jeomorfolojik Değer	Temsil Yeteneği	Akarsu çökelleri üzerinde oluşmuş nadir peribacaları örneği; klasik volkanik oluşumların dışında farklı bir jeomorfolojik süreç temsil etmektedir.	5	Yüksek
	Jeomorfolojik Süreç Açıklığı	Yüzeysel akış, selektif erozyon, eğim süreçleri ve çökel karakterine bağlı gelişim açık biçimde izlenebilmektedir.	5	Yüksek
	Bütünlük	Peribacaları kümelenmiş halde bulunmakta, çeşitli aşamalar gözlemlenebilmektedir.	4	Orta-Yüksek
Estetik / Manzara Değeri	Görsel Etkileyicilik	Konik şekiller, renk kontrastları ve topoğrafik dokuyla bütünleşmiş manzara dikkat çekicidir.	5	Yüksek
	Doğal Ortamla Uyum	Peribacaları çevresindeki bitki örtüsü, akarsu yatağı ve vadisel yapı ile uyum içindedir.	5	Yüksek
Eğitimsel Değer	Gözlemlenebilirlik	Alana ulaşım kolaydır, şekiller açık biçimde gözlemlenebilir; jeomorfolojik süreçler yerinde anlatılabilir.	5	Yüksek
	Yorumlanabilirlik	Şekillerin oluşum süreci basit görseller ve yerinde rehber anlatımıyla halk ve öğrenciler için anlaşılır hale getirilebilir.	5	Yüksek
İlave Değerler	Turizm Potansiyeli	Bölge bakir durumdadır, altyapı yatırımlarıyla doğa temelli turizm rotalarına entegre edilebilir.	4	Orta-Yüksek
	Kültürel ve Tarihsel Bağlantılar	Yakın çevrede geleneksel taş mimarisi ve kırsal yaşam gözlemlenebilir; yerel halkla etkileşim sağlanabilir.	3	Orta
	Korunma Durumu	Alan henüz koruma statüsüne sahip değildir; bilinçsiz kullanım risk taşımaktadır.	2	Düşük-Orta
Toplam Puan			43	

Çizelge 3. Jeomorfoturistik Değerlendirme Ek Tablosu (Reynard vd., 2007).**Table 3.** *Supplementary Table for Geomorphotouristic Assessment (Reynard et al., 2007).*

Kriter	Değerlendirme	Açıklama	Puan (0-5)
Bilimsel / Jeomorfolojik Değer	Yüksek	Akarsu çökelleri üzerinde gelişen peribacaları, volkanik olmayan kökenleriyle nadir bir morfolojik örnek sunar. Süreç-temelli araştırmalar için saha potansiyeli taşır.	5
Estetik / Manzara Değeri	Orta-Yüksek	Dikeysel farklılaşma gösteren sütunlar ve görsel kontrast sunar. Renk çeşitliliği sınırlı olsa da doğal fotoğrafçılık ve peyzaj gözlemi açısından caziptir.	4
Ekolojik ve Koruma Değeri	Orta	Yamaçlarda çalılık-otsu bitkilerle kaplıdır; habitat işlevi zayıf ama erozyon süreçleri açısından doğa koruma değeri taşır. Kırılgandır.	3
Eğitimsel Değer	Yüksek	Alternatif peribacası oluşum modellerinin tanıtımı açısından öğretici bir örnektir. Jeomorfoloji, çevre bilimleri ve turizm eğitimi için uygundur.	5
Turistik Ulaşılabilirlik	Orta	Yerleşim yerlerine yakın olmasına karşın yönlendirme tabelaları ve altyapı eksiktir. Bu durum sürdürülebilir turizm için hem sınırlayıcı hem fırsattır.	3
Yerel Katılım ve Farkındalık	Düşük-Orta	Yerel halk değerinin farkında değildir; ancak kırsal turizm ve rehberlik faaliyetleriyle ekonomik fayda sağlanabilir.	2
Koruma Durumu ve Riskler	Kırılgan	Formasyonlar fiziksel olarak kırılgandır; plansız ziyaret ve tarımsal faaliyetler şekillerin bozulmasına yol açabilir. İnsan etkisi önemli bir tehdit unsurudur.	2
Toplam Puan			24

Çizelge 4. Jeomorfoturistik Değer Sınıflandırması (Reynard vd., 2007).

Table 4. *Geomorphotouristic Value Classification (Reynard et al., 2007).*

Yüzde Aralığı (%)	Puan Aralığı (10 kriter × 5 puan)	Jeomorfoturistik Değer Düzeyi
0 – 40 %	0 – 20	Düşük
41 – 60 %	21 – 30	Orta
61 – 80 %	31 – 40	Yüksek
81 – 100 %	41 – 50	Çok yüksek

Çizelge 5. Jeomorfoturistik Değerlendirmede Kullanılan Puanlama Yöntemi (Puanlama sistemi, Reynard vd. (2007) tarafından geliştirilen çok kriterli jeomorfosit değerlendirme yaklaşımı temel alınarak; Coratza ve Giusti (2005) ve Kubalíková (2013) çalışmaları doğrultusunda uyarlanmıştır).

Table 5. *Scoring Method Used for Geomorphotouristic Assessment (Scoring system adapted from the multi-criteria geomorphosite evaluation approach developed by Reynard et al. (2007), and further refined in accordance with the frameworks proposed by Coratza and Giusti (2005) and Kubalíková (2013)).*

Kriter / Alt Kriter	Nitel Değerlendirme	Sayısal Puan (0-5)	Gerekeç
Temsil Yeteneği	Yüksek	5	Akarsu çökelleri üzerinde gelişen peribacaları; klasik volkanik örneklerden farklı, nadir bir süreç temsil ediyor.
Jeomorfolojik Süreç Açıklığı	Yüksek	5	Yüzeysel akış ve selektif erozyon süreçleri sahada net izlenebiliyor.
Bütünlük	Orta-Yüksek	4	Farklı evreler gözleniyor ancak bazı kısımlar aşınmış durumda.
Görsel Etkileyicilik	Yüksek	5	Konik şekiller, renk kontrastları ve topoğrafik doku görsel olarak etkileyici.
Doğal Ortamla Uyum	Yüksek	5	Peribacaları çevredeki bitki örtüsü, vadi ve akarsu yapılarıyla uyum içinde.
Gözlemlenebilirlik	Yüksek	5	Ulaşım kolay; süreçler yerinde net gözlemlenebilir.
Yorumlanabilirlik	Yüksek	5	Halk ve öğrenciler için süreçler basit görsellerle kolayca açıklanabilir.
Turizm Potansiyeli	Orta-Yüksek	4	Bakir bir alan; altyapı yatırımıyla doğa turizmine entegre edilebilir.
Kültürel ve Tarihsel Bağlantılar	Orta	3	Yerel mimari ve kırsal yaşam gözlemlenebilir fakat sınırlı düzeyde.
Korunma Durumu	Düşük-Orta	2	Koruma statüsü yok, plansız ziyaret tehdidi yüksek.
Bilimsel/Jeomorfolojik Değer (üst düzey)	Yüksek	5	Nadir morfolojik örnek; süreç temelli araştırma potansiyeli yüksek.
Estetik/Manzara Değeri (üst düzey)	Orta-Yüksek	4	Görsel kontrast güçlü; renk çeşitliliği sınırlı.
Ekolojik ve Koruma Değeri (üst düzey)	Orta	3	Habitat değeri sınırlı ama süreçlerin izlenmesi açısından önemli.
Eğitimsel Değer (üst düzey)	Yüksek	5	Jeomorfoloji ve turizm eğitimi için güçlü bir örnek.
Turistik Ulaşılabilirlik (üst düzey)	Orta	3	Yerleşimlere yakın ama yönlendirme altyapısı yetersiz.
Yerel Katılım ve Farkındalık (üst düzey)	Düşük-Orta	2	Yerel farkındalık sınırlı; potansiyel var ama kullanılmıyor.
Korunma Durumu ve Riskler (üst düzey)	Kırılgan	2	Plansız kullanım ve tarımsal faaliyetler tehdit oluşturuyor.

SONUÇLAR ve TARTIŞMA

Bu çalışma kapsamında, Uşak ili Eşme ilçesi sınırları içerisinde akarsu kökenli çökel kayalar üzerinde gelişmiş peribacaları jeomorfolojik, morfodinamik ve jeomorfoturistik açıdan bütüncül bir yaklaşımla değerlendirilmiştir. Elde edilen bulgular, söz konusu şekillerin volkanik tüfler üzerinde gelişen klasik peribacalarından farklı olarak, litolojik heterojenlik, yüzeysel akış süreçleri ve seçici erozyonun birlikte etkisiyle

oluşturduğunu ortaya koymaktadır. Bu durum, akarsu tortul ortamlarının da peribacası benzeri sütunsu şekillerin gelişimine elverişli olduğunu göstermesi bakımından jeomorfolojik açıdan önem taşımaktadır.

Jeomorfoturistik değerlendirme kapsamında uygulanan çok kriterli analiz sonuçları, Eşme peribacalarının özellikle bilimsel/jeomorfolojik değer ve eğitimsel değer ölçütleri açısından yüksek puanlar aldığını göstermektedir.

Bu bulgu, alanın jeomorfolojik süreçlerin açıklanabilirliği ve sahada gözlemlenebilirliği bakımından güçlü bir potansiyele sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Akarsu kökenli çökel kayaçlar üzerinde gelişmiş peribacalarının, farklı litolojik ve morfolojik süreçlerin karşılaştırmalı olarak incelenmesine olanak tanınması, alanı saha temelli eğitim ve akademik çalışmalar açısından ön plana çıkarmaktadır.

Estetik/manzara değeri ölçütünün orta–yüksek düzeyde değerlendirilmesi, peribacalarının morfolojik çeşitliliği ve peyzaj içindeki konumuyla ilişkilidir. Buna karşın, koruma durumu, yerel katılım ve turistik altyapı ile ilişkili ölçütlerin düşük–orta düzeylerde puanlanması, alanın plansız kullanım, ziyaretçi baskısı ve farkındalık eksikliği nedeniyle kırılğan bir jeomorfolojik miras niteliği taşıdığını göstermektedir. Bu durum, literatürde yüksek bilimsel değere sahip ancak yönetimsel altyapısı sınırlı jeomorfositler için sıklıkla vurgulanan sorunlarla örtüşmektedir (Coratza ve Giusti, 2005; Kubalíková, 2013).

Bu bulgular doğrultusunda, Eşme peribacalarının jeomorfoturizm kapsamında değerlendirilebilmesi için öncelikle doğal miras statüsü kapsamında korunması gerekmektedir. Alanın jeosit veya doğal sit olarak tescillenmesi, koruma sürecinin temelini oluşturacaktır. Bununla birlikte, ziyaretçi taşıma kapasitesinin belirlenmesi, doğal yapı ile uyumlu yürüyüş güzergâhlarının ve bilgilendirme panolarının planlanması, plansız ziyaret baskısının azaltılmasına katkı sağlayacaktır. Özellikle peribacalarının yoğunlaştığı mikro-havzalarda erozyon kontrolü, tarımsal faaliyetlerin yönlendirilmesi ve yamaç stabilitesinin korunmasına yönelik önlemler öncelikli uygulamalar arasında yer almalıdır.

Jeomorfoturizm faaliyetlerinin sürdürülebilirliği açısından yerel halkın katılımı kritik bir bileşen olarak öne çıkmaktadır. Rehberlik

hizmetleri, yerel ürünlerin tanıtımı ve küçük ölçekli turizm girişimleri yoluyla sağlanacak katılım hem ekonomik fayda yaratacak hem de alanın korunmasına yönelik farkındalığı artıracaktır. Ayrıca, jeomorfoloji ve çevre bilimleri odaklı saha gezileri, eğitim programları ve atölye çalışmaları aracılığıyla alanın eğitimsel potansiyelinin etkin biçimde kullanılması mümkündür.

Sonuç olarak, Eşme peribacaları; akarsu kökenli tortul kayaçlarda gelişmiş olmaları, jeomorfolojik süreçlerin sahada açık biçimde izlenebilmesi ve jeomorfoturistik değerlerinin yüksekliği ile Türkiye'nin jeolojik ve jeomorfolojik mirası içerisinde özgün bir örnek oluşturmaktadır. Ancak bu potansiyelin sürdürülebilir biçimde değerlendirilebilmesi, koruma–kullanma dengesinin gözetildiği planlı bir yönetim yaklaşımının hayata geçirilmesine bağlıdır. Bu bağlamda çalışma, Eşme peribacalarının korunması, tanıtımı ve jeomorfoturizm kapsamında değerlendirilmesine yönelik bilimsel bir çerçeve sunmaktadır.

EXTENDED SUMMARY

The Uşak Eşme region, located in the inner Aegean section of Western Anatolia, Türkiye, hosts unique geomorphological formations that differ morphologically and geologically from the well-known volcanic tuff fairy chimneys of Türkiye. This study provides a detailed examination of the formation processes, geological and geomorphological characteristics, and geomorphotourism potential of fairy chimneys that developed not in volcanic tuffs but in fluvial, alluvial and colluvial deposits. These landforms represent secondary geomorphological features shaped through the combined effects of lithological heterogeneity, differential weathering, and surface

runoff processes, and they clearly differ from classical tuff-based examples. Geomorphological forms shaped by natural processes over long time periods are not only physical components of the landscape but also elements of geological heritage with aesthetic value. Fairy chimneys attract scientific, educational, and touristic interest because of their unusual morphology and formation mechanisms. The development of similar landforms in sedimentary environments, in addition to those in volcanic terrains, is significant as it demonstrates that different geological settings can produce comparable morphological outcomes. This study aims to reveal the formation processes, morphological characteristics, and geomorphotourism potential of fairy chimneys developed in Miocene fluvial deposits in the Eşme district, and evaluates these formations within the conceptual framework of geosites and geomorphosites.

The research was conducted in the northeastern part of Eşme, where fairy chimneys developed on valley slopes and in small tributary valleys. Data sources include topographic maps, satellite imagery, field observations, lithostratigraphic analyses, sedimentological investigations, morphometric measurements, and digital elevation model (DEM) assessments. A morphogenetic analysis approach was employed to examine lithology, slope, climate, flow dynamics, and structural features in an integrated manner. The scientific, aesthetic, educational, ecological, and touristic values of the geomorphosites were evaluated using the multi-criteria assessment framework developed by Reynard et al. (2007).

The study area is located in the Gediz Graben System, which forms part of the neotectonic regime of Western Anatolia. The geological structure consists of Neogene lacustrine and fluvial

deposits overlying metamorphic basement rocks. These deposits comprise alternating layers of conglomerate, sandstone, siltstone, and claystone, which are horizontally or gently inclined. The contrast between resistant upper layers and weaker underlying lithologies plays a crucial role in controlling selective erosion processes. Geomorphologically, the area exhibits moderately inclined slopes with a well-developed drainage network. Slopes in the 5–20° range provide optimal conditions for surface runoff and erosion. The fairy chimneys are mainly concentrated at elevations between 670 and 1130 m.

Unlike the fairy chimneys in volcanic tuff areas, those in Eşme did not form through pyroclastic processes but through differential erosion acting on sedimentary rocks of fluvial origin. Coarser and more resistant upper layers act as protective “caprocks,” while underlying loose, fine-grained sediments are rapidly eroded by surface runoff and seasonal streams. This process leads to the development of columnar forms, sometimes with distinct capstones resembling classical fairy chimneys. Climatic conditions play a decisive role in this formation process. The region has a semi-arid transitional climate with annual precipitation of approximately 550–600 mm, most of which falls in winter and spring. Intense rainfall events increase surface runoff and trigger selective erosion. Aspect is also significant; the fairy chimneys mostly developed on north- and northeast-facing slopes, which receive less solar radiation, retain more moisture, and experience more pronounced freeze–thaw cycles.

Hydrographically, the area is characterised by a network of small, ephemeral streams. Seasonal flows incise the sedimentary layers, forming narrow gullies that eventually evolve into columns. This demonstrates the dominant

role of fluvial dynamics in these formations. The fairy chimneys of Eşme are columnar structures reaching heights of 5–15 m, with either distinct or indistinct capstones. Some columns have rounded caps, while others are completely capless. This morphological diversity reflects variations in erosion intensity and different stages of landform evolution. Over time, the erosion of the cap layer causes the columns to narrow and fragment. Consequently, these formations are part of a dynamic evolutionary process, continuously reshaped by seasonal flows and surface erosion. The Eşme site serves as a natural geomorphological laboratory where contemporary processes can be observed in real time.

According to the geomorphotourism evaluation framework of Reynard et al. (2007), the scientific and geomorphological value of the Eşme fairy chimneys is high because they represent rare examples of fairy chimneys developed in non-volcanic sedimentary environments. Their aesthetic and scenic value is moderate to high, with vertical contrasts, columnar forms, and distinctive morphologies enhancing the landscape. Their educational value is high, making the area suitable for both university- and school-level fieldwork. Touristic accessibility is moderate, as the formations are located near villages but lack developed infrastructure. Local awareness and conservation status are low to moderate, as the area has no official protection designation. These characteristics make the Eşme fairy chimneys valuable from a geomorphotourism perspective and highlight their potential to diversify Türkiye's geotourism beyond the well-known volcanic landscapes.

In conclusion, the Eşme fairy chimneys are unique geomorphological landforms developing through selective erosion processes acting

on fluvial sedimentary rocks. They contribute significantly to the geological heritage of Western Anatolia and offer substantial potential for scientific research, education, and sustainable geomorphotourism. To preserve and effectively utilise this potential, it is recommended that the area be legally designated as a geosite or natural monument, that visitor carrying capacity be determined, and that infrastructure such as signposts, walking trails, and observation platforms be developed. Additionally, erosion control and guidance for agricultural activities should be implemented to reduce physical degradation, while local communities should be involved through geotourism-ecotourism, guiding, and handicraft-based economic initiatives. Such an interdisciplinary approach will ensure both the conservation of these fragile landforms and the sustainable use of their scientific and touristic value.

ORCID

Sevgi Dönmez  <https://orcid.org/0000-0001-8515-0398>

KAYNAKÇA / REFERENCES

- Atalay, İ. (2006). *Genel Fiziki Coğrafya*. İzmir, Meta Basım.
- Atalay, İ. ve Mortan, K. (2017). *Bölgesel Coğrafya*. İnkılap Kitabevi.
- Atasoy, A. (2018). Ulucak (Uşak) peribacalarının doğal ortam özellikleri [Sözlü bildiri] *TÜCAUM 30. Yıl Uluslararası Coğrafya Sempozyumu Bildiriler Kitabı*, 22–34.
- Bozkurt, E. & Park, R. G. (1994). Southern Menderes Massif: An incipient metamorphic core complex in western Anatolia, Turkey. *Journal of the Geological Society, London*, 151(2), 213–216. <https://doi.org/10.1144/gsjgs.151.2.0213>

- Coratza, P. & Giusti, C. (2005). Methodological proposal for the assessment of the scientific quality of geomorphosites. *Il Quaternario*, 18(1), 307–313.
<https://amq.aiqua.it/index.php/amq/article/view/500>
- Ekinci, D. ve Doğaner, S. (2012). Jeomorfoturizm açısından Simav (Yeniköy) peribacaları. *III. Ulusal Jeomorfoloji Sempozyumu Bildiriler Kitabı* (ss. 395–407). Hatay, Türkiye.
- Ercan, T., Dinçel, A., Metin, S., Türkecan, A., & Günay, E. (1978). Uşak yöresindeki Neojen havzalarının jeolojisi. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 21(2), 97–106.
- Gessner, K., Ring, U., Passchier, C. W. & Gungör, T. (2001). How to resist subduction: Evidence for large-scale out-of-sequence thrusting during Eocene collision in western Turkey. *Journal of the Geological Society*, 158, 769–784.
<https://doi.org/10.1144/jgs.158.5.769>
- Goudie, A. S. (Ed.). (2004). *Encyclopedia of Geomorphology* (Vol. 1, pp. 678–681). Routledge.
- Göktaş, F., Mayda, S. & Alçiçek, M. C., (2025). Stratigraphic Revision of the Selendi, Güre, and Uşak Neogene Basins, Western Anatolia. *Acta Geologica Sinica (English Edition)*, 99(2), 332–351. <https://doi.org/10.1111/1755-6724.15279>
- Hetzl, R., Passchier, C. W., Ring, U. & Dora, O. Ö. (1995). Bivergent extension in orogenic belts: The Menderes Massif (southwestern Turkey). *Geology*, 23(5), 455–458. [https://doi.org/10.1130/0091-7613\(1995\)023%3C0455:BEIOBT%3E2.3.CO;2](https://doi.org/10.1130/0091-7613(1995)023%3C0455:BEIOBT%3E2.3.CO;2)
- Kubalíková, L. (2013). Geomorphosite assessment for geotourism purposes. *Czech Journal of Tourism*, 2(2), 80–104.
<https://doi.org/10.2478/cjot-2013-0005>
- Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM). (2022). *İklim verileri*. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Meteoroloji Genel Müdürlüğü.
<https://www.mgm.gov.tr>
- Özdemir, M. A. & Kaymak, H. (2025). Inventory and assessment of geomorphosites of Mountainous Phrygia (Eskişehir/Türkiye). *Journal of Mountain Science*, 22, 2313–2331.
<https://doi.org/10.1007/s11629-025-9694-0>
- Öztürk, M. Z. (2026). Distribution and main characteristics of fairy chimneys in Türkiye. *Geoheritage*, 18, Article 7.
<https://doi.org/10.1007/s12371-025-01256-5>
- Panizza, M. (2001). Geomorphosites: Concepts, methods and examples of geomorphological survey. *Chinese Science Bulletin*, 46(Suppl. 1), 4–5. <https://doi.org/10.1007/BF03187227>
- Panizza, M. & Piacente, S. (2008). Geomorphosites and geotourism. *Revista Geográfica Acadêmica*, 2(1), 5–9.
- Reynard, E. (2005). Géomorphosites et paysages. *Géomorphologie: Relief, Processus, Environnement*, 11(3), 181–188.
<https://doi.org/10.4000/geomorphologie.338>
- Reynard, E., Fontana, G., Kozlik, L. & Scapozza, C. (2007). A method for assessing the scientific and additional values of geomorphosites. *Geographica Helvetica*, 62(3), 148–158.
<https://doi.org/10.5194/gh-62-148-2007>
- Seyitoğlu, G., Alçiçek, M. C., Işık, V., Alçiçek, H., Mayda, S., Varol, B., Yılmaz, I. & Esat, K., (2009). The stratigraphical position of Kemiklitepe fossil locality (Eşme, Uşak) revised: Implications for the Late Cenozoic sedimentary basin development and extensional tectonics in western Turkey. *Neues Jahrbuch Für Geologie und Paläontologie*, 251(1), 1–15.
<https://doi.org/10.1127/0077-7749/2009/0251-0001>
- Summerfield, M. A. (2014). *Global Geomorphology*. Routledge. pp. 65-90, 165-190.
- Twidale, C. R. (1982). *Granite Landforms*. Amsterdam: Elsevier, pp.55-60.
- Twidale, C. R. (2004). River patterns and their meaning. *Earth-Science Reviews*, 67(3–4), 159–218.
<https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2004.03.001>
- Trudgill, S. T. (1983). *Weathering and Erosion*. London, Butterworths.



Wimbledon, W. A. P., & Smith-Meyer, S. (Eds.). (2012).
Geoheritage in Europe and its Conservation.
ProGEO.

Yılmaz, Y. (1997). Geology of Western Anatolia. In
A. G. Robinson (Ed.), *Regional and petroleum
geology of the Black Sea and surrounding region*
(AAPG Memoir 68, pp. 31–53). American
Association of Petroleum Geologists.



Volcanic and Cultural Geoheritage Potential of Erenlerdağ-Alacadağ Volcanism (SW of Konya-Türkiye)

Erenlerdağ-Alacadağ Volkanizmasının (GB Konya-Türkiye) Volkanik ve Kültürel Jeomiras Potansiyeli

Gülin Gençoğlu Korkmaz^{1,*} , Hatice Ünal Ercan² 

¹ *Konya Technical University, Faculty of Engineering and Natural Sciences, Department of Geological Engineering, Konya, Türkiye*

² *Konya Technical University, Vocational School of Technical Sciences, Department of Chemistry and Chemical Processing Technologies, Konya, Türkiye*

• Geliş/Received: 30.10.2025 • Düzeltmiş Metin Geliş/Revised Manuscript Received: 30.12.2025 • Kabul/Accepted: 05.01.2026
• Çevrimiçi Yayın/Available online: 17.05.2026 • Baskı/Printed: 22.05.2026

Araştırma Makalesi/Research Article

Türkiye Jeol. Bül. / Geol. Bull. Turkey

Abstract: The Erenlerdağ–Alacadağ Volcanic Complex (ErAVC), located in southwest Konya (Central Anatolia), represents a Neogene-aged volcanic unit covering approximately 1500 km². The ErAVC is composed of volcanic products that range in composition from mafic to felsic, including lava domes, lava flows, pyroclastic fall and flow deposits, and subvolcanic intrusions such as dikes and plugs. The present study aims to identify and characterize representative volcanic geosites within the ErAVC, assess their geoheritage value, and discuss their potential for geotourism and educational development in the context of Central Anatolian Volcanic Geoheritage.

Volcanic facies analysis reveals a wide range of eruptive behaviors, from the development of lava domes and lava flows and the formation of dacitic spine structures to ignimbrite-forming explosive volcanism and complex volcano-sedimentary processes, expressed across facies ranging from central/proximal to distal settings. In the proximal and medial facies, dacitic–andesitic lava flows, domes, their pyroclastic equivalents, and ignimbrite sequences display features indicative of multi-stage magma mixing, recharge events, and decompression-driven processes. Distal facies are characterized by tuff horizons, widespread ignimbrite, and sedimentary units, which clearly reflect the synchronous development of volcanic and sedimentary processes. These well-preserved successions provide rare and valuable archives for reconstructing eruption dynamics and magma chamber evolution in continental arc settings. The distribution of volcanic facies in the ErAVC documents a pronounced geomorphological contrast between high-relief areas associated with lava domes and lava flows, and lower-relief zones dominated by ignimbrites, tuff layers, and volcano-sedimentary units.

Highly porous ignimbrites and tuff horizons in the medial–distal facies have facilitated settlement and construction activities throughout history, as exemplified by the rock-carved dwellings of the ancient city of Kilistra. The ancient settlement of Kilistra, located within the boundaries of the Erenlerdağ–Alacadağ Volcanic Complex (ErAVC), represents one of the rare geo-cultural heritage sites where volcanological, geomorphological, and archaeological components are integrated. The Late Hittite-period Fasillar Monument, built upon resistant dacitic–andesitic lava flows, stands as a striking example of the integration of volcanic lithologies into the cultural landscape.

In conclusion, the ErAVC is one of the most significant geosites in Central Anatolia, offering substantial potential for geoconservation, geoeducation, and sustainable geotourism. The region’s geological diversity and cultural assets serve as an “open-air laboratory” for multidisciplinary research and community engagement.

Keywords: Erenlerdağ–Alacadağ Volcanic Complex, Fasillar, ignimbrite, lava flow, Kilistra, volcanic geoheritage.

* Correspondence / Yazışma: ggkorkmaz@ktun.edu.tr

Öz: Erenlerdağ–Alacadağ Volkanik Kompleksi (ErAVK), Konya'nın güneybatısında (Orta Anadolu) yer alan ve yaklaşık 1500 km²'lik bir alanı kaplayan Neojen yaşlı bir volkanik birimi temsil etmektedir. ErAVK, mafikten felsiğe kadar değişen bileşimlerde lav kubbeleri, lav akıntıları, piroklastik düşme ve akma ürünleri ile dayk ve volkanik tıkaç gibi subvolkanik intrüzyonlardan oluşmaktadır. Bu çalışma; ErAVK içerisindeki temsil niteliği yüksek volkanik jeositlerin tanımlanması ve karakterizasyonu, bu jeositlerin jeomiras değerinin belirlenmesi ve Orta Anadolu Volkanik Jeomirası özelinde jeoturizm ve eğitim potansiyellerinin tartışılmasını amaçlamaktadır.

Volkanik fasiyes analizi, lav kubbeleri (dom) ve lav akıntılarının gelişiminden dasitik çivi yapıların oluşumuna, ignimbirit oluşturan püskürmeli volkanizmadan karmaşık volkano-sedimanter süreçlere kadar geniş bir püskürme davranışı yelpazesini ortaya koymaktadır. Piroksimal ve medial fasiyeslerdeki dasitik–andezitik lav akıntıları, domlar, bunların piroklastik eşlenikleri ve ignimbirit dizileri; çok evreli magma karışımı, yeniden beslenme olayları ve dekompresyon kaynaklı süreçlerin göstergelerini sunmaktadır. Distal fasiyesler ise tüf seviyeleri, yaygın ignimbiritler ve sedimanter birimlerle karakterizedir ve volkanik ile sedimanter süreçlerin eşzamanlı gelişimini açık biçimde yansıtmaktadır. Bu iyi korunmuş istifler, kıtasal yay ortamlarında püskürme dinamikleri ve magma odası evriminin yeniden kurgulanması açısından nadir ve değerli arşivler oluşturmaktadır. Volkanik fasiyeslerin dağılımı, ErAVK'de lav domları ve akıntularla ilişkili yüksek rölyefli alanlar ile ignimbirit–tüf ve volkano-sedimanter birimlerin hâkim olduğu daha düşük rölyef zonları arasında belirgin bir jeomorfolojik ayrım ortaya koymaktadır.

Medial–distal fasiyeslerde gözlenen yüksek gözenekliliğe sahip ignimbirit ve tüf seviyeleri, tarih boyunca yerleşim ve inşaa faaliyetlerini kolaylaştırmıştır. Kilistra antik kenti, ErAVK sınırları içinde yer almakta olup volkanolojik, jeomorfolojik ve arkeolojik bileşenlerin bütünleştiği nadir jeo-kültürel miras alanlarından birini temsil etmektedir. Geç Hitit Dönemi'ne tarihlenen Fasıllar Anıtı ise dayanıklı dasitik–andezitik lav akıntıları üzerine inşaa edilmiş olup, volkanik litolojilerin kültürel peyzajla bütünleşmesinin çarpıcı bir örneğini sunmaktadır.

Sonuç olarak, ErAVK Orta Anadolu'nun en önemli jeositlerinden biri olup, jeokoruma, jeoegitim ve sürdürülebilir jeoturizm açısından büyük bir potansiyele sahiptir. Bölgenin jeolojik çeşitliliği ve kültürel değerleri, disiplinlerarası araştırmalar ve yerel toplumun katılımı için bir "açık hava laboratuvarı" işlevi görmektedir.

Anahtar Kelimeler: Erenlerdağ–Alacadağ volkanik kompleksi, Fasıllar, ignimbirit, Kilistra, lav akıntısı, volkanik jeomiras.

INTRODUCTION

Volcanic terrains preserve key records of magma evolution, eruption mechanisms, and depositional processes, and therefore provide important insights into the geological evolution of continental regions. In post-collisional tectonic settings, volcanic systems commonly exhibit complex facies architectures formed by alternating effusive and explosive activity, as well as interactions between volcanic and sedimentary processes. Detailed facies-based studies are thus essential for reconstructing eruptive histories and understanding the spatial organization of volcanic products. Volcanic geoheritage comprises volcanic landforms, eruptive products, and depositional successions that collectively document the dynamics of volcanism and its long-term surface expression (Németh and Palmer, 2019; Németh,

2022). Within this framework, facies analysis represents a fundamental approach for interpreting eruptive sequences, depositional environments, and periods of volcanic quiescence recorded by interbedded sedimentary units (Fisher and Schmincke, 1984; Cas and Wright, 1991; Németh, 2022). The identification of representative geosites based on facies architecture provides a robust framework for evaluating the scientific and educational significance of volcanic terrains.

The Erenlerdağ–Alacadağ Volcanic Complex (ErAVC) represents one of the most extensive Neogene volcanic systems in Central Anatolia. It encompasses a wide spectrum of volcanic facies – from high-viscosity lava domes to pyroclastic flow deposits – and records the interplay of effusive and explosive processes during post-collisional volcanism. In addition to its geoscientific

significance, the ErAVC hosts several cultural and archaeological features, including the ancient rock-carved settlement of Kilistra (Gökyurt) and Fasıllar villages, which collectively highlight the strong link between volcanic landscapes and regional cultural evolution. The geological heritage potential of Konya has previously been evaluated by Kazancı and Gençoğlu Korkmaz (2023). In this context, and following the classification of Kazancı et al. (2015), Erenlerdağ Volcanism is included in the Master List inventory under Group B: Volcanic, Metamorphic, and Sedimentary Petrology – Textures, Structures, Events, and Provenance. This study aims to (i) identify and characterize representative volcanic geosites within the ErAVC based on volcanic facies architecture and geomorphological expression, (ii) assess their geoheritage value, and (iii) discuss their potential for geotouristic and educational development in the context of Anatolian volcanic geoheritage.

GEOLOGICAL SETTING

Anatolia, as part of the Cenozoic Alpine–Himalayan orogenic belt, comprises several tectonic blocks that were assembled through the convergence between the Afro–Arabian and Eurasian plates (Şengör and Yılmaz, 1981). The region is divided by the sutures of the Neotethys Ocean into four major tectonic domains: the Pontides to the north, the Kırşehir Block in the center, the Anatolide–Tauride Block to the south, and the Arabian Platform to the southeast (Figure 1A). The closure of different branches of the Neotethys during the Late Cretaceous–Miocene resulted in complex collisional and extensional tectonics (Okay and Tüysüz, 1999; Şengör et al., 2003; Şengör et al., 2019). The Cenozoic volcanism in Anatolia is closely related to this tectonic evolution and is widespread throughout the region, reflecting the transition from compressional to extensional regimes. Miocene volcanic rocks are widely exposed from northwest of Konya to the Central Taurus in the southwest. These volcanic rocks have been described in the

literature under several names, including Konya volcanics, Erenlerdağ–Alacadağ volcanics, Sille volcanics, and Sulutas volcanics (Keller et al., 1977; Koçak and Zedef, 2016; Kurt et al., 2003; Temel et al., 1998). Geochemical studies indicate that the volcanic units are predominantly calc-alkaline in composition (Keller et al., 1977; Koçak and Zedef, 2016; Kurt et al., 2003; Kurt et al., 2005; Temel et al., 1998, Uyanık and Koçak, 2016). Previous geochronological studies indicate that Miocene volcanism in the Konya region and its surroundings spans a broad time interval. K/Ar dating yielded ages between 11.95 ± 0.20 and 3.35 ± 0.08 Ma (Besang et al., 1977), whereas $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ ages obtained from calc-alkaline volcanic units range from 16.11 ± 0.18 to 12.07 ± 0.06 Ma (Asan et al., 2021). In addition to calc-alkaline volcanism, sodic alkaline basaltic activity has been dated at 22.37 ± 0.65 and 16.45 ± 0.76 Ma (Gençoğlu Korkmaz et al., 2017), and potassic alkaline lamprophyric sub-volcanic rocks yield ages between 13.72 ± 0.13 and 12.40 ± 0.11 Ma (Asan and Ertürk, 2013). These data collectively indicate prolonged and compositionally diverse magmatic activity in the region during the Early to Late Miocene. Within this regional volcanic framework, the ErAVC in Anatolia is located in the Beyşehir Graben system (Konya), which forms part of the Anatolide–Tauride Block. The graben-like structure and associated volcanic units of the Beyşehir Basin (SW Konya, Turkey) have been the focus of numerous studies addressing their stratigraphic, structural, tectonic and magmatic evolution (Besang et al., 1977; Keller, et al., 1977; Temel, et al., 1998; Tatar et al., 2002; Doğan and Koçyiğit, 2018; Gürbüz et al., 2021; Gündüz, 2023; Asan et al., 2024; Gündüz, 2025; Gündüz et al., 2025). The ErAVC volcanism, ranging in composition from basaltic andesite to rhyolite, represents a well-developed example of Miocene post-collisional extensional magmatism in central Anatolia and provides an important record of magma generation, evolution, and emplacement within an evolving graben system (Asan et al., 2024; Gündüz et al., 2025) (Figure 1B).

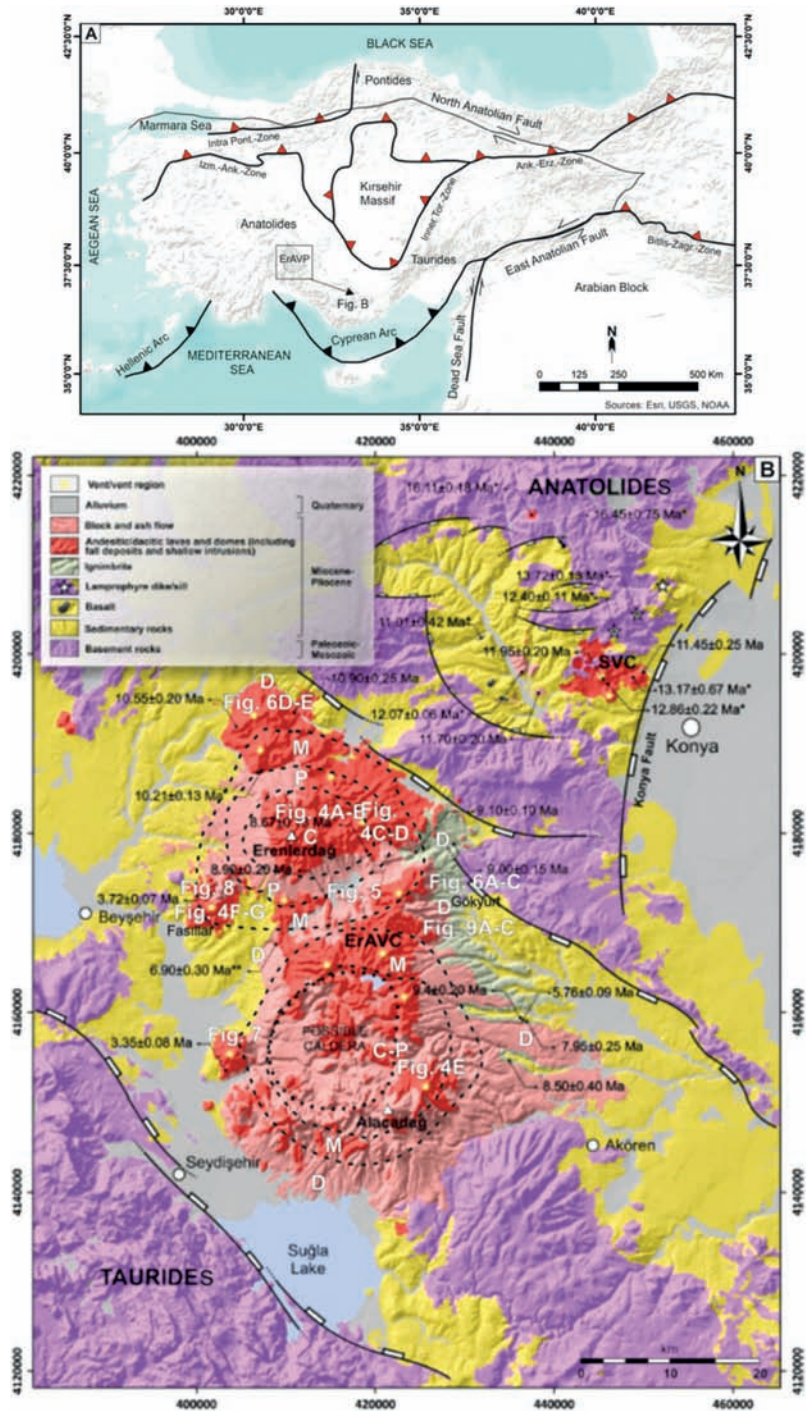


Figure 1. A) A simplified tectonic map of Türkiye (modified from Okay and Tüysüz, 1999) and B) Geological map of the investigated area (modified from Asan et al., 2024), showing lithological units and the spatial distribution of volcanic facies. The map also shows K–Ar ages (Besang et al., 1977), $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ ages (Asan and Ertürk, 2013; Gençoğlu Korkmaz et al., 2017; Asan et al., 2021)*, as well as radiometric dating results published by Platzman et al. (1998)** and Rabayrol et al. (2019). Letters and labels on the map indicate the locations of representative field photographs of facies and geosites illustrated in subsequent figures. Facies distribution is classified as C, central facies; P, proximal facies; M, medial facies; and D, distal facies.

Şekil 1. A) Türkiye'nin basitleştirilmiş tektonik haritası (Okay ve Tüysüz, 1999'dan değiştirilmiştir) ve **B)** İncelenen alanın jeolojik haritası (Asan vd., 2024'ten değiştirilmiştir), litolojik birimleri ve volkanik fasiyelerin mekânsal dağılımını göstermektedir. Harita ayrıca K–Ar yaşları (Besang vd., 1977), $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ yaşları (Asan ve Ertürk, 2013; Gençoğlu Korkmaz vd., 2017; Asan vd., 2021)*, Platzman vd., (1998)** ve Rabayrol vd., (2019) tarafından yayınlanan radyometrik yaşlandırma sonuçlarını da göstermektedir. Harita üzerindeki harfler ve etiketler, ilerleyen şekillerde sunulan fasiyeslere ve jeositlere ait temsili arazi fotoğraflarının konumlarını işaret etmektedir. Fasiyes dağılımı C: merkezi fasiyes; P: proksimal fasiyes; M: medial fasiyes ve D: distal fasiyes olarak sınıflandırılmıştır.

METHOD

Fieldwork was conducted across the ErAVC and involved detailed geological and volcanological observations, as well as systematic sampling for petrographic analysis. Volcanic facies were distinguished on the basis of lithology, texture, structures, and emplacement relationships, following established volcanological concepts (Fisher and Schmincke, 1984; Cas and Wright, 1991; Németh and Palmer, 2019). Facies analysis was applied to interpret eruptive styles, depositional processes, and lateral and vertical variations within the volcanic succession, as well as to assess interactions between volcanic deposits and associated sedimentary environments.

Based on field observations, representative geosites illustrating key volcanic processes and landscape expressions were identified. These sites were qualitatively evaluated using criteria adapted from Brilha (2016) and Navasardyan et al. (2025), with emphasis on scientific relevance, educational value, aesthetic significance, and cultural associations. This qualitative assessment was used to support geological interpretation.

A total of 20 representative rock samples were collected for petrographic investigations. Thin sections were prepared at the Earth Sciences Application and Research Center (YEBİM),

Ankara University. Petrographic investigations were conducted at Konya Technical University, where microscopic analyses and microphotographs were obtained.

RESULTS

Mineralogy and Petrography

The investigated rocks are predominantly andesite and dacite, with scarce rhyolite, together with their widespread pyroclastic deposits. The investigated lava flows display hypocrystalline porphyritic texture (Figure 2A-H). The andesites typically contain amphibole, pyroxene, and rare biotite as mafic phases, together with abundant plagioclase microcrysts and phenocrysts (Figure 2A, B, G & H). The dacites are characterized by biotite as the principal mafic phase, with minor quartz and plagioclase occurring as micro- to phenocrysts (Figure 2E & F). The rhyolites generally include biotite, plagioclase, and quartz (Figure 2C & D). All rock types also host opaque minerals, while apatite and zircon occur as common accessory phases. The plagioclase phenocrysts display various zoning patterns and textural features, including dusty cores, fine- and coarse-sieve textures. The amphiboles are commonly altered and exhibit opacitic rims and breakdown structures, reflecting magmatic disequilibrium processes (Figure 2A, B, E & F).

In some andesite and dacite samples, both macro- and micro-scale (micron to decimeters) enclaves are observed (Figures 2G, H & 3). These enclaves are sharply bounded from the host rock and comprise amphibole-rich mafic magmatic enclaves and cognate (magmatic segregation) enclaves. Amphiboles within the enclaves are frequently blade-shaped and quenched, reflecting rapid crystallization (Figure 2G & H).

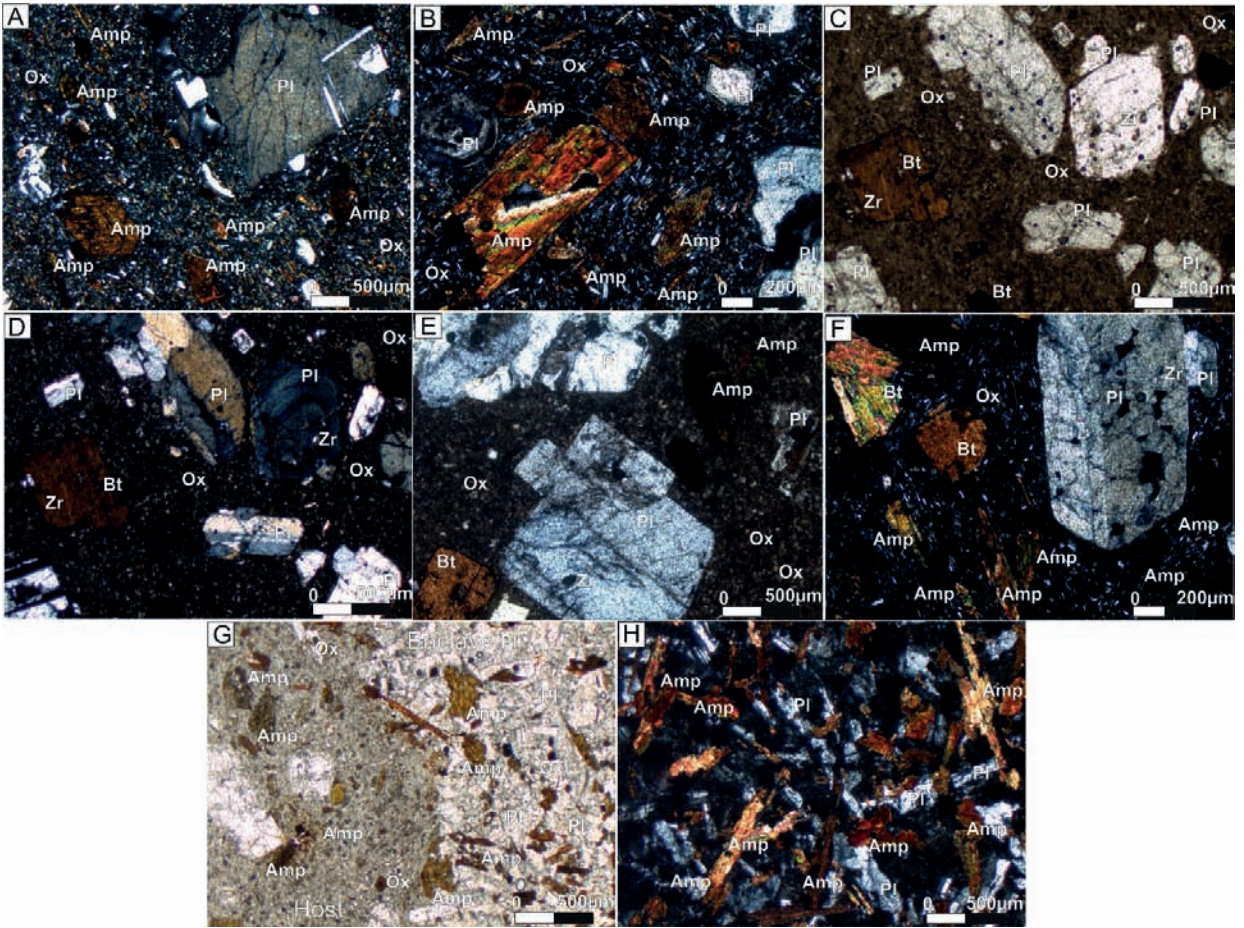


Figure 2. Microphotographs of the investigated rocks. **A & B**) Andesitic, **C & D**) rhyolitic, **E & F**) dacitic rocks, and **G & H**) mafic magmatic enclaves (magma mixing) in the andesites. Amp: amphibole, Bt: biotite, Cpx: clinopyroxene, Ox: Fe-Ti oxides, Pl: plagioclase, Zr: zircon. Mineral abbreviations are based on Whitney and Evans (2009). C and G were acquired under plane-polarized light (PPL), whereas the remaining images were obtained under crossed polarizers (XPL)

Şekil 2. İncelenen kayaçların mikrofotoğrafları. **A ve B**) Andezitik, **C ve D**) riyolitik, **E ve F**) dasitik kayaçlar ve **G ve H**) andezitler içerisindeki mafik magmatik anklavlar (magma karışımı). Amp: amfibol, Bt: biyotit, Cpx: klinopiroksen, Ox: Fe-Ti oksitleri, Pl: plajiyoklaz, Zr: zirkon. Mineral kısaltmaları Whitney ve Evans (2009)'a dayanmaktadır. C ve G düz polarize ışıkta -tek nikelde (PPL), diğer görüntüler ise çapraz polarizörler altında - çift nikelde (XPL) elde edilmiştir

Geomorphological Properties of the Erenlerdağ–Alacadağ Volcanic Complex

The geomorphology of the Erenlerdağ–Alacadağ Volcanic Complex is strongly controlled by the distribution and physical properties of volcanic facies. Clear differences in relief, slope morphology, and surface expression are observed between central–proximal, medial, and distal

facies, reflecting variations in magma rheology, emplacement processes, and post-eruptive erosion resistance.

The ErAVC comprises the products of two major eruptive centers – Erenlerdağ and Alacadağ – and therefore exhibits a facies distribution that varies according to the morphological and lithological characteristics of each center.

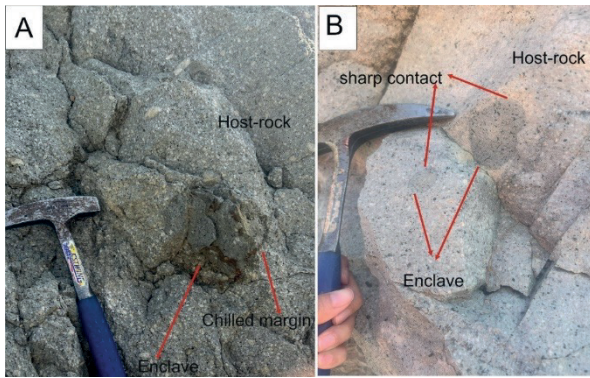


Figure 3. Different textured and colored enclave formations within andesitic–dacitic lava flows. **A)** Black-colored and rounded enclaves with an aphanitic texture (very fine-grained), **B)** Light gray-colored and rounded enclaves with a porphyritic–aphanitic texture. The enclaves are separated from andesitic and dacitic host rocks by sharp contacts and provide evidence for complex magma-mixing processes.

Şekil 3. Andezitik–dasitik lav akıntuları içerisinde farklı doku ve renklere sahip anklav oluşumları. **A)** Siyah renkli, yuvarlak şekilli, afanitik dokulu anklavlar (çok ince taneli), **B)** Açık gri renkli, yuvarlak şekilli, porfiro-afanitik dokulu anklav. Anklavlar, andezitik ve dasitik ana kayaktan keskin dokanakla ayrılmakta olup, karmaşık mağma karışım süreçlerinin varlığına işaret etmektedir.

In the Erenlerdağ eruption center, the transition from the volcanic center outward is clearly expressed by a well-defined sequence of central, proximal, medial, and distal facies (including transition zones) (Figure 1B). Around the summit area, massive andesitic–dacitic lava domes, steep dome-flank ridges, and viscous lava outcrops delineate a distinct central facies (Figure 4A & B). These structures are surrounded by thick blocky lava flows that form broader slopes, marking a clearly recognizable proximal facies (Figure 4C & D). In Erenlerdağ, contrasts in topography, lithological architecture, and surface textures allow these facies to be distinguished unambiguously in the field.

In contrast, Alacadağ has a different facies model. Here, lava domes and dome-margin lava

flows form a gradational and texturally continuous volcanic unit, without a topographic break or a diagnostic lithological–structural boundary that would separate central and proximal facies. As a result, these two facies cannot be discriminated at the field scale, and the inner part of the edifice is treated in this study as a single central–proximal facies domain (Figure 1B). In previous studies (Gündüz, 2023; Asan et al., 2024), it is thought that there may be a possible caldera in the vicinity of Alacadağ (Figure 1B). It is dominated by andesitic-dacitic lava flows and domes (Figure 4E). These high-relief features are controlled by the emplacement of intermediate to felsic lavas and their pyroclastics. Steep topography and minimal hydrological modification highlight the resistance of dome and blocky lava surfaces to erosional processes. Outside the proximal area, both volcanic centers are bordered by a medial facies characterized by lower-gradient slopes, well-stratified tuff and lapilli beds, perlitic pyroclastic units, and reworked volcanoclastic deposits, collectively reflecting a zone in which the influence of lava diminishes and pyroclastic processes dominate (Figures 4F, G & 5).

The outermost zone of the complex is represented by distal facies, consisting of extensive ignimbrite plateaus, finely stratified tuff sequences, zeolite-bearing alteration zones, epivolcanoclastics, and fluvio-lacustrine sediments (Figures 1B, 6D, E & 7). These deposits record the broad dispersal of pyroclastic material from both eruptive centers and represent the low-energy and far-field products of volcanic activity. Consequently, the complex as a whole is characterized by variably developed central–proximal associations around each volcanic center, radially encircled by medial and distal facies that document the progressive decline of eruptive energy and depositional processes away from the source vents.



Figure 4. A & B) Central facies of the Erenlerdağ stratovolcano with dacitic and andesitic lava flows, C & D) Proximal facies of Erenlerdağ showing altered-silica-rich dacitic lava flows with well-developed columnar cooling joints, E) Central (proximal) facies of Alacadağ, characterized by dacitic to andesitic lava flows and domes accompanied by block flow-autobreccia, F & G) Andesitic lava flows in medial facies of Erenlerdağ

Şekil 4. A ve B) Erenlerdağ stratovolkanının merkezi fasiyesleri ile dasitik ve andezitik lav akıntıları. C ve D) Erenlerdağ'ın piroksimal fasiyeslerini gösteren, altere-silisçe zengin ve belirgin sütunsal soğuma çatlaklı dasitik lav akıntıları. E) Alacadağ'ın merkezi (piroksimal) fasiyesleri; dasitik–andezitik lav akıntıları ve dom ile bunlara eşlik eden blok akmaları-otobreşler; F ve G) Erenlerdağ medial fasiyeste andezitik lav akıntıları.

Moving downslope from the central, the medial facies are represented by a complex assemblage of lava flows, lava domes, lava spin, neck structures, nue ardents, and stratified tuff layers (Figure 5). The lava flows, locally displaying columnar and platy jointing, form linear ridges and subtle scarps across the proximal flanks. The dacitic lavas are more rarely represented and occur mainly as necks and spine structures (Figure 5A & B). In this area, tuff layers and scarce block flows are observed. The tuff and lapilli layers contribute to small-scale ridges, minor channels, and uneven surface microtopography, indicative of low-energy pyroclastic deposition (Figure 5B–E). This zone may represent a transitional landscape, where dome-collapse processes and pyroclastic dispersal have produced a combination of rugged hummocks and smoother ramp-like surfaces.

In the distal facies of the volcanic sequence, the pyroclastic deposits are commonly interbedded with volcanoclastic and alluvial sediments and carbonates, indicating extensive post-eruptive reworking and ongoing landscape evolution. These sequences record both primary eruptive processes and secondary sedimentary modifications, reflecting the dynamic interaction between volcanic activity and surface processes.



Figure 5. Andesitic lava spine and pyroclastics in Erenlerdag medial facies. **A & B)** High-viscosity andesitic magma formed lava spine/dome structures, which are observed in the medial facies in association with tuff units and low-energy pyroclastic density current deposits, **C, D & E)** Perlitic horizons intercalated within the tuff layers reflect post-emplacement hydration and devitrification of glass-rich pyroclastic material, indicating the influence of hydrothermal processes and demonstrating the interaction between lava extrusion and pyroclastic deposition within the medial facies.

Şekil 5. Erenlerdağ medial fasiyesteki andezitik çivi yapısı (spine) ve piroklastikler; **A ve B)** Yüksek viskoziteli andezitik magma, lav spine/kubbe yapıları oluşturmuş olup bu yapılar tüf birimleri ve düşük enerjili piroklastik yoğunluk akımı ürünleri ile medial fasiyeste görülmüştür. **C, D ve E)** Tüf tabakaları içerisinde yer alan perlitik seviyeler, camca zengin piroklastik malzemenin yerleşim sonrası hidrasyon ve devitrifikasyonunu yansıtmakta; bu durum hidrotermal süreçlere işaret etmekte ve medial fasiyeste lav çıkışı ile piroklastik çökelim arasındaki etkileşimi göstermektedir.

The key geomorphic and sedimentological characteristics of the area include stratified tuffs and pumice layers and high volume of ignimbrite units (Figures 6A-C & 7). The stratified tuffs and pumice layers, which form gently sloping surfaces and low-relief plateaus, providing evidence

of episodic ashfall deposition and subsequent pedogenesis. The welded ignimbrite sheets generate locally flattened to gently undulating surfaces characterized by fiamme textures, indicative of high-temperature pyroclastic density currents. These deposits represent

the emplacement of voluminous ignimbrites under conditions of sustained flow and thermal welding. Thick ignimbrite sheets, which, being comparatively less resistant to erosion than coherent lava flows, have been extensively sculpted by atmospheric and fluvial processes. This erosional activity has produced distinctive landforms, including fairy chimneys, small valleys, and other microtopographic features. The porous and stratified nature of these ignimbrites has historically provided natural shelters that were utilized as human dwellings, as exemplified by sites such as Kilistra. The carbonate-rich horizons, caliche layers, and clay-rich deposits, which locally enhance susceptibility to chemical weathering, soil formation, and fluvial incision, therefore influence local relief development. The alluvial and lacustrine sediments, which accumulate in valley floors, contribute to the construction of basin-fill sequences and reflect episodic sediment supply from both volcanic and non-volcanic sources.

Additionally, epivolcanoclastics, lahars, and fluviolacustrine deposits have been documented, highlighting the complex interplay between primary volcanic processes, mass-wasting events, and hydrologically-driven sedimentation. In the distal facies, extensive hydrothermal alteration zones have been identified, characterized by advanced silicification and the development of clay mineral assemblages. These alteration processes are particularly pronounced in association with the formation of zeolite-bearing horizons (Figure 6D & E).

Overall, the geomorphology of the ErAVC is a direct expression of its eruptive history: the high-relief central domes reflect effusive and dome-collapse processes; the proximal slopes are molded by pyroclastic density currents and lava flows; and the distal plains represent the combined influence of pyroclastic dispersal, sediment

reworking, and geomorphic modification by erosion and hydrological processes. The resulting landscape illustrates a continuum from primary volcanic edifices to reworked sedimentary surfaces, providing a tangible record of the complex volcanic and post-eruptive dynamics of the region.

Cultural Heritage

In the vicinity of Fasillar village, the andesitic lava surfaces preserve rock-cut features attributed to the Hittite period, including reliefs, sculptural elements, and hieroglyph-like carvings (Figure 8A, B, E). These features occur directly on exposed andesitic lava and include carved niches hosting relief compositions, some of which including the Lukyanus Inscription and the Atlı Kaya (Horse Relief) (Figure 8B). The presence of these rock-cut elements reflects the utilization of volcanic substrates for cultural and symbolic expression during the Hittite period. The Fasillar Monument, carved into a massive block of andesitic lava originating from ancient volcanic flows in the region, represents a significant example of Hittite monumental sculpture embedded in a volcanic landscape. The monument (Figure 8C, D) depicts the Storm God Tarḫunna, standing dominantly a top mountain god, symbolizing cosmic order and divine sovereignty (Erbil and Ünlü, 2017). Although traditionally classified as a religious or political icon, the monument also constitutes a significant example of geoarchaeological heritage embedded within a volcanic landscape.

The selection of andesite – a durable and erosion-resistant volcanic rock – indicates a deliberate material choice by Hittite artisans, likely due to its long-term preservation potential and sculptural workability. Ceramic findings from Late Bronze Age settlements around the Fasillar Monument reflect organized production using controlled firing techniques, indicative of large-scale workshop activity (Erbil and Ünlü, 2017).



Figure 6. A-C) Tuff layers, ignimbrites, and D & E) hydrothermal alteration with zeolite formation in distal facies-Erenlerdağ. The stratigraphic association of tuff and ignimbrite units reflects the successive development of low-energy pyroclastic fall (tuff) and high-energy pyroclastic density current (PDC) deposits (ignimbrite), which exert a strong control on present-day geomorphological relief due to their contrasting resistance.

Şekil 6. Distal fasiyeste A-C) tüf seviyeleri, ignimbiritler ve D ve E) zeolit oluşumlu hidrotermal alterasyon-Erenlerdağ. Tüf ve ignimbirit birimlerinin stratigrafik birlikteliği, düşük enerjili piroklastik düşme (tüf) ile yüksek enerjili piroklastik yoğunluk akımı (PDC) ürünlerinin (ignimbirit) ardışık olarak geliştiğini ve bu birimlerin güncel jeomorfolojik rölyefi farklı dayanım özellikleriyle kontrol ettiğini göstermektedir.

Embedded within a volcanic landscape, these artifacts and the monument itself highlight the interplay between human culture and geological context, demonstrating the site's significance as a case of volcanic geoheritage. In this regard, the

Fasıllar Monument demonstrates how volcanic geoheritage influenced material selection, monumentality, and landscape use in ancient societies (Figure 8A-G).

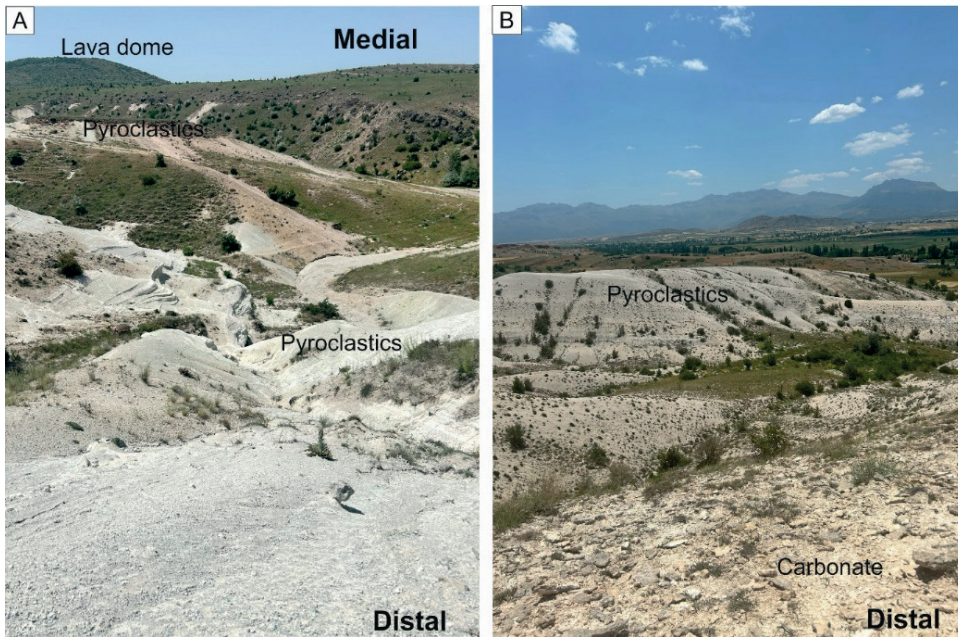


Figure 7. A) Transition zone from medial to distal of Alacadağ, showing lava dome and tuff layers, B) Pyroclastic deposits and carbonate formations in the distal zone of Alacadağ.

Şekil 7. A) Alacadağ'ın medial–distal fasiyesi arasındaki geçiş zone; lav domu ve tüf tabakalarını göstermektedir. B) Alacadağ'ın distal fasiyesindeki piroklastikleri ve karbonat oluşumları.

Table 1. Geomorphological expressions of different volcanic facies in the Erenlerdağ–Alacadağ Volcanic Complex.

Çizelge 1. Erenlerdağ–Alacadağ Volkanik Kompleksi'nde farklı volkanik fasiyeslerin jeomorfolojik yansımaları.

Volcanic facies	Dominant volcanic products	Relief and slope characteristics	Characteristic geomorphological expression
Central–proximal facies	Andesitic–dacitic lava domes, volcanic necks and spines, thick lava flows, autobreccias	High relief, steep slopes	Lava domes, volcanic necks and spines and dome flanks, rugged and dissected ridges, massive and erosion-resistant bedrock surfaces
Medial facies	Lava flows interlayered with tuffs and pyroclastic density current deposits	Moderate relief, transitional slopes	Undulating topography, mixed morphologies shaped by the coexistence of lava and pyroclastic units, erosion-controlled slopes
Distal facies	Ignimbrites, stratified tuffs, epivolcaniclastic and fluvio-lacustrine deposits	Low to moderate relief, laterally extensive surfaces	Widespread ignimbrite surfaces, paleovalley infill controlled by flow geometry, extensive differential erosion-controlled features developed within ignimbrites, surfaces modified by fluvial and lacustrine processes,

The ancient settlement of Kilistra (in Gökyurt village) represents one of the rare geo-cultural heritage sites where volcanological, geomorphological, and archaeological components are integrated. The Miocene–Pliocene high-K calc-alkaline ignimbrites forming the area preserve stratigraphic and petrographic records of complex magmatic–volcanic processes, including magma

mixing, adiabatic expansion, and column collapse. Possessing lithological characteristics such as high porosity and low density, these ignimbrites have historically facilitated the development of subterranean and semi-subterranean architecture, exemplifying the adaptation of volcanic formations to cultural life.



Figure 8. **A)** Andesitic lava surface showing rock-carved hieroglyphic-like markings (inscription of Lukyanus), **B)** Rock-cut niche carved into andesitic lava containing Hittite reliefs, including the Atlı Kaya (Horse Relief), **C & D)** General view of the Fasillar Monument within the andesitic lava flow, **E)** Rock-cut niche elements on the andesitic lava surface and **F & G)** Rock-cut stepped ritual platform with a sarcophagus (*lahit*) carved into andesitic lava.

Şekil 8. **A)** Hiyeroglif benzeri kaya oyma izleri içeren andezitik lav yüzeyi (Lukyanus Kitâbesi), **B)** Atlı Kaya kabartması da içeren Hitit kabartmalarının bulunduğu, andezitik lava oyulmuş kaya nişi. **C ve D)** Andezitik lav akıntısı içerisinde yer alan Fasillar Anıtı'nın genel görünümü, **E)** Andezitik lav yüzeyinde gelişmiş kaya oyma niş figürleri, **F ve G)** Andezitik lava oyulmuş basamaklı ritüel platform ve lahit.

Kilistra and its surroundings have been influenced by numerous civilizations since ca. 2000 BC, including the Assyrian, Hittite, Lydian, Persian, Hellenistic (e.g., the Kingdom of Pergamon), Roman, Byzantine, Seljuk, Karamanid, and Ottoman periods (Aritan, 2010). Owing to its proximity to ancient Lystra, the settlement holds significant historical value. Kilistra was designated as a First-Degree Archaeological Site on 25 December 1987, while the multi-layered settlement fabric – shaped by the incorporation of rock-cut spaces into Ottoman-period architecture – was registered as an Urban Archaeological Site on 22 October 2001 (Aritan, 2010).

The archaeological landscape of Gökyurt, encompasses rock-cut architecture, fairy chimneys (similar to those in Cappadocia) concealed refuges, monastic complexes, spaces for ritual practices, funerary features, and large-scale subterranean cisterns (Öztürk, 2017). These constructions, enabled by the geomorphological opportunities provided by volcanic lithology, fulfilled both strategic defensive and symbolic representational functions in human–space relationships. The settlement’s location within the transportation and administrative networks of the Roman Empire further underscores its critical role in understanding the geopolitical and cultural dynamics of the region (Öztürk, 2017). The porous and non-welded lithology of these ignimbrites facilitated the anthropogenic excavation of subterranean and semi-subterranean architecture – ranging from monastic complexes and dwellings to necropoleis – spanning the Hellenistic through Byzantine periods. Archaeological features suggest settlement patterns optimized for geomorphological shelter and visual concealment, particularly during periods of religious persecution in Late Antiquity. Strategically positioned along the Roman Via Sebaste, Kilistra served not only as a logistical and administrative node within imperial communication networks but also as a spiritual

refuge. Its sacral architecture, such as cross-in-square chapels and crypt churches, was intricately carved into ignimbrite ridges, merging geological form with symbolic function (Baylak et al., 2024). Beyond its archaeological and volcanological significance, Kilistra represents a unique volcanic geoheritage site with high relevance for geoconservation, geoeducation, and geotourism. Its well-preserved pyroclastic stratigraphy and human-modified volcanic landscapes offer an open-air archive for understanding human–landform interactions (Figure 9). At the same time, the site’s geological vulnerability, due to natural erosion and anthropogenic pressures, necessitates integrated conservation strategies, including erosion control, digital documentation, and sustainable visitor management. With appropriate interpretation and protection measures, Kilistra holds strong potential as a geotourism destination that bridges geological heritage with cultural memory, offering a valuable case study in long-term human adaptation to pyroclastic terrains (Figure 9).

Representative Volcanic Geosites

1. Erenlerdağ Dome Complex and Pyroclastics: The summit region of Erenlerdağ consists of dacitic–andesitic lava flows exhibiting flow banding, columnar jointing, vertical and horizontal cooling structures (Figure 4A-D). Lava domes and associated autobrecciated facies, including block-and-ash flow deposits, are widespread and reflect repeated episodes of effusive dome emplacement. These features indicate the extrusion of highly viscous magma and recurrent gravitational instability during dome growth, resulting in partial collapse and redistribution of dome-derived material.

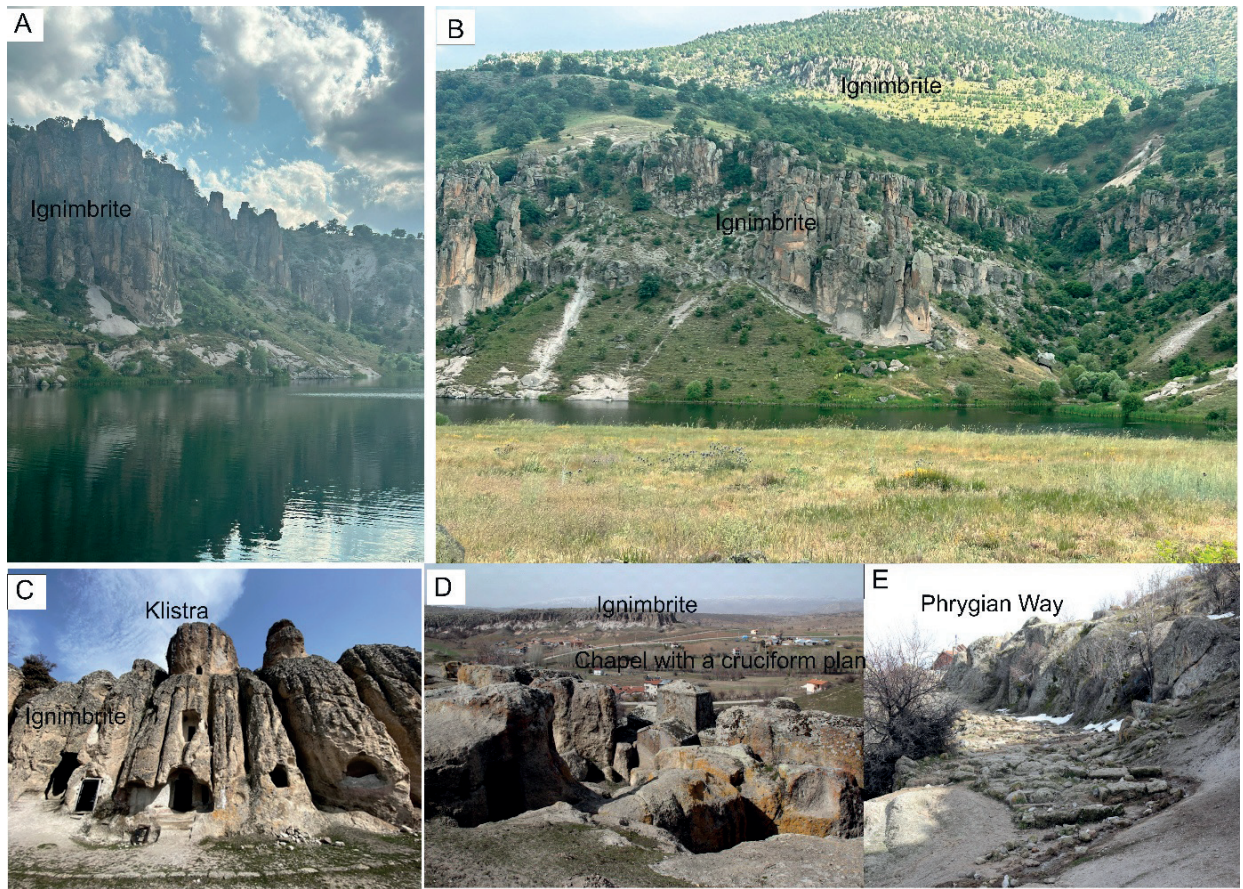


Figure 9. A-D) Rock-cut structures and fairy chimneys-erosional morphologies developed within the Kilistra ignimbrites, displaying the mechanical competence and differential erosion of ignimbrites and their suitability for human excavation, E) culturally significant ancient road (Phrygian Way).

Şekil 9. A-D) Kilistra ignimbiritleri içerisinde gelişmiş kaya oyma yapıları ve peri bacaları- erozyonel morfolojiler; ignimbiritlerin mekanik dayanımını, diferansiyel erozyon özelliklerini ve insanlar tarafından oyulmaya elverişliliğini göstermektedir, E) kültürel jeomiras niteliği taşıyan antik yol (Frig Yolu).

2. Kilistra ignimbrites: The Kilistra ignimbrites are characterized by a multi-stage pyroclastic succession. The stratigraphic sequence comprises the Erenkaya ignimbrites at the base, overlain by the Evliyateke, Detsa, and Sadıklar ignimbrites, interbedded with paleosol horizons and fluvio-lacustrine deposits (Gündüz, 2023). Lithofacies analysis indicates that these units were predominantly formed by gas-supported pyroclastic density currents and tephra fall processes, represented by massive lapilli-pumice tuff and coarse tuff

units (Gündüz, 2023). The Kilistra succession represents a well-preserved example of pyroclastic stratigraphy and post-collisional caldera evolution, making it a significant component of volcanic geoheritage with high educational, scientific, and aesthetic value.

3. Alacadağ Lava flows and Pyroclastics and possible Caldera Structure: The Alacadağ area is dominated by thick andesitic-dacitic lava flows interbedded with block-and-ash flow and pumice-bearing pyroclastic deposits. The morphology exhibits arcuate scarps and

a broad depression on the northern flank, interpreted as a possible caldera collapse zone related to the Kilistra ignimbrite vent. This feature provides critical evidence for coupled effusive–explosive volcanism and shallow magmatic evaluation. Its geomorphological integrity and high scientific relevance make it one of the most valuable geosites in the investigated area.

4. Kilistra (Gökyurt) Ancient city: An ancient settlement is carved into the Kilistra ignimbrites. The site demonstrates the long-term human adaptation to volcanic terrains. Kilistra is a key geocultural heritage combining geomorphological, archaeological, and historical dimensions. Kilistra has been influenced by numerous civilizations since 2000 BC and has historical significance due to its proximity to ancient Lystra. It was designated a First-Degree Archaeological Site in 1987, and its multi-layered settlement was registered as an Urban Archaeological Site in 2001 (Aritan, 2010). With its distinctive geotourism and religious-tourism attributes, Kilistra represents a high-value component of volcanic geoheritage, offering notable educational, scientific, and aesthetic significance
5. Fasillar Monument Rock-Cut Structures: A Late Hittite relief carved directly onto massive andesite, representing one of the earliest examples of human engagement with volcanic substrates in Central Anatolia. The rock-cut features attributed to the Hittite period include relief panels, sculptural elements, a prominent horse figure, and hieroglyph-like carvings, reflecting the cultural and symbolic use of volcanic rocks. This geosite symbolizes the spiritual and cultural interaction with andesites. This geosite exemplifies the spiritual and cultural relationship between ancient societies and andesitic lithologies. Owing to its outstanding

geocultural significance, high aesthetic value, and strong geotourism potential, the Fasillar Monument constitutes a key element of the region’s volcanic geoheritage.

The ErAVC demonstrates a full spectrum of volcanic features ranging from high-relief dome complexes to extensive ignimbrite plateaus and reworked sedimentary plains. Its geosites illustrate distinct evolutionary stages of volcanism – effusive dome emplacement (Erenlerdağ, Alacadağ), explosive pyroclastic deposition (Kilistra ignimbrites), and subsequent erosional landscape evolution. Culturally integrated sites such as Kilistra and Fasillar further enhance the holistic geoheritage value of the area, creating a strong connection between natural and cultural dimensions. The combination of high scientific importance, educational potential, and aesthetic appeal positions the ErAVC as a significant candidate for regional geopark development under the UNESCO Global Geopark framework.

DISCUSSION and CONCLUSIONS

Volcanic geoheritage encompasses the preserved record of volcanic processes and landforms that collectively document the geological evolution of volcanic systems (Németh, 2022). In polygenetic volcanic systems, geomorphology reflects the cumulative imprint of successive eruptive phases rather than the outcome of individual eruptive events, allowing eruptive architecture, magma properties, and post-eruptive processes to be interpreted from preserved landforms (Nemeth, 2010).

In the ErAVC, facies architecture provides a fundamental framework for interpreting the geomorphological imprint of polygenetic volcanism. This framework demonstrates that the primary volcanic architecture, defined by magma properties and eruptive mechanisms, has

been preserved through post-eruptive surface processes, forming a clear record of volcanic geoheritage. The lava domes and thick lava flows of the central–proximal facies represent well-preserved geomorphological expressions of high-viscosity magma emplacement, forming high-relief and erosion-resistant landforms. In contrast, the pyroclastic density current deposits (high volume of ignimbrites) in the medial and distal facies reflect the scale, flow geometry, and dispersal patterns of explosive volcanism. The geomorphology of the ignimbrites in the ErAVC cannot be generalized as flat plateaus. Instead, the laterally extensive ignimbrite sheets commonly fill paleovalleys and have been subsequently modified by fluvial and lacustrine processes, producing widespread differential erosion surfaces. These features preserve both primary emplacement characteristics and secondary geomorphological modification, highlighting the importance of post-eruptive processes in shaping volcanic landscapes. The complex spatial association of the high-relief lava domes and flows with medial to distal ignimbrites, tuff layers, and epivolcanoclastics interbedded with sedimentary units reflects the long-lived eruptive dynamics of a polygenetic volcanic system. Together, these deposits provide an invaluable archive of eruptive mechanisms, eruption magnitudes, and depositional processes, as well as the interaction between volcanic activity and subsequent sedimentary landscape evolution. Comparable facies-controlled geomorphological relationships have been documented in other polygenetic volcanic systems in Central Anatolia, particularly at the Hasandağ stratovolcano, where lava flows, domes, and ignimbrites (pyroclastic density current deposits) collectively reflect successive constructive and destructive eruptive phases, resulting in a geomorphological record that preserves the long-term evolution of the volcanic edifice. (Kuzucuoğlu et al., 2020). Similar to the ErAVC, ignimbrites at Hasandağ display significant geomorphological variability and cannot be

simplistically interpreted as uniform plateau surfaces, but instead reflect both emplacement conditions and post-eruptive reworking. These similarities emphasize that polygenetic volcanism in Central Anatolia produces comparable long-term geomorphological signatures that are fundamental to volcanic geoheritage assessment.

The significance of such relationships is further illustrated by comparison with active polygenetic volcanic systems, such as Fogo Island where ongoing volcanic activity continuously reshapes the landscape, resulting in a dynamic volcanic geoheritage characterized by the destruction, reworking, and creation of volcanic landforms through successive eruptions (Alfama et al., 2024). Although the ErAVC represents an inactive system, its geomorphology preserves a stabilized and fossilized record of comparable relationships between effusive and explosive volcanic products. This comparison demonstrates that the geoheritage value of polygenetic volcanic systems emerges from long-term eruptive and geomorphological evolution, rather than from the present activity state of the volcano. Within this conceptual framework, the geomorphological and cultural expressions observed in the ErAVC provide concrete field-based examples of how volcanic facies and post-eruptive processes shape both landscapes and human–environment interactions. In the investigated area, the Kilistra ignimbrites, despite their lower resistance to erosion compared to coherent lava flows, have been naturally sculpted into distinct landforms such as fairy chimneys, small valleys, and low-relief plateaus. These features not only record the geomorphic response of pyroclastic deposits to atmospheric and fluvial processes but also provide natural shelters that were historically used by human settlements. The interaction of physical lithological properties, including ignimbrite porosity and low bulk density, with human activity underscores the synergistic relationship between volcanic geomorphology and cultural adaptation.

Similarly, the monumental cultural features, such as the Fasıllar sculpture, exemplify the influence of volcanic landforms on material culture, symbolic expression, and spiritual practices over millennia. From a geoheritage perspective, Kilistra and Fasıllar represent sites of dual significance, integrating geological, geomorphological, and archaeological values within a coherent landscape framework. They exhibit significant scientific, educational, cultural, and aesthetic value, and have a high geoheritage significance in terms of representativeness, integrity and landscape expression. The preservation of these volcanic terrains provides a natural archive for studying polygenetic volcanism, post-eruptive reworking processes, and sedimentary basin evolution. Simultaneously, the archaeological and cultural components illustrate the long-term adaptation of human societies to geologically dynamic environments. The complementary presence of natural and cultural features at these sites highlights the importance of adopting multidisciplinary methodologies for their identification, documentation, and sustainable management.

Effective conservation of the ErAVC requires a combination of strategies that address both natural and anthropogenic pressures. Erosion control measures, stabilization of fragile ignimbrite structures, digital documentation, and geotourism management are critical to maintaining the integrity of the volcanic landscape while facilitating educational and scientific engagement. Such integrated approaches enable the safeguarding of these landscapes as living archives, providing insights not only into the Earth's volcanic history but also into the interrelationship between humans and volcanic environments. In addition to its geological and cultural significance, parts of the ErAVC are currently affected by active and expanding mining operations, particularly in the İnlice area. These activities have resulted in noticeable landscape degradation. From a cultural

heritage, geoheritage and geotourism perspective, such anthropogenic disturbances represent a major threat to the integrity, interpretive value, and long-term conservation of the volcanic facies assemblages documented in this study. Ensuring sustainable geotourism development in the region therefore requires the recognition of mining-induced impacts and the implementation of management strategies aimed at minimizing further degradation, promoting rehabilitation of altered sites, and balancing resource extraction with the protection of geoheritage assets. In conclusion, the ErAVC represents a key volcanic geoheritage site in Central Anatolia, highlighting the need for integrated conservation strategies that balance scientific research, education, and sustainable tourism.

GENİŞLETİLMİŞ ÖZET

Erenlerdağ-Alacadağ Volkanik Kompleksi (ErAVK), Konya ilinin güneybatısında Beyşehir Graben sisteminde yer alan ve yaklaşık 1500 km²'lik bir alanı kaplayan Neojen yaşlı volkanik komplekstir. Mafik-felsik bileşim aralığında gelişen lav akıntıları, domlar, piroklastik akma ve düşme ürünleri ile dayk gibi subvolkanik intrüzyonlar kompleks bir volkanik evrimi temsil eder. Bu çok evreli volkanizma, Anadolu'daki Senozoyik volkanizmanın kıtasal kabuk deformasyonu ve levha etkileşimleriyle ilişkili yaygın karakterini yansıtmaktadır.

Volkanik fasiyes analizi, ErAVK'nin lav kubbelerinin(dom) gelişiminden patlamalı piroklastik süreçlere kadar geniş bir püskürme spektrumunu ortaya koymaktadır. Merkez ve piroksimal fasiyeslerde gözlenen lav domları, dasitik-andezitik lav akıntıları ve piroklastikler çok evreli, uzun süren tekrarlı magma karışımı, yeniden beslenme ve asimilasyon-fraksiyonel kristalleşme süreçlerinin ürünleridir. Medial fasiyeste gözlenen ignimbiritler oldukça geniş alana yayılmakta karmaşık ve tekrarlı-uzun süren

evreleri göstermektedir. Distal fasiyeslerde ise ignimbirit ve tüf düzeyleri, karbonatlı gösel-akarsu çökelleri, volkanik ve sedimanter süreçlerin eş zamanlı gelişimini açıkça yansıtır. Bu fasiyes mimarisi, ErAVK'de jeomorfolojik rölyefin, yüksek viskoziteli lav ürünleriyle karakterize edilen yüksek topoğrafik alanlardan, ignimbirit akışları ve flüviyolakustrin çökellerle ilişkili daha düşük, dalgali ve yeniden şekillenmiş rölyef zonlarına doğru sistematik bir değişim gösterdiğini ortaya koymaktadır. Bu iyi korunmuş stratigrafik diziler, karasal yay volkanizmasının püskürme dinamiklerini ve magma odası evrimini, volkanik-sedimanter süreçlerin ilişkisini çözümlmek açısından önemli bir doğal arşiv sunmaktadır.

ErAVK yalnızca jeolojik önemiyle değil, aynı zamanda kültürel mirasla bütünleşmiş volkanik jeomiras alanlarıyla da dikkat çekmektedir. Medial fasiyes ignimbiritlerinin yüksek gözenekliliği, tarih boyunca yerleşim ve inşaat faaliyetlerini kolaylaştırmıştır; bunun en çarpıcı örneği antik Kilistra kentidir. Kilistra ve çevresi, M.Ö. 2000'lerden itibaren Asur, Hitit, Lidya, Pers, Pergamon, Hellenistik dönem, Roma, Bizans, Selçuklu, Karamanoğulları ve Osmanlı egemenliklerini yaşamıştır. Lystra'ya yakınlığı nedeniyle önemli olan yerleşim, 25.12.1987'de I. Derece Arkeolojik Sit, Osmanlı döneminde gelişen çok katmanlı dokusu ise 22.10.2001'de Kentsel Arkeolojik Sit olarak tescil edilmiştir. İgnimbirit ve tüflerin doğal aşınma sonucu oluşturduğu peribacaları ve oyuklu kayalık alanlar; antik dönemde barınma ve ibadet mekânı olarak kullanılmış, böylece volkanik jeomorfolojinin insan yerleşimleriyle doğrudan ilişkisi gözlenmiştir. Bu antik kentte, dini yapılar (kilise, şapel), sosyal amaçlı yapılar (mesken, sarnıç) ve savunma- güvenlik-askeri yapıları (gözetleme kulesi ve sığınaklar), şaraphaneler, kral yolu gibi çeşitli yapılar yer almaktadır. Benzer biçimde, Fasıllar Köyü'nde yer alan Fasıllar Anıtı (Tarhunna Anıtı – Fırtına Tanrısı) ile dini ritüel yapılar ve çeşitli yazıtların ignimbiritlere göre

daha dirençli andezitik lav akıntıları üzerine inşa edilmiş olması, volkanik kayaçların kültürel ifadelere malzeme ve anlam kazandırmadaki rolünü ve söz konusu dönemlerdeki taş işçiliğini göstermektedir. Bu yönüyle ErAVK, doğa ve kültür arasındaki karşılıklı etkileşimi belgeleyen özgün bir jeokültürel peyzaj örneğidir.

Bu çalışmada belirlenen ErAVK jeositleri, 1) Erenlerdağ Dom Kompleksi ve Piroklastikleri, 2) Kilistra İgnimbiritleri, 3) Alacadağ Lav Akıntıları, Piroklastikleri ve Olası Kaldera, 4) Kilistra Antik Kenti ve 5) Fasıllar Anıtı ve Kaya Oyma Yapıları olarak belirlenmiştir ve bu jeositler volkanizmanın evrelerini ve bununla yakından ilişkili doğal ve kültürel mirası açık bir şekilde temsil etmektedir. Bu çeşitlilik, bilimsel araştırma, eğitim ve jeoturizm açısından yüksek potansiyel taşır. Bölgedeki doğal ve kültürel bileşenlerin birlikte değerlendirilmesi, UNESCO Küresel Jeopark yaklaşımıyla uyumlu sürdürülebilir bir koruma ve tanıtım stratejisinin geliştirilmesine olanak sağlar.

Sonuç olarak, ErAVK; Orta Anadolu'nun jeodinamik evrimini, volkanik peyzaj gelişimini ve insan-doğa etkileşimini birlikte yansıtan özgün bir volkanik jeokültürel miras alanı niteliğindedir. Volkanik fasiyes mimarisi, jeomorfolojik rölyef ve kültürel unsurların mekânsal birlikteliği, alanın bilimsel, estetik ve eğitimsel değerini belirgin biçimde artırmaktadır. Bu çok bileşenli mirasın sürdürülebilir biçimde korunması, jeolojik ve jeomorfolojik süreçlerin dikkate alındığı; çevresel duyarlılık ile jeolojik, jeomorfolojik, doğal ve kültürel miras unsurlarının bilimsel olarak belgelenmesini esas alan bir yönetim yaklaşımını gerekli kılmaktadır. Böyle bir yaklaşım, yerküre tarihi ile insanlık tarihinin kesiştiği bu özgün peyzajın uzun vadede korunarak gelecek kuşaklara aktarılmasına olanak sağlayacaktır.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors gratefully acknowledge Nizamettin Kazancı for his substantial scientific contributions

throughout the development of this study. The authors are grateful to the anonymous reviewers for their valuable contributions and insightful comments, which significantly improved the quality and clarity of the manuscript.

ORCID

Gülin Gençoğlu Korkmaz  <https://orcid.org/0000-0003-0185-2806>

Hatice Ünal Ercan  <https://orcid.org/0000-0001-6775-1798>

REFERENCES

- Alfama, V., Henriques, M.H. & Barros, A. (2024). The Challenging Nature of Volcanic Heritage: The Fogo Island (Cabo Verde, W Africa). *Geoheritage*, 16, Article 34. <https://doi.org/10.1007/s12371-024-00939-9>
- Arıtan, H. (2010). *Konya Kilistra (Gökyurt) tarihsel yerleşimi mekânsal gelişimi ve koruma önerileri* [Yüksek Lisans Tezi]. Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Asan, K. & Ertürk, M. A. (2013). First Evidence of Lamprophyric Magmatism from the Konya Region, Turkey: a Genetic Link to High-K Volcanism. *Acta Geologica Sinica - English Edition*, 87(6), 1617-1629. <https://doi.org/10.1111/1755-6724.12163>
- Asan, K., Kurt, H., Gündüz, M., Gençoğlu Korkmaz, G. & Morgan, G. (2021). Geology, geochronology, and geochemistry of the Miocene Sulutas volcanic complex, Konya-Central Anatolia: genesis of orogenic and anorogenic rock associations in an extensional geodynamic setting. *International Geology Review*, 63, 161-192. <https://doi.org/10.1080/00206814.2019.1706651>
- Asan, K., Gündüz, M., Gençoğlu Korkmaz, G. & Kurt, H. (2024). The role of magma recharge in producing compositional modality in post-collisional volcanic rocks, Konya volcanic field, Central Anatolia (Türkiye). *Journal of Asian Earth Sciences*, 276, Article 106364. <https://doi.org/10.1016/j.jseaes.2024.106364>
- Baylak, H.M., Erkal, T. ve Taş, B. (2024). Kilistra (Gökyurt) Kültürel Jeomorfolojik Alanı. Çankırı Karatekin Üniversitesi Karatekin Edebiyat Fakültesi Dergisi, 12, 1-21. <https://doi.org/10.57115/karefad.1407454>
- Besang, C., Eckhardt, F., Harre, W., Kreuzer, H. & Müller, P. (1977). Radiometric age determinations on Neogene igneous rocks in Turkey. *Geological Yearbook (in German)*, 25, 3-36.
- Brilha, J. (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>
- Cas, R. A. & Wright, J. V. (1991). Subaqueous pyroclastic flows and ignimbrites: an assessment. *Bulletin of Volcanology*, 53, 357-380. <https://doi.org/10.1007/BF00280227>
- Doğan, U. & Koçyiğit, A. (2018). Morphotectonic evolution of Maviboğaz canyon and Suğla polje, SW central Anatolia, Turkey. *Geomorphology*, 306, 13-27. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2018.01.001>
- Erbil, Y. H. ve Ünlü, E. (2017). Fasıllar Anıtı ve Çevresi Geç Tunç Çağı Seramik Buluntuları. *Edebiyat Fakültesi Dergisi*, 34, 48-60.
- Fisher, R. V. & Schmincke, H.-U. (1984) Pyroclastic fragments and deposits. *Pyroclastic rocks* (pp.: 89-124).Springer.
- Gençoğlu Korkmaz, G., Asan, K., Kurt, H. & Morgan, G. (2017). ⁴⁰Ar/³⁹Ar geochronology, elemental and Sr-Nd-Pb isotope geochemistry of the Neogene bimodal volcanism in the Yükselen area, NW Konya (Central Anatolia, Turkey). *Journal of African Earth Sciences*, 129, 427-444. <https://doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2017.02.001>
- Gündüz, M. (2023). The origin and eruption mechanism of the Kilistra ignimbrites deduced from chemostratigraphic, geochronologic, remote sensing, and GIS methods, Erenlerdağ-Alacadağ volcanic complex SW Konya-Central Anatolia [Yayımlanmamış Doktora tezi]. Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Muğla.
- Gündüz, M. (2025). Kilistra ignimbiritlerinin uzaktan algılama yöntemleriyle yeniden haritalanması ve Beyşehir Havzası'nın (GB Konya/Türkiye) CBS tabanlı çizgisellik analizi. *Geomatik*, 10, 76-91. <https://doi.org/10.29128/geomatik.1533893>
- Gündüz, M., Özkan, A. M. & Asan, K. (2025). The origin and emplacement dynamics of the volcanoclastic and sedimentary clastic dykes in volcanic fields: A case study from the Erenlerdağ-

- Alacadağ Volcanic Complex (Konya-TURKEY). *Pamukkale University Journal of Engineering Sciences*, 31, 1073-1082. <https://doi.org/10.5505/pajes.2025.57227>
- Gürbüz, A., Kazancı, N., Hakyemez, H.Y., Leroy, S.A., Roberts, N., Saraç, G., Ergun, Z., Boyraz-Arslan, S., Gürbüz, E., Koç, K., Yedek, Ö & Yücel, T. O. (2021). Geological evolution of a tectonic and climatic transition zone: the Beyşehir-Suğla basin, lake district of Turkey. *International Journal of Earth Sciences*, 110, 1077-1107. <https://doi.org/10.1007/s00531-021-02007-x>
- Kazancı, N. & Gençoğlu Korkmaz, G. (2023). Konya İlinin Doğal Varlıkları ve Jeolojik Miras Potansiyeli. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 66(3), 403-420. <https://doi.org/10.25288/tjb.1321896>
- 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. <https://doi.org/10.19111/bmre.39701>
- Keller, J., Dieter, J. Klaus, B. & Friedrich, W. (1977). Geologie und Petrologie des neogenen Kalkkali-Vulkanismus von Konya (Erenler Dag-Alaca Dag-Massiv, Zentral-Anatolien). *Geologisches Jahrbuch*, B25, 37-117.
- Kocak, K. & Zedef, V. (2016). Geochemical characteristics of the lava domes in Yatagan village and Sağlık town, from Erenlerdagi (Konya, Central Turkey) volcanites. *Acta Geobalkanica*, 2, 7-19. <https://doi.org/10.18509/AGB.2016.01>
- Kurt, H., Ozkan, A. M. & Kocak, K. (2003). Geology, petrography and geochemistry of the subduction related volcanic rocks, west of Konya, Central Anatolia. *Geological Bulletin of Turkey*, 46(2), 39-52.
- Kurt, S., Akgül, B. ve Kurt, H. (2005). Sağlık - Erenkaya (Konya Batısı) Yöresi Volkanik Kayaçlarının Petrografik ve Jeokimyasal Özellikleri. *Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 17, 190-204.
- Kuzucuoğlu, C., Gündoğdu Atakay, E., Mouralis, D., Atıcı, G., Guillou, H., Türkecan, A. & Pastre, J.F. (2020). Geomorphology and tephrochronology review of the Hasandağ volcano (southern Cappadocia, Turkey). *Mediterranean Geoscience Reviews*, 2, 185-215. <https://doi.org/10.1007/s42990-019-00017-1>
- Navasardyan, G., Meliksetian, K., Savov, I. P., Gevorgyan, H., Bangoyan, M., Galstyan, A. & Grigoryan, E. (2025). Volcanic Geoheritage and Geotouristic Potential of the Gegham Monogenetic Volcanic Upland (Armenia). *Geoheritage*, 17, Article 146. <https://doi.org/10.1007/s12371-025-01170-w>
- Nemeth, K. (2010). Monogenetic volcanic fields: Origin, sedimentary record, and relationship with polygenetic volcanism. *Special Paper of the Geological Society of America*, 470, 43-66. [https://doi.org/10.1130/2010.2470\(04\)](https://doi.org/10.1130/2010.2470(04))
- Németh, K. (2022). Volcanic geoheritage in the light of volcano geology. In Dóniz-Páez, J. & Pérez, N. M. (Eds.), *El Hierro Island global geopark: diversity of volcanic heritage for geotourism* (pp.: 1-24). Springer International Publishing Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-07289-5_1
- Németh, K. & Palmer, J. (2019). Geological mapping of volcanic terrains: Discussion on concepts, facies models, scales, and resolutions from New Zealand perspective. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 385, 27-45. <https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2018.11.028>
- Okay, A. I. & Tüysüz, O. (1999). Tethyan sutures of northern Turkey. *Geological Society, London, Special Publications*, 156, 475-515. <https://doi.org/10.1144/GSL.SP.1999.156.01.22>
- Öztürk, F. G. (2017). Rock-cut Architecture. *The archaeology of Byzantine Anatolia. From the End of Late Antiquity to the Coming of the Turks*, 148-159. <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780190610463.003.0012>
- Platzman, E., Tapirdamaz, C. & Sanver, M. (1998). Neogene anticlockwise rotation of central Anatolia (Turkey): preliminary palaeomagnetic and geochronological results. *Tectonophysics*, 299(1-3), 175-189. [https://doi.org/10.1016/S0040-1951\(98\)00204-2](https://doi.org/10.1016/S0040-1951(98)00204-2)
- Rabayrol, F., Hart, C. J. R. & Thorkelson, D. J. (2019). Temporal, spatial and geochemical evolution of late Cenozoic post-subduction magmatism in central and eastern Anatolia, Turkey. *Lithos*, 336-337, 67-96. <https://doi.org/10.1016/j.lithos.2019.03.022>
- Şengör, A. M. C. & Yilmaz, 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)
- Şengör, A. M. C., Özeren, S., Genç, T. & Zor, E. (2003). East Anatolian high plateau as a mantle-supported, north-south shortened domal structure. *Geophysical Research Letters*, 30(24), Article 8045. <https://doi.org/10.1029/2003GL017858>
- Şengör, A. M. C., Lom, N., Zabcı, C., Sunal, G. & Sancar, T. (2019). On the nature of the Cimmerian Continent and the opening of the Neo-Tethys. *EGU General Assembly Conference Geophysical Research Abstracts, Vienna, Austria*, 21, 4310.
- Tatar, O., Gursoy, H. & Piper, J. (2002). Differential neotectonic rotations in Anatolia and the Tauride Arc: palaeomagnetic investigation of the Erenlerdag Volcanic Complex and Isparta volcanic district, south-central Turkey. *Journal of the Geological Society*, 159, 281-294.
<https://doi.org/10.1144/0016-764901-035>
- Temel, A., Gundogdu, M. N. & Gourgaud, A. (1998). Petrological and geochemical characteristics of Cenozoic high-K calc-alkaline volcanism in Konya, Central Anatolia, Turkey. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 85(1-4), 327-354.
[https://doi.org/10.1016/S0377-0273\(98\)00062-6](https://doi.org/10.1016/S0377-0273(98)00062-6)
- Uyanık, C. & Koçak, K. (2016). Geochemical Characteristics of the Erenlerdagi Volcanics, Konya, Central Turkey. *Bulletin of the Geological Society of Greece*, 50, 2057-2067.
<https://doi.org/10.12681/bgsg.11952>
- Whitney, D.L. & Evans, B.W. (2009). Abbreviations for names of rock-forming minerals. *American Mineralogist*, 95, 185-187.
<https://doi.org/10.2138/am.2010.3371>



**The First Surveyed Lava Tube on Mount Ağrı Volcano (Türkiye):
A Geological Heritage Assessment of the Ice Cave**

Ağrı Dağı Volkanı'nda İlk Kez Araştırılan Lav Tüneli (Türkiye): Buz Mağarası'nın Jeolojik Miras Açısından Değerlendirilmesi

Korhan Çakır^{1*}, **Çağlar Aslan¹**, **Esra Ünal Çakır^{2,3}**,
Devrim Erşen⁴, **Meftun Kerem Sönmez¹**

¹ General Directorate of Mineral Research and Exploration,
Şehit Cuma Dağ Natural History Museum, 06800 Ankara, Türkiye

² Yozgat Bozok University, Faculty of Engineering and Architecture,
Department of Geological Engineering, 66100 Yozgat, Türkiye

³ Ankara University, Earth Sciences Application and Research Center (YEBİM),
06830 Gölbaşı-Ankara, Türkiye

⁴ General Directorate of Mineral Research and Exploration,
Department of Geological Studies, 06800 Ankara, Türkiye

• Geliş/Received: 06.11.2025 • Düzeltilmiş Metin Geliş/Revised Manuscript Received: 08.04.2026 • Kabul/Accepted: 08.04.2026
• Çevrimiçi Yayın/Available online: 17.05.2026 • Baskı/Printed: 22.05.2026

Araştırma Makalesi/Research Article

Türkiye Jeol. Bül. / Geol. Bull. Turkey

Abstract: Türkiye hosts numerous geological formations that qualify as natural monuments, commonly referred to as geological heritage sites. These sites represent exceptional examples of key stages in Earth history, including active geological processes, distinctive geomorphological features, and significant physiographical characteristics. Within this framework, this study presents the Ice Cave, a lava tube developed within basaltic lava flows on Mount Ağrı volcano, as an important geological heritage site.

The Ice Cave is a non-renewable natural lava tube distinguished by well-preserved volcanic morphology and recording aspects of the volcanic and geomorphological evolution of the region. The cave was documented through detailed cave surveying and mapping, supported by microclimatic and gas measurements conducted within a geological heritage assessment framework. The Ice Cave represents the first lava tube on Mount Ağrı volcano to be systematically surveyed and mapped in detail.

The geological, morphological, and microclimatic characteristics of the Ice Cave indicate strong potential for scientific research, geoscience education, and sustainable geotourism as a complementary activity to existing mountaineering tourism in the region. Furthermore, the results suggest that similar investigations on Mount Ağrı and surroundings may reveal additional lava tubes, contributing both to scientific understanding and to the sustainable management of Türkiye's volcanic geological heritage.

Keywords: Cave, geological heritage, ice cave, lava tube, Mount Ağrı.

Öz: Türkiye, jeolojik miras alanı olarak değerlendirilebilecek ve doğal anıt niteliği taşıyan çok sayıda jeolojik oluşuma sahiptir. Jeolojik miras alanları; yerkürenin tarihindeki önemli evreleri temsil eden, aktif jeolojik süreçleri yansıtan, ayırt edici jeomorfolojik ve fizyografik özellikler sergileyen istisnai örnekler olarak tanımlanmaktadır. Bu

*Correspondence / Yazışma : korhan.cakir@mta.gov.tr
korhancakir5@gmail.com

© 2026 JMO Her hakkı saklıdır/All rights reserved
<http://tjb.jmo.org.tr>
<http://dergipark.gov.tr/tjb>

bağlamda, bu çalışma Ağrı Dağı volkanizmasına ait bazaltik lav akıntıları içerisinde gelişmiş bir lav tüneli olan Buz Mağarası'nı önemli bir jeolojik miras alanı olarak ele almaktadır.

Buz Mağarası, iyi korunmuş volkanik morfolojisi ve bölgenin volkanik ve jeomorfolojik evrimini yansıtmaya potansiyeli ile öne çıkan, yenilenemez nitelikte doğal bir lav tünelidir. Mağara, ayrıntılı mağara ölçümleri ve haritalama çalışmaları ile birlikte mikroklimatik ve gaz ölçümleri kullanılarak jeolojik miras değerlendirme çerçevesinde belgelenmiştir. Elde edilen bulgular, Buz Mağarası'nın Ağrı Dağı volkanizmasına ait lavlar içerisinde sistematik olarak ölçülüp ayrıntılı biçimde haritalanan ilk lav tüneli olduğunu ortaya koymaktadır.

Buz Mağarası'nın jeolojik, morfolojik ve mikroklimatik özellikleri; bilimsel araştırmalar, yerbilimleri eğitimi ve mevcut dağcılık turizmine tamamlayıcı nitelikte sürdürülebilir jeoturizm faaliyetleri açısından yüksek bir potansiyel sunmaktadır. Ayrıca bu çalışma, Ağrı Dağı ve çevresinde yapılacak benzer araştırmaların yeni lav tünellerinin belirlenmesine katkı sağlayarak Türkiye'nin volkanik jeolojik mirasının bilimsel olarak belgelenmesi ve sürdürülebilir biçimde yönetilmesi açısından önemli bir temel oluşturacağını göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Ağrı Dağı, buz mağarası, jeolojik miras, lav tüneli, mağara.

INTRODUCTION

Many natural caves around the world formed predominantly within carbonate rocks through karstic processes. Approximately one-third of the surface rocks in Türkiye consist of carbonate lithologies, making the country particularly rich in karst caves. In addition to these well-known karst systems, caves may also develop within volcanic rocks, independent of dissolution processes, where they are commonly referred to as lava tubes or lava tunnels.

Lava tubes form during volcanic eruptions when low-viscosity lava flows beneath a rapidly cooled surface crust, creating insulated conduits that may remain as hollow tunnels after lava drainage. The longest known lava tubes are typically found in regions with sustained volcanic activity, such as the Hawaiian volcanic province. For example, Kazumura Cave (Hawaii) has a continuous traversable length of approximately 41.8 km, although its total mapped system exceeds 65 km when side passages are included (Allred and Allred, 1997; Allred, 2019). Although less studied than karst caves, lava tubes represent important volcanic landforms that record lava emplacement dynamics and post-eruptive geomorphological processes. Lava tubes have been widely documented in volcanic regions worldwide and provide important insights into

lava flow dynamics and cave development (e.g., Kempe, 2012; Allred, 2019). Türkiye hosts numerous volcanic fields related to Neogene-Quaternary volcanic activity extending across Anatolia. Previous studies indicate that this volcanism was associated with complex tectonic processes following the collision of the Arabian and Eurasian plates (Ercan et al., 1990; Yılmaz et al., 1998). Eastern Anatolia represents one of the most extensive volcanic regions in the country and hosts several major volcanic centers, including Mount Ağrı, Süphan, and Tendürek (Yılmaz et al., 1998). These volcanic edifices are predominantly composed of basaltic and andesitic volcanic products of Quaternary age, including extensive lava flows that form volcanic plateaus in many parts of Eastern Anatolia (Ercan et al., 1990; Yılmaz et al., 1998).

Mount Ağrı, located in eastern Türkiye, is one of the most prominent Quaternary volcanic edifices in the region. Despite its geological significance and extensive lava flows, volcanic caves associated with Mount Ağrı volcanism have received limited scientific attention. The Ice Cave (lava tube) investigated in this study was previously known only to local inhabitants and was not subject to detailed geological, morphological, or microclimatic investigation.

Although only a limited number of studies reported volcanic caves and lava tube occurrences in Türkiye, including the Karahasan Lava Tunnel in Eastern Anatolia (Kıraşan and Şengün, 2017) and volcanic provinces such as the Karacadağ volcanic field (Çakır et al., 2022), studies focusing specifically on well-documented lava tube systems remain limited compared to the extensive research on karst caves. Existing studies are generally descriptive or focus on specific features (e.g., ice formation), and comprehensive geological and morphological surveys of lava tubes are still scarce. In this context, the Ice Cave investigated in this study represents the first lava tube within the Mount Ağrı volcanic system to be systematically surveyed and documented through detailed geological and morphological measurements.

Unlike volcanological studies focusing on eruptive history, this research emphasizes the geological heritage significance of the lava tube and its potential value in scientific, educational, and geotourism terms. By presenting the first systematic survey of a lava tube on Mount Ağrı, this study aims to contribute to the documentation of volcanic cave systems in Türkiye and to highlight their importance as geological heritage sites worthy of conservation and sustainable geotourism development.

The objectives of this study are to document and characterize the Ice Cave through detailed field measurements, cave mapping, and environmental observations, and to evaluate its significance as a geological heritage site.

MATERIALS and METHODS

This study employed a systematic methodological approach to document, map, and evaluate the geological heritage significance of the Ice Cave (lava tube) within the Mount Ağrı volcanic system. The methodology combined desk-based analyses, field investigations, cave surveying,

microclimatic and gas measurements, and biological observations.

Prior to fieldwork, geological maps (1:25,000–1:100,000 scale), satellite imagery, and digital elevation models were analyzed to assess lava-flow morphology, stratigraphic relationships, and access conditions. Previous studies about Mount Ağrı volcanism were reviewed, and spatial analyses were performed using GIS-based tools (e.g., ArcGIS environment) to support field interpretations.

Field investigations were conducted by a multidisciplinary team. The cave entrance and key geomorphological features were recorded using handheld GPS devices, while lithology, lava-flow textures, jointing, and collapse structures were documented through systematic field observations. Lava thicknesses and structural orientations were measured using standard geological instruments.

Cave surveying was carried out following standard speleological mapping techniques commonly applied in volcanic cave studies. Horizontal and vertical distances were measured using laser distance meters, and slope angles and ceiling-height variations were recorded with digital inclinometers. Survey stations were established at regular intervals along the cave axis. The collected data were processed to produce scaled cave plans and longitudinal sections.

Microclimatic conditions were investigated through in situ measurements of air temperature, relative humidity, and gas composition at the cave entrance and at several interior locations. Measurements were conducted in November 2024 and July 2025 under stable weather conditions. Air quality was assessed by monitoring oxygen (O₂), hydrogen sulfide (H₂S), and methane (CH₄) concentrations to evaluate potential gas accumulation.

Biological observations were based on direct field observations and photographic

documentation of vertebrate and invertebrate traces within and around the cave. The geological heritage assessment of the Ice Cave was conducted using an evaluation framework based on the criteria defined by UNESCO and IUGS (2023) and the Natural Assets Requiring Protection inventory standards adopted by the General Directorate of Mineral Research and Exploration (MTA), including scientific value, rarity, integrity, educational significance, accessibility, and vulnerability.

GEOLOGICAL SETTING of MOUNT AĞRI VOLCANO

Mount Ağrı (Ararat) is the largest stratovolcano in Türkiye and one of the most prominent Quaternary volcanic centers in the Eastern Anatolia region. It is located within the Eastern Anatolian High Plateau, a tectonically active zone shaped by post-collisional volcanism following the convergence of the Arabian and Eurasian plates. This tectonic setting facilitated widespread and long-lived volcanic activity across Eastern Anatolia, including the development of large composite volcanoes such as Mount Ağrı.

Mount Ağrı volcanism consists predominantly of basaltic and andesitic lava flows accompanied by pyroclastic deposits. The volcanic edifice evolved through multiple eruptive stages, producing ash, lapilli, volcanic bombs, lava flows, and domes. Earlier studies classified Mount Ağrı as a Quaternary stratovolcano composed mainly of basalt and hypersthene andesite (Ercan et al., 1990; Hepşen, 2009). Radiometric age determinations indicate that andesitic units on Lesser Mount Ağrı are approximately 270 ka old, whereas andesitic lavas on Greater Mount Ağrı range between approximately 450 and 490 ka (Ercan et al., 1990). Strontium isotope data further suggest that the magmas feeding Mount Ağrı derived from a relatively homogeneous mantle source with limited crustal contamination (Gülen, 1980).

Basaltic lava flows associated with the later stages of Mount Ağrı volcanism are dark-colored, massive to vesicular, and exhibit well-developed flow structures observable in the field. These basaltic units form widespread lava surfaces surrounding the volcanic edifice and represent some of the youngest volcanic products of the Mount Ağrı volcanic system (Yılmaz et al., 1998). Recent volcanological studies also suggested that large-volume lava flows of Mount Ağrı were supplied by a deep magmatic reservoir beneath the volcanic edifice, indicating sustained magma supply during the Quaternary evolution of the volcano (Karaoğlu et al., 2017). The Ice Cave (lava tube) investigated in this study developed within one of these basaltic lava flow units belonging to the Quaternary volcanic evolution of Mount Ağrı.

ICE CAVE (LAVA TUBE-MOUNT AĞRI)

Location and General Characteristics

Located approximately 140 km from the center of Ağrı province and 50 km from the center of Doğubayazıt district, the Ice Cave (Lava Tube) is situated within the basaltic lava fields of Mount Ağrı, north of Hallaç village, along the route from Doğubayazıt to Gürbulak border gate (Figure 1). The relatively flat morphology of the surrounding lava plateau makes the cave entrance difficult to detect from a distance.

The geographic coordinates of the Ice Cave are 38°26'31" N, 42°43'13" E, at an elevation of approximately 1478 m above sea level (UTM Zone 37, WGS84). The cave has a total measured length of 101 m, an average ceiling height of approximately 20 m, and a maximum vertical difference of approximately 2.34 m from the entrance. It represents a semi-horizontal to horizontal volcanic lava tube developed within basaltic lava flows associated with volcanism on Mount Ağrı.

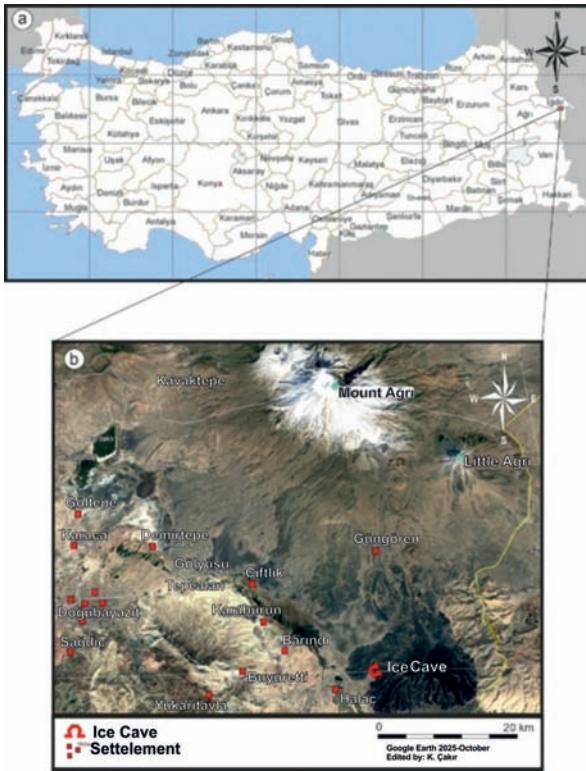


Figure 1. Regional and local location of the Ice Cave (lava tube) within the Mount Ağrı volcanic field. **a)** Location of Mount Ağrı in Türkiye, **b)** Satellite image showing the detailed location of the Ice Cave relative to surrounding lava flows and settlement areas (satellite imagery from Google Earth, edited in 2025).

Şekil 1. Buz Mağarası'nın (lav tüpü) Ağrı Dağı volkanik alanı içerisindeki bölgesel ve yerel konumu. **a)** Ağrı Dağı'nın Türkiye içindeki konumu, **b)** Buz Mağarası'nın çevredeki lav akıntıları ve yerleşim alanlarına göre konumunu gösteren uydu görüntüsü (Google Earth, 2025 yılında düzenlenmiştir).

Local Geology of the Ice Cave

The Ice Cave developed within a basaltic lava flow belonging to the late-stage eruptive products of Mount Ağrı volcanism (Figure 2). Stratigraphically, this basaltic lava flow is mapped as part of the Quaternary basaltic units of the Mount Ağrı Volcanic Complex, corresponding to

basaltic lava flows exposed in the Doğubayazıt area, north of Hallaç village (Yılmaz et al., 1998; Hepşen, 2009). The host basalt is dark-colored, massive to locally vesicular, and exhibits well-developed flow textures observable in the field. Field observations indicate that the morphology of these basaltic lava flows is locally favorable for the development of lava tubes, particularly in areas where lava flowed along pre-existing topographic lows such as riverbeds and shallow valleys. The basalt hosting the Ice Cave corresponds to a young lava flow unit with an estimated thickness of approximately 45–50 m, consistent with nearby outcrops. The mechanical strength and preservation of the basalt suggest relatively limited surface weathering, supporting a Quaternary age. Based on field relationships and regional geological mapping (Yılmaz et al., 1998; Hepşen, 2009), this lava flow is interpreted as part of the late-stage basaltic activity of Mount Ağrı volcanism during the Quaternary period. The lava tube formed within the interior part of this basaltic lava flow beneath the solidified upper surface during lava emplacement. The preserved morphology of the Ice Cave reflects the internal drainage of molten lava within the basaltic flow, leaving behind a hollow conduit.

Morphological Features of the Ice Cave

The entrance of the Ice Cave, formed by basaltic lava flows originating from the stratovolcano Mount Ağrı, is characterized by a collapse doline (Figure 3a). In areas where the lava tube roof is relatively thin, localized roof failure has created vertical openings that provide access to the cave (Figure 3b). Depending on the morphology of the valley floors and riverbeds exploited by the lava flows, the entrance occurs as isolated or partially connected collapse dolines (Figure 3c).

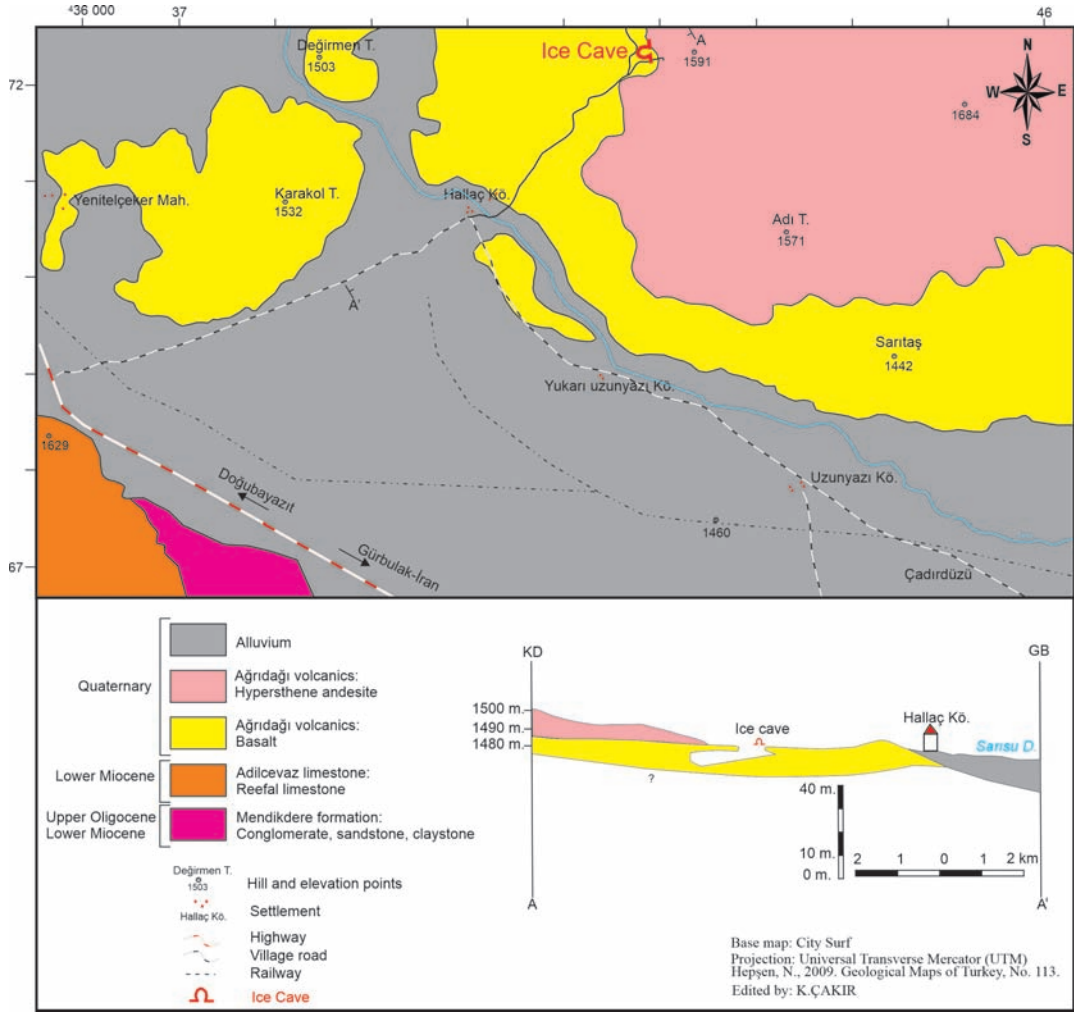


Figure 2. Simplified geological map of the Ice Cave (lava tube) area showing the distribution of Quaternary basaltic and andesitic volcanic units of Mount Ağrı and surrounding deposits (modified after Hepşen, 2009). The location of the Ice Cave is indicated, and the lava tube is hosted within Quaternary basaltic lava flows.

Şekil 2. Buz Mağarası (lav tüneli) ve yakın çevresinin sadeleştirilmiş jeoloji haritası; Ağrı Dağı'na ait Kuvaterner yaşlı bazaltik ve andezitik volkanik birimlerin ve çevresel çökellerin dağılımını göstermektedir (Hepşen, 2009'dan değiştirilerek). Buz Mağarası'nın konumu işaretlenmiş olup, lav tünelinin Kuvaterner yaşlı bazaltik lav akıntıları içerisinde geliştiği görülmektedir.

The Ice Cave extends from the collapse entrance in a predominantly southwesterly direction (Figure 4a, e). The entrance width reaches approximately 34 m, with an open ceiling attaining a maximum height of 24 m, while the total measured length of the cave is 101 m (Figure 4). The lava tube exhibits a semi-horizontal to horizontal geometry, with an average width of

approximately 25 m and a mean ceiling height of about 15 m. Toward the inner sections of the cave, the ceiling height gradually decreases, and blocky debris with steep internal slopes becomes more common (Figure 5a, b), reflecting post-emplacement mechanical breakdown of the lava tube roof.

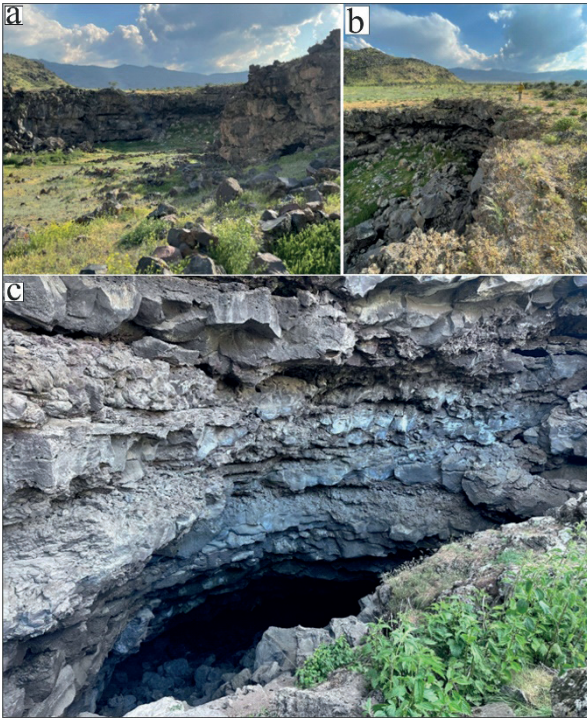


Figure 3. Field photographs showing collapse-doline development at the entrance of the Ice Cave (lava tube). **a)** Main collapse doline forming the principal entrance, **b)** Vertical opening produced by localized roof collapse in a sections with thin roof, **c)** Isolated or partially connected collapse dolines developed along the valley floor.

Şekil 3. Buz Mağarası (lav tüpü) girişinde gelişen çökme dolinlerini gösteren arazi fotoğrafları. **a)** Ana girişi oluşturan başlıca çökme dolini, **b)** Tavanın ince olduğu bir kesimde yerel tavan çökmesiyle gelişmiş düşey açıklık, **c)** Vadi tabanı boyunca gelişmiş izole veya kısmen bağlantılı çökme dolinleri.

The preserved internal morphology, including smooth wall surfaces, remnant flow linings, and drained lava marks, confirms that the Ice Cave represents the hollow interior of a former lava conduit. These morphological characteristics are consistent with lava tube morphologies commonly observed in basaltic lava flows.

Hydrology and Biological Observation of the Ice Cave

Although no active surface water flow is present within the Ice Cave, localized puddles and muddy areas occur due to infiltration of precipitation from the surface. Water percolating through fractures and porous zones of the overlying basalt freezes within the cave, leading to the formation of ice coatings and accumulations (Figure 6a, b). These features reflect seasonal freeze–thaw processes controlled by surface climate conditions and cave ventilation.

Located on the lava plateau of Mount Ağrı, the Ice Cave serves as a temporary shelter for various animal species, particularly during harsh climatic conditions. During field observations conducted in November 2024 and July 2025, several biological traces were documented within the cave. Fecal remains attributed to large mammals were frequently observed, and direct observations of bears were recorded during the survey (Figure 7a). In addition, feathers and egg fragments indicating avifaunal use were identified near the cave entrance (Figure 7b).

These biological observations should be considered preliminary, as no systematic biological inventory or species identification was conducted during the geological survey. Nevertheless, the documented traces suggest that the Ice Cave may function as a natural shelter for wildlife within the high-altitude environment of Mount Ağrı volcano.

RESULTS

Field investigations and measurements carried out within the Ice Cave provide field-based data about its morphology, geological setting, microclimate, and biological use. The cave represents a semi-horizontal to horizontal lava tube developed within young basaltic lava flows associated with the Quaternary volcanism of Mount Ağrı.

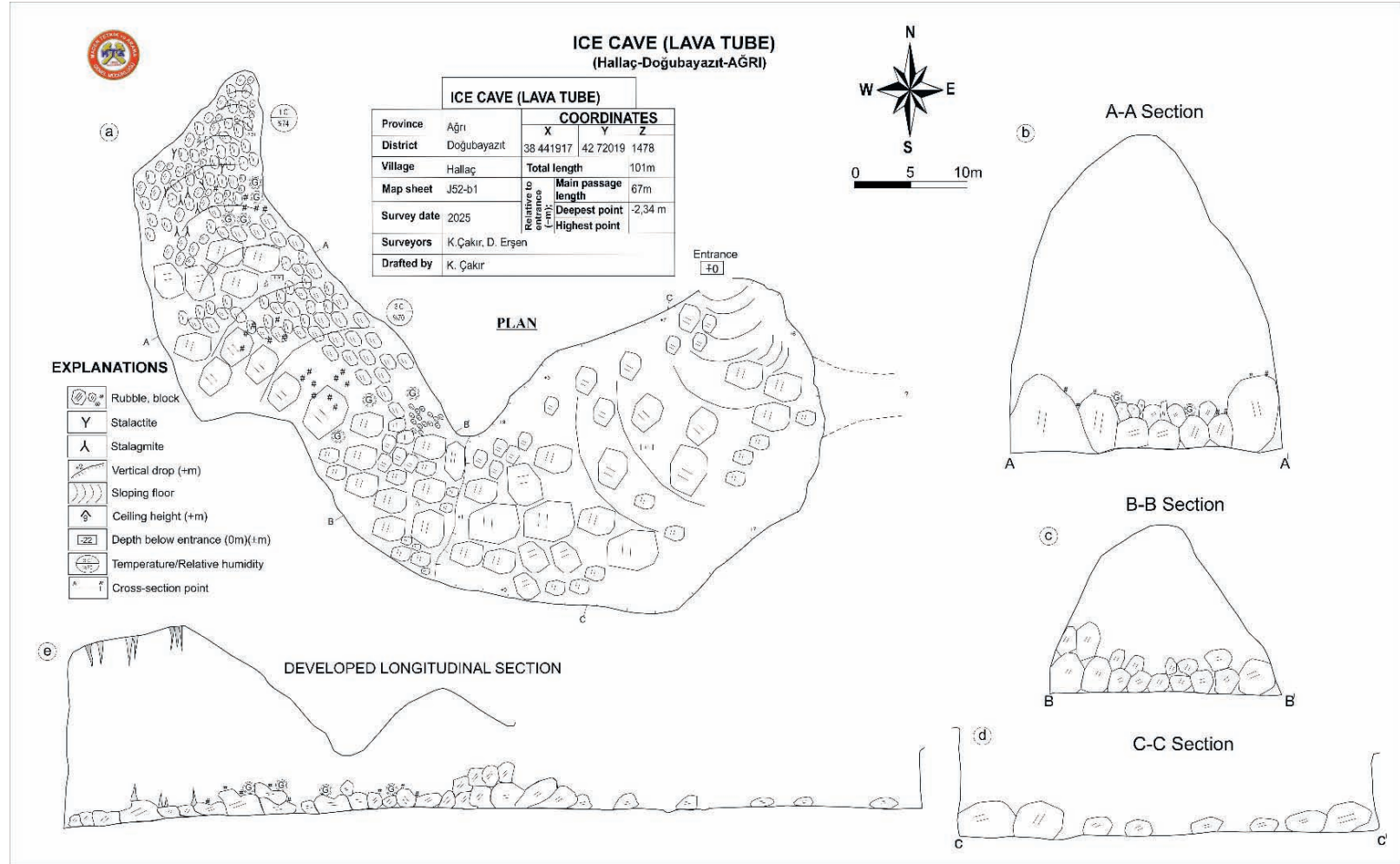


Figure 4. Detailed cave map of the Ice Cave (lava tube) based on original survey data. **a)** Plan view of the cave. **b–d)** Cross-sections along profiles A–A', B–B', and C–C'. **e)** Developed longitudinal section. The figure illustrates cave geometry, internal morphology, block distribution, ceiling height variations, and measurement points.

Şekil 4. Buz Mağarası'nın (lav tüpü) bu çalışma kapsamında elde edilen özgün ölçüm verilerine dayalı detaylı mağara haritası. **a)** Mağaranın plan görünümü. **b–d)** A–A', B–B' ve C–C' kesitleri. **e)** Açılmış boyuna kesit. Şekil, mağara geometrisini, iç morfolojiyi, blok dağılımını, tavan yüksekliği değişimlerini ve ölçüm noktalarını göstermektedir.

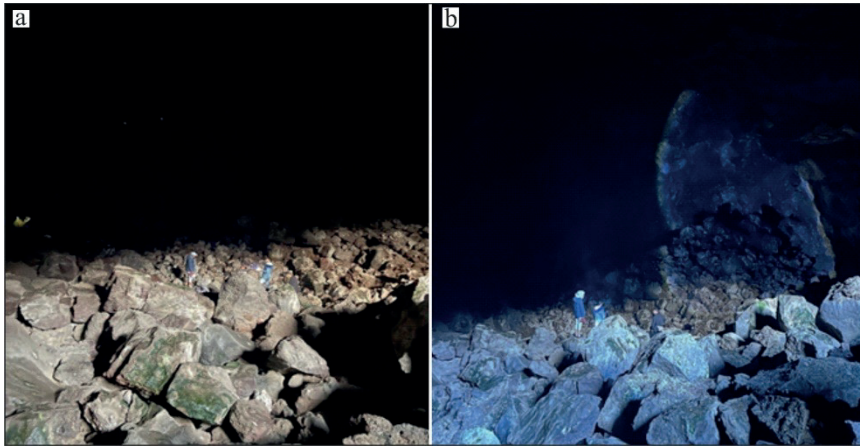


Figure 5. a, b) Interior views of the lava tube showing variations in ceiling height and the distribution of blocky debris resulting from post-emplacment roof collapse.

Şekil 5. a, b) Lav tüneli içinden görünüşler; tavan yüksekliğindeki değişimler ve yerleşim sonrası tavan çökmesine bağlı olarak gelişmiş bloklar.

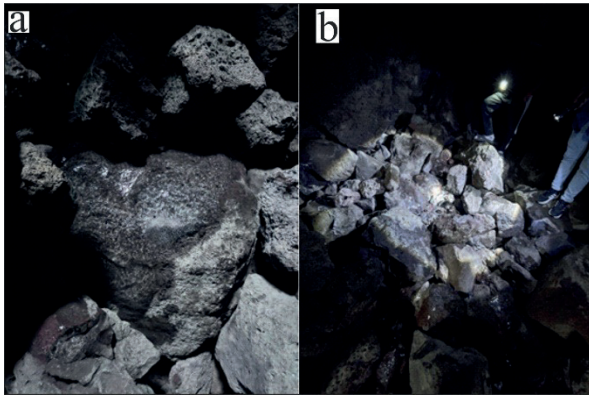


Figure 6. Ice features within the lava tube. **a)** Thin ice coatings formed on rock surfaces by freezing seepage water. **b)** Ice accumulations observed among collapsed blocks on the cave floor.

Şekil 6. Lav tüpü (Lav tüneli) içerisindeki buz oluşumları. **a)** Sızıntı suların donması sonucu kaya yüzeyleri üzerinde gelişmiş ince buz kaplamaları. **b)** Mağara tabanındaki bloklar arasında gelişmiş buz birikimleri.

Morphological observations indicate that the cave entrance formed as a collapse doline resulting from localized roof failure of the lava tube, while the interior preserves characteristic lava tube features such as smooth wall surfaces, remnant flow linings, and drained lava marks.

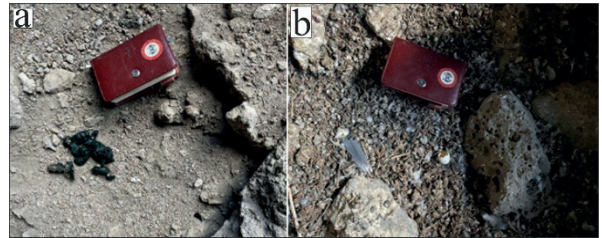


Figure 7. Biological traces observed at the entrance of the lava tube. **a)** Droppings attributed to large mammals. **b)** Eggshell fragments indicating avifaunal use of the cave. The field notebook visible in the photographs is approximately 15 cm in length and is provided as a scale reference.

Şekil 7. Lav tüneli girişinde gözlenen biyolojik izler. **a)** Büyük memelilere atfedilen dışkı kalıntıları. **b)** Kuşlara ait yumurta kabuğu parçaları. Fotoğraflarda görülen arazi defteri yaklaşık 15 cm uzunluğunda olup ölçek referansı olarak kullanılmıştır.

The Ice Cave Lava Tube has a total measured length of 101 m, with an entrance width of approximately 34 m and a maximum ceiling height of 24 m near the entrance. The average width of the tunnel is about 25 m, and the ceiling height gradually decreases toward the inner sections. Blocky debris and steep internal slopes observed inside the cave reflect post-emplacment mechanical breakdown of the lava tube roof following lava drainage.

Microclimatic measurements were conducted during two field campaigns in November 2024 and July 2025 at the cave entrance and within the cave interior. During the November 2024 campaign, the air temperature at the cave entrance was approximately -2 °C with relative humidity of about 82%, while temperatures inside the cave ranged between -4 and -6 °C. Oxygen concentration within the cave air was measured at around 20%, whereas hydrogen sulfide (H₂S) and methane (CH₄) were below the detection limits of the instrument. During the July 2025 field campaign, the air temperature at the cave entrance was approximately 13 °C with relative humidity of about 75%, whereas temperatures inside the cave ranged between 2 and 4 °C. Oxygen concentration was measured at approximately 21%, while hydrogen sulfide (H₂S) and methane (CH₄) were again below the detection limits. These observations indicate that the Ice Cave maintains a consistently colder microclimate than the entrance zone in both cold and warm seasons and exhibits a clear thermal contrast that favors the preservation of ice formations.

Hydrological observations show no active water flow within the cave; however, infiltration from surface precipitation leads to localized puddles and the formation of ice stalactites and stalagmites as seepage water freezes in low internal temperatures (Figure 6a, b). Biological observations document the use of the cave as a temporary shelter by various animal species, including large mammals and birds, as indicated by fecal remains, feathers, and egg fragments observed during field surveys.

DISCUSSION

The results obtained from the Ice Cave Lava Tube highlight its significance as a well-preserved lava tube formed within the basaltic lava flows of Mount Ağrı. The morphological characteristics, including collapse doline entrance geometry,

internal lava flow structures, and drained conduit structures, are consistent with lava tube systems documented in other basaltic volcanic provinces worldwide (e.g., Kempe, 2012; Allred, 2019). These features confirm that Ice Cave Lava Tube represents the preserved interior of a hollow lava conduit formed during basaltic lava emplacement. The stable cold microclimate documented within the cave plays a key role in the development and preservation of ice formations, distinguishing the Ice Cave from other volcanic caves reported in Anatolia (e.g., Kırışan and Şengün, 2017). The microclimatic measurements presented in this study were made during two field campaigns in November 2024 and July 2025 and therefore represent seasonal observations obtained under different climatic conditions. Although these measurements provide useful insights into the thermal regime of the cave, longer-term monitoring including additional seasons would provide a more comprehensive understanding of the cave's microclimatic dynamics and the processes controlling ice preservation.

The relatively low temperatures observed inside the cave compared to the entrance zone suggest that the Ice Cave may function as a cold-air trapping system, where dense cold air accumulates within the cave interior and promotes the preservation of ice deposits. This mechanism is consistent with cold-air trapping processes documented in alpine ice cave systems, where static air circulation enables the development of thermal anomalies and the preservation of ice (Luetscher & Jeannin, 2004). Such microclimatic conditions, combined with the cave's accessibility and clear volcanic features, enhance its scientific and educational value. In addition to its geological and microclimatic characteristics, the Ice Cave also shows evidence of ecological use by wildlife. These biological observations should be considered preliminary, as no systematic biological inventory or species identification was conducted during the geological survey. Nevertheless, the documented

traces suggest that the Ice Cave may function as a natural shelter for wildlife within the high-altitude volcanic environment of Mount Ağrı.

From a geological heritage perspective, the Ice Cave possesses high scientific, educational, and esthetic value due to its rarity, preservation state, and clear representation of volcanic processes. When evaluated against the geological heritage criteria defined by UNESCO and IUGS (2023) and the Natural Assets Requiring Protection inventory standards adopted by the General Directorate of Mineral Research and Exploration (MTA), the Ice Cave satisfies several key criteria. In this study, the geological heritage assessment of the Ice Cave was conducted using a qualitative evaluation framework based on widely used geosite assessment criteria, including scientific value, rarity, integrity, educational significance, accessibility, and vulnerability. Rather than applying a numerical scoring system, these criteria were evaluated descriptively based on field observations and geological context in order to highlight the specific characteristics of the Ice Cave lava tube within the Mount Ağrı volcanic system. First, the Ice Cave has high scientific value, as it provides direct evidence of lava tube formation within a well-documented Quaternary stratovolcano system. Based on field relationships and regional geological mapping, the host basaltic lava flow is interpreted as part of the late-stage volcanic activity of Mount Ağrı during the Quaternary period (Yılmaz et al., 1998; Hepşen, 2009). Second, in terms of rarity, lava tubes are uncommon in Türkiye compared to karst caves (e.g., Kıranşan and Şengün, 2017), and the Ice Cave represents the first systematically surveyed lava tube developed within Mount Ağrı volcanism. Third, the integrity of the cave is high, as original volcanic features such as smooth wall surfaces, remnant flow linings, and drained lava marks are well preserved, indicating minimal post-emplacement alteration.

In addition, the Ice Cave has significant educational value, as its clear volcanic morphology and relatively easy access make it suitable for geoscience education, field training, and public outreach activities. Accessibility is another important criterion, as the cave is located approximately 37 km from Doğubayazıt and can be reached via paved roads without the need for intrusive infrastructure. However, like many young volcanic caves, the Ice Cave is mechanically fragile and particularly vulnerable as it is located within the seismically active region of Eastern Anatolia. The tectonically active nature of the region (Ercan et al., 1990; Yılmaz et al., 1998) emphasizes the importance of appropriate conservation measures. This vulnerability highlights the need for appropriate conservation and management strategies to ensure long-term preservation.

Ice Cave Lava Tube also exhibits significant potential for sustainable geotourism. Its proximity to Doğubayazıt, accessibility via paved roads, and suitability for guided visits without the need for intrusive infrastructure make it an attractive natural geosite. However, any future geotourism development should prioritize conservation measures to protect the cave's structural integrity, microclimate, and biological use. Recommended management strategies include limiting daily visitor numbers to reduce physical degradation of cave walls and floors, restricting access to guided tours only to prevent uncontrolled exploration, and implementing periodic structural monitoring to assess roof stability in this seismically active region. These visitor management measures could be implemented through controlled access systems coordinated by local authorities and relevant conservation institutions. The establishment of a designated entrance point, guided visitation programs, and basic monitoring of visitor numbers would allow sustainable use of the site while minimizing potential impacts on the cave environment. In addition, interpretive

signage located outside the cave entrance may be used to explain volcanic processes, lava tube formation, and microclimatic phenomena without introducing intrusive infrastructure inside the cave. Conservation planning should also consider the potential ecological role of the cave as a wildlife shelter. Visitor management strategies should therefore aim to minimize disturbance to fauna that may use the cave as a temporary refuge. In this context, the Ice Cave represents not only a valuable geological monument but also a key element of the volcanic geodiversity of Mount Ağrı and its surroundings.

GENİŞLETİLMİŞ ÖZET

Lav tünelleri, bazaltik lav akıntıları içerisinde volkanik aktivite sırasında gelişen ve oluşum mekanizmaları, morfolojik özellikleri ve jeolojik bağlamları bakımından karstik mağaralardan belirgin biçimde ayrılan doğal boşluklardır. Bu yapılar, yüksek sıcaklıkta ve düşük viskoziteli lavların yüzeyde hızla soğuyarak bir kabuk oluşturması ve alttaki lavın akışını sürdürmesi sonucunda meydana gelmektedir. Lav akışının sona ermesiyle birlikte, lavın boşalttığı kanallar boyunca lav tünelleri oluşmakta ve bu yapılar volkanik alanların önemli jeomorfolojik unsurları arasında yer almaktadır. Dünya genelinde lav tünelleri özellikle aktif veya yakın jeolojik geçmişe sahip volkanik kuşaklarda yaygın olarak gözlenirken, Türkiye’de bu tür oluşumlar karstik mağaralara kıyasla daha az sayıda çalışılmıştır. Bu durum, volkanik alanlardaki lav tünellerinin hem bilimsel hem de jeolojik miras açısından yeterince belgelenmemiş olmasından kaynaklanmaktadır.

Türkiye, genç volkanizma ürünlerinin geniş alanlar kapladığı bir jeolojik yapıya sahip olmasına rağmen, lav tünellerine yönelik sistematik çalışmalar sınırlıdır. Doğu Anadolu Bölgesi’nde yer alan Ağrı Dağı (Mount Ağrı), Kuvaterner yaşlı stratovolkanik yapısı, geniş bazaltik lav örtüleri ve

genç volkanik morfolojisi ile lav tüneli oluşumuna elverişli alanlardan biridir. Ancak bugüne kadar Ağrı Dağı volkanizması içerisinde gelişmiş lav tünelleri detaylı biçimde belgelenmemiştir. Bu çalışma, Ağrı Dağı volkanik alanı içerisinde yer alan Buz Mağarası Lav Tüneli’nin ilk kez detaylı olarak ölçülmesi, haritalanması ve çok yönlü değerlendirilmesi amacıyla gerçekleştirilmiştir.

Buz Mağarası Lav Tüneli’nin, Doğu Anadolu Bölgesi’nde, Türkiye–İran sınırına yakın bir konumda yer alan Ağrı Dağı’nın kuzey eteklerinde, Kuvaterner yaşlı genç bazaltik lav akıntıları içerisinde gelişmiştir. İnceleme alanı, geç evre bazaltik volkanizmanın ürünleriyle karakterize olup, akışkan lavların topoğrafik çukurluklar ve eski akarsu yatakları boyunca ilerlemesi sonucu lav tünellerinin gelişimine uygun koşullar sunmaktadır. Arazi çalışmaları kapsamında lav tünelinin plan ve kesitleri çıkarılmış, iç morfolojisi ayrıntılı biçimde belgelenmiş ve mikroklimatik özellikleri ölçülmüştür. Jeolojik veriler, lav tünelinin, yüzeyde hızla soğuyarak kabuk oluşturan akışkan bazaltik lavların altında, alttaki lavın akmaya devam etmesi sonucu geliştiğini göstermektedir.

Mağara girişi, lav tünelinin tavan kısmının yer yer çökmesiyle oluşmuş bir çökme dolini (collapse doline) niteliğindedir. Bu morfolojik özellik, lav tünelinin yüzeyle olan ilişkisini açık biçimde ortaya koymakta ve tünelin gelişim sürecine dair önemli ipuçları sunmaktadır. Yapılan ölçümler sonucunda lav tünelinin toplam uzunluğu 101 m olarak belirlenmiş, yarı yatay–yatay gelişimli bir geometriye sahip olduğu ortaya konmuştur. Tünel içerisinde tavan yüksekliği ve genişlik değişkenlik göstermekte olup, bazı kesimlerde blok düşmeleri ve tavan çökmesine bağlı birikimler gözlenmektedir.

Buz Mağarası Lav Tüneli’nin dikkat çekici özelliklerinden biri, tünel (tüp) içerisinde gelişen mikroklimatik koşullardır. Yapılan ölçümler, yaz aylarında mağara girişinde yaklaşık 13 °C

olan sıcaklığın mağara iç kesimlerinde 2–4 °C aralığına düştüğünü ve yüksek nem koşullarının hâkim olduğunu göstermiştir. Kış döneminde gerçekleştirilen ölçümlerde ise mağara (tüp; tünel) girişinde sıcaklık yaklaşık –2 °C, mağara iç kesimlerinde ise –4 ile –6 °C arasında değişmektedir. Bu mikroklimatik ortam, mağara tabanı ve duvarlarında buz birikimlerinin yanı sıra buz sarkıt ve diktlerinin oluşmasına olanak sağlamaktadır. Gaz ölçümleri (O_2 , H_2S , CH_4) herhangi bir tehlikeli gaz birikimine işaret etmemiştir.

Biyolojik gözlemler, Buz Mağarası Lav Tüneli'nin yalnızca jeolojik değil, aynı zamanda ekolojik açıdan da önemli bir doğal yapı olduğunu ortaya koymuştur. Mağara girişinde ve yakın çevresinde büyük memelilere ve kuşlara ait biyolojik izler tespit edilmiş, mağaranın özellikle sert iklim koşullarında geçici barınak olarak kullanıldığı belirlenmiştir.

Jeolojik miras açısından değerlendirildiğinde, Buz Mağarası; genç volkanizma ürünü olması, nadirliği, iyi korunmuş morfolojik özellikleri ve bilimsel araştırmalara açık yapısı nedeniyle yüksek jeolojik miras potansiyeline sahiptir. UNESCO tarafından tanımlanan jeolojik miras kriterleri ve Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA) tarafından benimsenen Korunması Gereken Tabiat Varlıkları kriterleri çerçevesinde değerlendirildiğinde, Buz Mağarası bilimsel değer, nadirlik, bütünlük, eğitimsel önem, erişilebilirlik ve kırılabilirlik gibi temel ölçütleri karşılamaktadır. Özellikle Ağrı Dağı gibi hem bilimsel hem de kültürel açıdan önemli bir volkanik merkez içerisinde yer alması, bu lav tünelinin jeoturizm ve eğitim amaçlı kullanım potansiyelini önemli ölçüde artırmaktadır.

Sonuç olarak bu çalışma, Ağrı Dağı volkanik alanı içerisinde sistematik olarak ölçümü ve haritalaması yapılmış ilk lav tüneline belgeleyerek Türkiye'de lav tünellerine yönelik sınırlı literatüre önemli bir katkı sunmaktadır. Elde edilen


veriler; benzer volkanik alanlarda yer alan lav tünellerinin belirlenmesi, korunması ve jeolojik miras kapsamında değerlendirilmesi açısından önemli bir metodolojik temel oluşturmaktadır. Gelecekte yapılacak detaylı çalışmalar, Ağrı Dağı ve çevresindeki diğer potansiyel lav tünellerinin ortaya konmasına, bu yapıların korunmasına ve Türkiye'nin jeolojik miras envanterinin geliştirilmesine katkı sağlayacaktır.

ACKNOWLEDGEMENTS

This study was supported by the General Directorate of Mineral Research and Exploration. We thank the anonymous reviewers for their criticism and contributions to the development of the article. We also thank Ahmet ERTUĞRUL, President of the Ağrı Dağı Nuh'un Gemisi Search and Rescue Association, and Harun ÇEVEN for their contributions.


ORCID

Korhan Çakır  <https://orcid.org/0009-0008-1865-4906>

Çağlar Aslan  <https://orcid.org/0009-0006-4457-7698>

Esra Ünal Çakır  <https://orcid.org/0000-0002-4196-4303>

Devrim Erşen  <https://orcid.org/0009-0001-4567-7096>

Mefun Kerem Sönmez  <https://orcid.org/0000-0003-0822-0828>

REFERENCES

- Allred, K. (2019). Kazumura Cave, Hawaii. In White, W. B., Culver, D. C. 6 püpan, T. 8Eds.), *Encyclopedia of Caves (Third Edition), Chapter 73*, (pp.: 619-626). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814124-3.00073-X>
- Allred, K. & Allred, C. (1997). Development and Morphology of Kazumura Cave, Hawaii. *Journal of Cave and Karst Studies*, 59(2), 67-80.
- Çakır, K., Erşen, D., Sönmez, M.K., Törk, K., Bozan Ç. ve Erten, G. (2022). *Karacadağ Öneri Jeopark Alanı Değerlendirme Raporu* (Rapor No: 14116). MTA Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Ercan, T., Fujitani, T., Matsuda, J. I., Natsu, K., Tokel, S. & Ui, T. (1990). Doğu ve Güneydoğu Anadolu

- Neojen-Kuvaterner volkaniklerine ilişkin yeni jeokimyasal, radyometrik ve izotopik verilerin yorumu. *MTA Dergisi*, 110, 143-164, Ankara.
- Gülen, L. (1980). Strontium isotope geochemistry of Mount Ararat and Süphan volcanics, Eastern Turkey. *EOS, Transactions American Geophysical Union*, 61,17.
- Hepşen, N. (2009). *Türkiye Jeoloji Haritaları, Doğubayazıt-J52 paftası No: 113* MTA, Ankara.
- Karaoğlu, Ö., Elshaafi, A., Salah, M. K., Browning, J. & Gudmundsson, A. (2017). Large-volume lava flows fed by a deep magmatic reservoir at Ağrı Dağı (Ararat) volcano, Eastern Turkey. *Bulletin of Volcanology*, 79, Article 15. <https://doi.org/10.1007/s00445-016-1098-0>
- Kempe, S. (2012). Volcanic rock caves. In White, W. B., Culver, D. C. (Eds.), *Encyclopedia of Caves (2nd ed.)*, (p.: 865-873). Academic Press, Amsterdam. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-383832-2.00125-0>
- Kıranşan, K. ve Şengün, M.T. (2017). Karahasan Lav Tüneli (Muş-Malazgirt)'nde Buz Oluşumları. *Zeitschrift für die Welt der Türken*, 9(2), 165-181.
- Luetscher, M. & Jeannin, P. Y. (2004). A process-based classification of alpine ice caves. *Theoretical and Applied Karstology*, 17, 5–10.
- UNESCO and IUGS (2023). Guidelines for the assessment of the international significance of geological heritage in UNESCO Global Geopark Applications. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000386952>
- Yılmaz, Y., Güner, Y. & Şaroğlu, F. (1998). Geology of the Quaternary volcanic centers of the East Anatolia. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 85(1-4), 173-210. [https://doi.org/10.1016/S0377-0273\(98\)00055-9](https://doi.org/10.1016/S0377-0273(98)00055-9)



Türkiye’den Yeni Jeomitosit Önerileri
New Geomythosite Proposal from Türkiye

Yıldırım Güngör^{1*} , Direnç Azaz¹ 

¹ *İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Mühendislik Fakültesi
Jeoloji Mühendisliği Bölümü Avcılar/İstanbul, Türkiye*

• Geliş/Received: 20.09.2025 • Düzeltilmiş Metin Geliş/Revised Manuscript Received: 26.11.2025 • Kabul/Accepted: 29.11.2025
• Çevrimiçi Yayın/Available online: 17.05.2026 • Baskı/Printed: 22.05.2026

Araştırma Makalesi/Research Article *Türkiye Jeol. Bül. / Geol. Bull. Turkey*

Öz: Mitolojik öyküler toplumların yaşamlarında önemli rol oynamışlardır. Birçoğu din kökenli olsa bile mitolojik öykülerin önemli kaynaklarından biri jeolojik süreçler sonucunda meydana gelmiş doğa olaylarıdır. Doğadan kaynaklanan olayları açıklamakta zorlanan toplumlar bu olayları birtakım efsanelerle birleştirerek bunları birer mitolojik öyküye dönüştürmüşlerdir. Bu mitolojik öykülerin bazıları geçmişte meydana gelmiş volkanik patlama, sel, deprem, tsunami vb. gibi katastrofik birtakım olayların anlaşılmasında günümüz araştırmaları için birer kaynak niteliğindedirler. Jeoloji ile efsanelerin iç içe geçtiği bu tür mitolojik öyküler Jeomitoloji, jeomitolojik özelliği ağır basan jeositler de Jeomitosit olarak tanımlanmaktadır. Bir toplumun, kültürel ve tarihi zenginliği, o toplumun yaşadığı coğrafyanın jeolojik/jeomorfolojik zenginliğiyle birleştiğinde, ortaya çıkan mitolojik öykülerde yerbilimlerinin ağırlığı kaçınılmaz olmaktadır. Bu çalışmada kültür ve jeolojinin iç içe geçtiği Türkiye’nin farklı bölgelerinden 10 adet jeomitosit tanıtılarak Jeoloji ile mitoloji arasındaki ilişki detaylandırılmaya çalışılacaktır.

Anahtar Kelimeler: Jeolojik miras, jeomitoloji, jeomitosit, jeosit, mitoloji.

Abstract: *Mythological narratives have played a significant role in shaping the lives and worldviews of societies throughout history. While many of these narratives originate from religious traditions, natural phenomena resulting from geological processes constitute another important source. In their attempts to explain extraordinary events in nature, communities often merged these occurrences with legends, thereby transforming them into mythological accounts. Some of these accounts serve as valuable references for contemporary research, particularly in understanding past catastrophic events such as volcanic eruptions, floods, earthquakes, and tsunamis. Mythological stories in which geology and legend are interwoven are defined as geomythology, whereas geosites with pronounced geomythological characteristics are referred to as geomythosites. When the cultural and historical wealth of a society converges with the geological and geomorphological richness of its landscape, the influence of the earth sciences within its mythological traditions becomes inevitable. This study seeks to elaborate on the relationship between geology and mythology by presenting ten geomythosites from different regions of Turkey, where cultural heritage and geological phenomena intersect.*

Keywords: *Geological heritage, geomythology, geomythosite, geosite, mythology.*

GİRİŞ

Dünyanın farklı köşelerinde, görkemli uygarlıklardan küçük yerel kabilelere kadar her insan topluluğunun yarattığı ve daha sonra da inandığı, hatta tapındığı mitolojik öyküler ile bu öykülerin kahramanları vardır. Bu mitolojik öyküler insanın benliğini bulmaya başlamasından itibaren toplumla birlikte olan ve çoğunlukla da toplumu yönlendiren olgulardır ve toplumların dini inanışlarıyla doğrudan ilişkileri vardır. İlk mitolojik öykünün ne zaman başladığını bilmek mümkün değildir. Ama tahmin etmek çok kolaydır. Büyük bir olasılıkla bir doğa olayıyla ilişkilidir. İnsanların anlam veremedikleri ilk şeyin doğal olarak yağmurla ortaya çıkan ürkütücü bir gürültü veya bir dağın aniden patlaması olma olasılığı çok fazladır. Bu gürültünün bulutlardaki elektriklenme ile dağın patlamasının ise yeryüzündeki magmatik faaliyetlerle ilgisi olduğunu yüzbinlerce yıl önce yaşayanların bilmesi mümkün değildir.

Mutlaka gerçekleşmiş olan ve belki de küçük kabilelerin yaşamlarını etkileyen öykülerin kısa sürede unutulup yerlerine başka öykülerin geçmiş olması muhtemeldir. Çünkü bu öyküler küçük kabilelerin hafızası ile var olup bu hafızanın yitmesiyle de yok olmuşlardır. Mitolojik öykülerin ortaya çıkmasında, yaklaşık 40 bin yıl önce beyinde “*otobiyografik bellek*” gelişiminin payı oldukça büyüktür (Torrey, 2018). Otobiyografik belleğin gelişmesi ile yavaş yavaş ölümün farkına varan insanlar yaşamı sorgulamaya başlamışlardır. İlk mitler bu sorgulamalar sonucunda ortaya çıkmıştır. Zamanla küçük öykülerden güçlü olanlar toplumun belleğinde yer almaya başlamış ve kalıcı olmuştur. Bu öyküler binlerce yıl insanları etkilemiş ve etkilemeye de devam etmektedir.

Mitolojik öykülerin kalıcı olması büyük bir ihtimalle tarım devrimi ile başlamış olmalıdır. Özellikle otobiyografik belleğin gelişmesinden sonra diğer bilişsel becerilerin kazanılmasında 12 bin yıl önce başlayan tarım devriminin önemli bir rolü vardır (Torrey, 2018). Tarım devrimine

kadar yerleşik olmayan ve gezgin bir yaşam süren Homosapiens, tarım devrimiyle birlikte yerleşik yaşama geçmek zorunda kalmış ve o zamanki nüfusa oranla büyük yerleşim yerleri kurarak buralarda yaşamaya başlamıştır. Büyük bir çoğunluğu Mezopotamya ve Anadolu’da bulunan bu yerleşimlerden Urfa ili sınırları içinde olan Göbeklitepe yaklaşık 12 bin yıl öncesine tarihlendirilmiştir (Schmidt 2003; Dietrich vd., 2019; Knitter vd. 2019, Kazancı ve Adıyaman-Lopes, 2022).

Tarım için mi yoksa dini sebeplerle mi yerleştikleri konusunda tartışmalar olsa da bu en eski yerleşim yeri yeni bir dönemin başlangıcıdır. Göbeklitepe’den sonra Anadolu’nun ve Mezopotamya’nın birçok yerinde yeni yerleşimler kurulmuştur. Alacahöyük (MÖ 5 bin yıl), Çatalhöyük (MÖ 7 bin yıl), Caferhöyük (MÖ 7 bin yıl), Nevali Çori (MÖ 8 bin yıl) ve Çayönü (MÖ 8 bin yıl) bunlardan sadece birkaç tanesidir. Tarımın başlaması ile mecburi olarak yerleşik hayata geçiş bilişim devrimini de hızlandırmıştır. Homosapiens bu özelliği sayesinde diğer grupları alt ederek egemen tür olmuştur. Yerleşik yaşama geçtikten sonra bu özelliğini daha da geliştirmiş ve adeta devrim yapmıştır. Avcı toplayıcı dönemde küçük gruplar halinde ateş başı sohbeti yapan insanlar artık büyük gruplar halinde yaşamaya ve daha çok paylaşım yapmaya başlamışlardır. Bu paylaşımlar mitlerin toplum yaşamında önemli rol oynamasına neden olan önemli bir ayrıntıdır. Mitlerin yavaş yavaş kalıcı olmaya başladığı dönem bu yerleşik hayata geçiş dönemidir. İnsanlar güvenli yerleşim yerlerinde daha çok tartışıp, konuşup stratejiler geliştirirken, inandıkları bir takım mitolojik öğeler de yaşamlarında daha çok yer tutmaya başlamıştır (Hariri, 2016). Bu paylaşımlar bazı mitolojik öykülerin daha kalıcı olmasını sağlarken birçoğunun da yok olmasına neden olmuştur. İnsan nüfusu arttıkça yerel öyküler bölgesel öykülere dönüşmüş ve öykülerin büyük bir kısmı yok olurken güçlü olanlar daha da güçlenerek toplumların hayatlarını daha fazla etkilemeye

başlamıştır. Bu süreçte her bir kabile için özel olan yerel güçler, yavaş yavaş bölgesel güce dönüşen mitlere yenilerek tarih sahnesinden çekilmişlerdir. Bu dönüşüm köylerden sitelere geçiş döneminde devam etmiş ve kentlerde yaşayan büyük nüfuslar sayesinde etkileşim artmış ve bölgesel mitler de bu kez yerlerini daha büyük ölçekte mitlere bırakmıştır. Bu öykülerin bazıları daha sonra o bölgede ortaya çıkan toplumların da kabul ettiği ve bazen üzerlerine yeni eklemeler yaptıkları öykülerdir. Bu örneklerin en çarpıcı olanları yazının icadından sonra Sümer tabletlerinde görülmektedir (Çığ, 2015). Tabletlerde anlatılan ve günümüzde da inanılan Nuh'un Gemisi öyküsü belki de bir jeolojik olayın günümüze yansımış halidir. Bu olay kayda geçen ilk jeomitolojik öykü olarak ele alınabilir. Bu örneklerden yola çıkılarak mitleri insanların yarattığı ve daha sonra yarattıkları bu öyküleri kutsallaştırdıkları söylenebilir. Ancak çıkış kaynakları ne olursa olsun mitolojik öyküler toplumların hayatlarını hem geçmişte etkilemiş hem de günümüzde etkilemeye devam etmektedir.

Jeomitoloji tek başına bir jeolojik öykü değildir. Jeoloji dışında arkeoloji, tarih, mitoloji ve antropolojinin de bulunduğu ve bunların birbirlerini desteklediği zincirin bir parçasıdır (Vitaliano, 1973; Kazancı ve Boyraz-Aslan, 2025). Tüm bu alanlara ait bilgilerin jeomitolojik özellik kazanması için jeolojik/jeomorfolojik bilgilerle harmanlanmış olması gerekir. Bu tür mitolojik öykülerde bu ilişki kendiliğinden fark edilir. Öyle ki bazı mitolojik öyküler bir bölgede gerçekleşmiş olduğu bilinen ama bilimsel kanıtı olmayan veya yok denecek kadar az olan bir takım katastrofik jeolojik olaylar hakkında önemli bilgiler de verebilir. Böylece bir olaya binlerce yıl önce tanıklık eden insan ırkının bunu kendi anlayışına göre tanımlaması ve anlatması, mitolojik bir öykü olarak şekillenen bazı jeolojik olayların anlaşılmasında önemli katkılarda bulunur. Örneğin MS 79 yılında meydana gelen ve Pompei, Herculenum ve Stabia antik kentlerinin piroklastik akıntılarla tamamen gömülmesine yol

açan Vezüv volkanının patlamasının dramatik sonucu, ancak bu kentlerin 1748 yılında arkeologlar tarafından ortaya çıkarılması ile bilimsel olarak netleşmiş ve patlama hakkında daha detaylı bilgiler elde edilmesini sağlamıştır (Wallace, 2011). Bu keşiften önce bu olay bir mitolojik öykü olarak anlatılmaktaydı. Bir zamanlar bir kıta/ada olarak var olduğu düşünülen Atlantis efsanesi de hâlâ gizemini korumaya devam etmektedir. Efsane mevcuttur ama kanıtlar henüz bulunamamıştır. Bu kanıtlar bulunduğu muhtemelen bir deprem sonucunda kaybolmuş olan bu efsanevi kıta/ada hakkında çok detaylı jeolojik veriler elde edilebilecektir.

Yine aynı şekilde günümüzden 9 bin yıl önce Çatalhöyüklüler, farkında olmadan Hasan Dağından akan lavları boğanın diline benzetip, volkanın aktivitesini bir evin duvarına resmederek volkanla ilgili önemli bilgiler vermişlerdir. Schmidt vd., (2014) tarafından yapılan jeokronolojik çalışma sonucunda elde edilen jeolojik ve jeokronolojik kanıtlar, Çatalhöyük sakinlerinin Hasan Dağının patlamasına tanıklık ettiği ile ilgili yapılan yorumları destekler niteliktedir (Şekil 1).



Şekil 1. Çatalhöyük'te (MÖ 6 bin) yaşayan insanların tanık olduğu Hasandağı patlamasının bir evin duvarına yapılmış resmi.

Figure 1. A depiction of the Hasandağı eruption witnessed by the inhabitants of Çatalhöyük 8,000 years ago, painted on the wall of a house.

Mezopotamya ve Anadolu’da ortaya çıkan mitler günümüz yaşamının hâlâ en etkili güçleri olarak karşımızda durmaktadır. Doğal olarak bu mitlerin bir kısmı kültürel ve dinsel gereksinimlerden ortaya çıkmıştır. Ancak birçok mitolojik öykünün temelinde jeolojik olaylar vardır. Kazancı ve Boyraz-Aslan (2025) jeolojik olaylardan kaynaklanan mitolojik öyküler için jeomitosit tanımını kullanmışlardır. Bu makalede de bu tanım benimsenmiştir. Jeomitosit kaynağını ve varlığını bir takım jeolojik olaylardan alan kültürel jeolojik bir değerdir. Bir mitolojik öykünün jeomitosit olarak kabul edilmesi için önce bu olguyu öne çıkaran bir jeolojik öykünün olması şarttır. Buna en güzel örnek Antalya’nın batısında bulunan Çıralı Yanartaş’tır. Tekirova Ofiyolitinin içinde bulunan serpantinleşmiş ultramafik kayalardan çıkan gaz sızıntıları günümüzden 2500 yıl önce büyük bir efsanenin başlamasına neden olmuştur Öykü basittir ve kaynağı tamamen jeolojiktir (Hoşgörmez, 2007). Bunun için bir öykü uydurmak hiç de zor olmamıştır. Çünkü toplumun bu olayı açıklaması gerekmektedir. Bunun için en kolay yol olaya mitolojik bir karakter kazandırmaktır. Burada anlatıcılar devreye girmekte ve doğa olayına gizemli bir karakter kazandırmaktadır. Belleraponthes adlı genç, alevler saçan üç başlı canavar olan Chimere’yi mızrağıyla öldüremez ama yerin yedi kat dibine gönderir. Ancak canavar oradan da ateş saçmaya devam eder. İşte bu ateş Olympos’un sönmeyen ateşidir (Hoşgörmez, 2007). Bu ateş günümüzde de hala yanmaktadır. Bu jeolojik özellik alanın milli park ilan edilmesine ve bölgeye hatırı sayılır bir gelir sağlamasına neden olmuştur. Burada yapılan etkinlik aslında jeolojik+kültürel bir etkinliktir. Yani jeoturizmdir. Ancak bir jeolojik/ jeomorfolojik öğenin jeomitosit olarak kabul edilebilmesi için öncelikle o öğenin jeolojik miras envanterinde olması ve hakkında uluslararası bir yayın olması gerektiği unutulmamalıdır (Kazancı ve Boyraz-Aslan, 2025).

Jeomitoloji terimi ilk kez Dorothy Vitaliano (1973) tarafından kullanılmıştır. Yazar “*Legend of*

the Earth; Their Geological Origins” adlı eserinde ilk kez birçok mitolojik öykünün kaynağının jeolojik olaylar olduğunu söyleyerek deprem, yer şekilleri, sel kütle hareketleri, volkanik patlama, fosillerle kaplı alanlar gibi jeolojik olayların zaman içinde nasıl birer mitolojik öyküye dönüştüğünü örneklerle anlatmıştır. Vitaliano bu kitabında iki farklı jeomitolojik olgudan söz etmektedir. Bunlardan biri jeolojik bir olayın zaman içinde mitolojik bir öyküye verdiği katkı, diğeri ise gerçekleşmiş bir takım jeolojik felaketlerin zaman içinde çarpıtılarak mitolojik bir öyküye dönüşmüş olmasıdır.

Mayor (2004) jeomitolojiyi bilimsel bakış açısının henüz gelişmediği toplumların, açıklayamadıkları jeolojik olayların nedenlerini ortaya koymaya çalışan sözlü gelenekleri olarak tanımlar. Yazar bazı jeomitositlerin fantastik olarak ağır bastığını ve doğaüstü öyküler içerdiğini (Örneğin bu makaledeki Tantalos öyküsü), ancak birçok mitolojik öykünün, tarihin belli bir döneminde gerçekleşen jeolojik ve jeomorfolojik süreçlere dair oldukça bilgi verici detaylar içerdiğini söylemiştir.

Jeomitoloji teriminin kabul görmesi, Vitaliano’nun kitabının yayınlanmasından 31 yıl sonra Fransa’nın Floransa kentinde düzenlenen ve daha sonra kitaba dönüştürülen (Piccardi ve Masse, 2007) 32. Uluslararası Jeoloji Kongresindeki ‘Myth and Geology’ oturumunun etkisi büyük olmuştur.

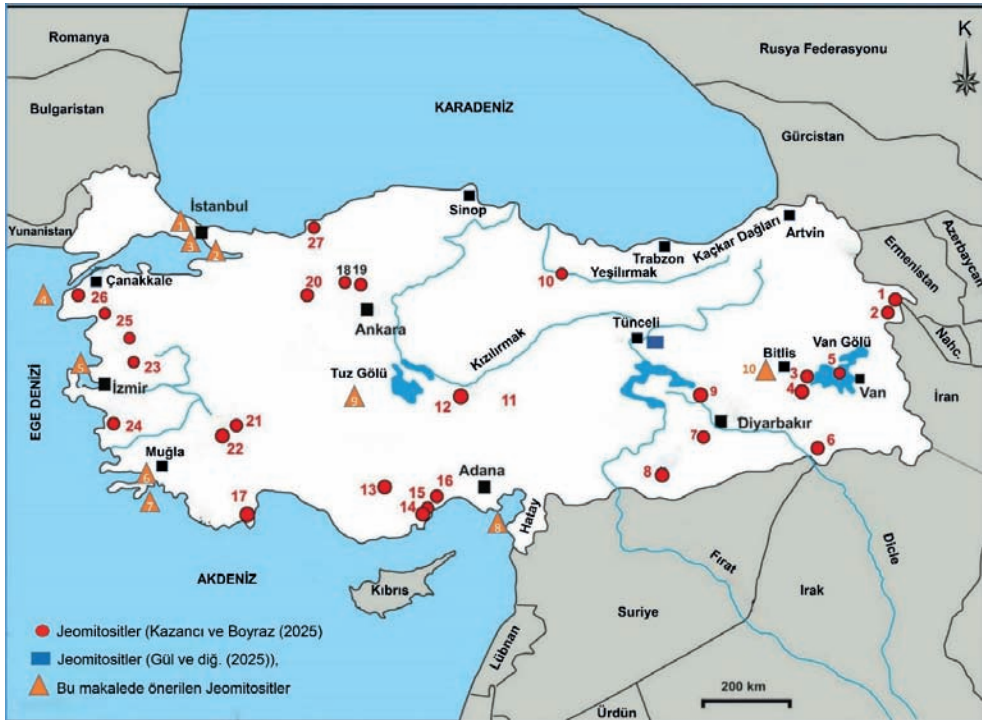
Gray (2013) jeomitolojiyi jeolojik çeşitliliğin kültürel bir değeri veya yansıması olarak değerlendirmiştir. Yazar, jeolojik çeşitliliğin jeomitolojiyi doğrudan etkilediğini, jeomitoloji söz konusu olduğunda jeolojik çeşitliliğin kültürel, tarihi manevi değerlerle ilişkilendirilmesi gerektiğini söylemiştir.

Ülkemizde bu konuda henüz fazla çalışma bulunmamaktadır. Bu konudaki ilk çalışmalardan biri Yüksel ve Korkmaz (1982) tarafından yapılmıştır. Araştırmacılar Antalya’nın Kemer ilçesinin Çıralı köyü sınırları içinde

yer alan Yanartaş'ın jeomitolojik özelliklerini, tartışmışlardır. Piccardi (2007), Ege Bölgesinin iki ünlü antik tapınağını jeomitolojik açıdan araştırmıştır. Bu çalışma Denizli havzasının güneydoğusunda yer alan Colossae antik kenti ile buranın yaklaşık 15 km kuzeybatısında bulunan Hierapolis antik kentlerini aktif tektonik açısından inceleyerek, MS 60 yılında iki kenti de etkileyen depremin zamanla mitolojik öyküye dönüşmesinden ve bunun da dini inançları etkilemesinden bahsetmiştir. Yine Hierapolis'te bir kaynaktan çıkan gazların halkın bir fayı kutsal kabul etmesine ve bu gaz çıkışlarının yeraltı dünyasına açılan kapılar olduğuna inanmalarına yol açtığını belirtmiştir. Çalışmada ayrıca M.S. 60 depremine ait bilgilerin tarihsel belgelerde de sınırlı olduğunu bu nedenle sözlü geleneğin tarihsel olayların ortaya çıkartılmasında daha güvenilir bilgi kaynağı olduğunu örneklerle

anlatmıştır. Araştırmacı jeolojik afetlerin mitolojik öyküye dönüşerek toplumun belleğinde kalıcı izler bıraktığını ve bu izlerin antik dönemlerde gerçekleşen olayların anlaşılmasında katkılar sağladığını örneklerle göstermiştir.

Karaoğlu ve Kılıç (2017) ile Ertekin vd. (2021) ise Nemrut volkanı ile ilgili jeomitolojik yaklaşımlarda bulunmuşlardır. Kazancı ve Boyraz-Aslan (2025) yaptıkları çalışmada jeoloji-mitoloji ilişkisinin gözlemlendiği mitolojik öyküleri, tematik yapılarına göre **dini, tarihi, folklorik ve popüler** olmak üzere dört gruba ayırmışlardır. Yazarlar Ulusal Jeolojik Miras Envanterine dahil ettikleri 27 adet jeomitolojik öyküyü detaylı olarak incelemişler ve jeoloji-mitoloji ilişkisinin gözlemlendiği kültürel jeolojik öğeleri "Jeomitosit" olarak tanımlamışlardır. Gül vd. (2025) ise Tunceli ili sınırları içinde yaptıkları çalışmada 8 adet jeomitosit önermişlerdir (Şekil 2).



Şekil 2. Bu makalede önerilen 10 adet jeomitositin daha önce önerilmiş diğer jeomitositler ile birlikte Türkiye haritası üzerindeki dağılımı (Kazancı ve Boyraz-Aslan 2025'ten sadeleştirilerek).

Figure 2. Distribution of the 10 geomitosites proposed in this paper, together with other previously proposed geomitosites, on a map of Turkey (simplified from Kazancı and Boyraz-Aslan 2025).

MATERYAL ve METOD

Bu makalenin konusu olan jeomitositler saptanırken daha önce yayınlanmış olan makaleler yol gösterici olmuştur. Özellikle Vitaliano (1973) ve Kazancı ve Boyraz-Aslan (2025) tarafından yapılan çalışmalar bu makalenin konusu olan jeomitositlerin saptanmasında kaynak eserler olarak kullanılmıştır. Önerilen 10 adet jeomitositten Dilek Taşı, İstanbul Boğazı ve Haliç, Çarpışan Kayalar, Peynir Kayalıkları, Tantalos Gölü (Karagöl), Delik Taş, Celil Boğazı, Sedir Adası için saha çalışması yapılmış, Kızkumu ve Yarıkkaya için ise literatürden yararlanılmıştır. Bu jeomitositler saptanırken her bir jeomitositin mutlaka jeoloji veya jeomorfoloji ile ilişkisinin olmasına ve mitlerin oluşmasında bu yer bilimsel öğelerin katkıda bulunmuş olmasına dikkat edilmiştir.

ÖNERİLEN JEOMİTOSİTLER

Bu makalede Türkiye'nin farklı bölgelerinden 10 adet jeomitosit ele alınmıştır (Çizelge 1). Bu 10 jeomitosit Marmara Bölgesi (İstanbul), Ege Bölgesi (Çanakkale, İzmir, Muğla) İç Anadolu

Bölgesi (Konya), Akdeniz Bölgesi (Hatay) ve Doğu Anadolu Bölgesi'ne (Bitlis) dağılmıştır (Şekil 2). Bu dağılım her ilde yapılacak bir çalışma ile Jeoloji-mitoloji ilişkisinin yaşandığı mitolojik öyküler saptamanın mümkün olacağını göstermektedir.

Çarpışan Kayalar

Öykünün temelini üvey kardeşi Aioson'dan tahtı hileyle alan İolkos kralı Pelias'ın yıllar sonra tahtı geri isteyen kardeşinin oğlu İason'a tahtı vermemek için Altın Post'u istemesi ve altın Post'u bulmaya giden güçlü kahramanların başlarında geçenler oluşturur. İason Altın Post'u bulup getirmek için Yunanistan'ın en güçlü ve gözü pek yiğitlerini bir araya toplar. Aralarında Hercules'in (Herkül) de bulunduğu 50 kişi, Argo isimli bir tekneyle yola çıkarlar. Amaçları Altın Post'u bularak geri getirmek ve İason'un tahtı geri almasını sağlamaktır (Emir, 2009). Hızlı ve dayanıklı Argo'ya binen 50 kişi en sonunda hiçbir gemiye geçit vermeyen Çarpışan Kayaların (Symplegades) önüne gelirler. Ancak Argo'yu çarpışan kayalardan zarara görmeden geçirmeleri için plan yapmaları gerekmektedir.

Çizelge 1. Makalenin konusu olan jeomitositlerin özellikleri.

Table 1. Characteristics of the geomythosites discussed in the Article.

Jeomitosit	Lokasyon	Jeolojik Özellik	Etkilendiği Kaynak	
1	Çarpışan Kayalar-Altın Post	Sarıyer/İstanbul	Volkanik, plaser	Efsane +Morfoloji
2	İstanbul Boğazı -Haliç	İstanbul Boğazı Haliç	Volkanik, Sedimanter, Magmatik	Efsane
3	Dilek Taşı	Beylikdüzü/İstanbul	Paleontolojik	Jeoloji+ Efsane
4	Peynir Kayalıkları	Gökçeada/ Çanakkale	Magmatik	Jeoloji+Efsane
5	Tantalos Göl'ü	Yamanlar/İzmir	Volkanik	Efsane + Jeoloji
6	Kızkumu	Orhaniye//Muğla	Güncel kumul	Efsane + Jeomorfoloji
7	Sedir Adası	Ula/Muğla	Güncel kumul	Efsane
8	Yarıkkaya Kanyonu	İskenderun/Hatay	Tektonik	Jeoloji+Efsane
9	Celil Boğazı	Cihanbeyli/Konya	Volkanik, tektonik, Jeomorfolojik	Jeoloji+Jeomorfoloji+Efsane
10	Delik Taş	Bitlis	Tektonik- Jeomorfolojik	Jeoloji+Jeomorfoloji+ Efsane

İason önderliğindeki elli kahraman, Salmydessos Kralı Phineus'tan; "Boğazda esen güçlü rüzgârların boğazın her iki yakasındaki kayaları hareket ettirdiğini" öğrenirler. Phineus, çarpışan kayalara yaklaştıklarında bir güvercin uçurmalarını ve güvercin çarpışan kayaları geçerse arkasından Argo'nun da geçebileceğini söyler. Çarpışan kayalara güvercin gönderen argonotlar, güvercini takip ederek geçmeyi başarırlar (Yalçın vd., 2022). Bu alan günümüzde Sarıyer'in

Rumelifeneri Mahallesinde yer almaktadır (Şekil 3).

Çarpışan kayalar volkanik kayalar içinde yer almaktadır. İstanbul'un kuzeyinde yaygın olarak gözlenen bu kayalar Tüysüz vd. (2004) tarafından Yemişliçay grubu olarak adlandırılmıştır. Bazalt ve andezit bileşimli volkanik breş, aglomera, tüf, lav ve farklı piroklastik kayalardan oluşan bu birim Özgül (2011) tarafından Garipçe Formasyonu olarak isimlendirilmiştir.



Şekil 3. a) Çarpışan kayaların 1806 yılında yapılmış jeoloji haritası (Guillaume, 1806 (URL-1) **b)** George Sandys tarafından 1601 yılında yazılmış olan kitapta Çarpışan Kayalar ve Pompei sütununun görünümü (URL-2) **c)** Argonotların Çarpışan Kayaları geçme girişimi ile ilgili gravür (Howard-Davie: URL-3), **d)** Pompei sütununun orijinal görünümü (Yalçın vd., 2022), **e** ve **f)** Pompei sütununun bulunduğu piroklastikler ve bunların üzerinde kalıntı olarak duran sütundan kalan yaklaşık 1 metrelik parça (Yalçın vd., 2022.), **g)** Garipçe Formasyonunun piroklastikleri.

Figure 3. a) Geological map of the Clashing Rocks made in 1806 (Guillaume, 1806(URL-1) **b)** View of the Clashing Rocks and Pompeii column in the book written by George Sandys in 1601 (URL-2), **c)** Engraving depicting the Argonauts' attempt to pass the Clashing Rocks (Howard-Davie: URL-3), **d)** The original appearance of the Pompeii column (Yalçın et al., 2022), **e** & **f)** The pyroclastic deposits where the Pompeii column is located and the approximately one-metre-long fragment of the column remaining as a relic on top of them (Yalçın et al., 2022), **g)** Pyroclastic deposits of the Garipçe Formation.

Erdem vd. (2021) bu volkanik kayaçların yaşını Geç Kampaniyen olarak belirlemişlerdir. Çarpışan kayaların bulunduğu alanda aglomeralar egemendir. Garipçe ve Rumeli Feneri kaleleri Garipçe Formasyonu'ndan elde edilen bazalt ve aglomera bloklarından inşa edilmiştir. Bazalt bloklarının bulunduğu duvarlar sağlamlıklarını korurken aglomera kullanılan yapılarda yoğun aşınma ve yer yer çökme izleri gözlenmektedir.

Çarpışan Kayalar dünya çapında mitolojik bir öyküye sahip olan bir alandır. Hem jeolojik hem arkeolojik hem de mitolojik olarak çok önemli olan bu alanın korunması ve tanıtılması, tek geçim kaynağı balıkçılık olan Rumelifeneri'ne sürdürülebilir anlamda ciddi bir ekonomik hareketlilik getirecektir.

Çarpışan Kayaların gerçek öyküsü; İstanbul Boğazı'nın girişinde, Rumelifeneri'nden denize doğru birkaç yüz metre uzanan ve çoğu deniz tarafından örtülmüş olan volkanik kayaçları fark edemeyen gemilerin bu kayalara çarparak batmalarıyla ilgili olmalıdır. Bu kayaların üzerinde bir de mermer sütun bulunmaktadır. Özkaya (2019) yaklaşık 2 bin yıl önce yapıldığı düşünülen ve Pompei Sütunu olarak bilinen sütunun üzerinde bulunduğu kayanın bir sunak olduğunu ama sütunun aynı zamanda boğaza giren gemilere işaret amaçlı olarak konulduğunu söylemektedir. İlk yapıldığı dönemde 6 metre olan sütun 1680 yılında meydana gelen çok şiddetli fırtına sonucunda kırılarak denize düşmüş ve kayanın üzerinde 1 metrelik kısmı kalmıştır (Özkaya, 2019).

Altın Posta Jeolojik anlam yüklemek de mümkündür. Gürcistan'ın geçmişinin önemli bir parçası olan Colchis Krallığı'na ait Güney Kafkasya köylüleri. Svaneti Bölgesi'nde dere yataklarından plaser altın elde etmek için koyun postlarını kullanıyorlardı. Derelere gerilen koyun veya keçi postları akarsuyun hızlı zamanlarında taşıdığı plaser altın taneciklerini yakalayarak bünyesinde tutuyordu. Suların hızının azaldığı mevsimde tamamen sarıya dönmüş olan postlar

silkelenerek altın elde ediliyordu. Yüzlerce yıldır kullanılan bu teknik zaman içinde altın post efsanesinin ortaya çıkmasına neden olmuş olabilir (Okrostsvardze, 2017). Bölgedeki köylülerin günümüzde de bildiği bu teknik Lidyalılar tarafından Sardes antik kentinde de kullanılmış olma olasılığı oldukça fazladır.

Haliç ve İstanbul Boğazı

Bu öykü aslında dünya çapında bir jeomitolojik öyküdür. Çünkü sadece İstanbul Boğazı ile ilgili değildir. Öykünün sonu İstanbul Boğazında biter (Şekil 4). Öykü Zeus'un Argos Kralı İnakhos'un kızı prenses İo'yu görmesiyle başlar ve İo'ya aşık olur. İo, Tanrıça Hera'nın rahibelerinden biridir. Zeus Hera'nın kıskançlığını bilmesine rağmen yakışıklı bir genç olarak İo'yu kendine aşık eder ve birlikte olurlar. Zeus Hera'nın bu ilişkiyi öğrendiğinde İo'ya kötülük yapacağını bildiği için İo'yu boynuzları pırıl pırıl altın gibi parlayan, güzel ve sevimli beyaz bir ineğe dönüştürür. Ancak Hera bu ani değişikliği fark eder ve şüphelenir. İnek o kadar güzeldir ki Hera Zeus'tan ineği kendisine vermesini ister. Zeus Hera'nın öfkesini bildiği için ineği Hera'ya vermek zorunda kalır. Hera ineği çobanı Argos Pnoptes'e emanet eder. Böylece İo kendini Hera'nın sürüsündeki diğer ineklerin arasında bulur. Tam 100 göze sahip olan çoban asla uyumaz. Çünkü gözlerinin yarısı gündüz yarısı da gece açık durur. Böylece kimse sürüye yanaşamaz. İo sürünün içinde ağlamaya başlar. Çaresizdir ve bir inek olmuştur. Üstelik hamiledir. Zeus İo'yu bu durumdan kurtarmak ister ama tanrısal gücüne rağmen Hera'nın öfkesinden korkmaktadır. Çareyi tanrılar arasında en kurnaz olan oğlu Hermes'ten yardım istemekte bulur. Hermes bu sorunu tek başına çözemeyeceğini ve Hera'nın çobanı Argos Pnoptes'e görünmeden İo'ya yaklaşamayacağını bilir. Olympos'un derinliklerindeki bir mağarada uyuyan uyku tanrısı Hypnos'a giderek ondan yardım ister. Hypnos da Hera'nın öfkesinden çekinir ama emir Zeus'tan geldiği için Hermes'e yardım eder. Hermes,

Zeus'un verdiği kuru haşhaş yapraklarını sürünün bulunduğu vadinin ucunda yakar, yapraklardan yayılan koku çobanı uyutur, çobanın kafasını keser ve İo'yu kurtarır. İo hala inek şeklindedir ve kurtulmak için bütün hızıyla koşmaya başlar. Ancak Hera çobanın öldürüldüğünü ve İo'nun kaçtığını anlar. İo'nun peşine dev bir at sineği salar. At sineği sürekli olarak İo'yu rahatsız eder ve ısırarak büyük acılar verir. İo hem korkunun hem de acının etkisiyle dört nala koşmaya devam eder. Tüm Yunanistan'ı kat eder, bir denizi geçer. Bu denize adını bırakır: İyon Denizi. Sineğin sürekli kovaladığı ve ısırdığı İo deniz geçerek Ege'ye varır ve Anadolu'ya doğru kaçmaya devam eder. Geçtiği bölgeye de adını bırakır: İyonya. Bebeğin doğumu yaklaşmıştır. Aynı hızla koşmaya devam ederken sinek de ısırarak acı vermeye devam eder. İstanbul'a vardığında sinek öyle bir ısıtır ki altın boynuzlarını yere vuracak kadar canı yanar. Boynuzlar yerde büyük bir yarık açar. Bu çatlağa altın boynuz anlamına gelen Khruson Keras ismi verilir. Mitolojiye göre Haliç böyle oluşur. İo, Kağıthane deresinin kaynağının çıktığı yerde bulunan bir mağaraya sığınır. Bu mağara, dereye biraz uzak olsa da Yarımburgaz Mağarası olabilir. Sinek mağaraya giremez. İo burada güzeller güzeli kızı Keroessa'yı doğurur. İo kızını mağarada bırakarak daha uzaklara kaçmak için tekrar yola çıkar. Ancak at sineği dışarıda onu bekliyordur. Sinek tekrar ısırılmaya başlar. Yeniden dört nala koşmaya başlayan İo deniz kıyısına gelir. Burası dar bir boğazdır. Karşıdaki kara parçasına gitmesi için bu boğazı geçmesi gereklidir. Can havliyle büyük bir sıçrama yaparak boğazdan Asya kıtasına geçer. Ardında "İnek Geçidi" anlamına gelen Bosphorus ismini bırakır. Öykü olumlu biter. İo günler, aylar koşarak Fenike ve oradan da Nil Vadisine varır. Çok geçmeden Zeus'da İo'nun peşinden gelerek İo'yu tekrardan eski haline dönüştürür. İo ve Zeus'un bir erkek çocukları daha olur. İo öldüğünde Zeus tarafından göklere çıkarılır ve bir takımyıldızına dönüştürür: İo takım yıldızı (Tuna, 2023).

Oktay ve Gökaşan (2012) İstanbul ve Kocaeli bloklarının saat yönünde farklı hızlarda dönmelerinin İstanbul Boğazı'nın bir makaslama zonu şeklinde açılmasını sağladığını, ancak su bağlantısının Holosen 'de Boğaz'ın kuzey ve güneyinde yer alan körfezlerin birleşmesi ile meydana geldiğini söylemişlerdir. Bu bilimsel bakış açısı sadece bilim insanlarını ilgilendirirken, İo'nun öyküsü yüzlerce yıl toplumlari büyük ölçüde etkilemiştir. Bu örnek aslında jeomitolojik öykülerin ne kadar güçlü olduğunun önemli bir kanıtıdır.

Dilek Taşı

İstanbul ve civarında, farklı lokasyonlarda Geç Oligosen-Erken Miyosen yaş aralığında silisleşmiş (fosilleşmiş) ağaç parçalarına rastlanmaktadır (Karlıoğlu vd., 2009; Akkemik ve Sakıncı 2013; Akkemik vd., 2019). Beylikdüzü ilçesi sınırları içinde muhtemelen Pagan dönemine kadar uzanan, Hıristiyan ve Müslüman toplumlar tarafından kutsal kabul edilen yaklaşık 5,5 ton ağırlığında silisleşmiş bir ağaç tespit edilmiş, bu fosil ağaç Beylikdüzü Belediyesi tarafından Atatürk Kültür Merkezine taşınarak koruma altına almıştır (Şekil 5). Bu fosil ağaç Osmanlı arşivlerinde "Dilek Taşı" veya "Delikli Taş" olarak geçmektedir (Akkemik vd., 2019, Güngör vd., 2025).

Taşın ağaca benzemesine bir anlam veremeyen toplum, doğal olarak taşa bir kutsallık anlamı yüklemiş ve ondan çare ummaya başlamıştır. Bir şekilde başlayan bu kutsallık zaman içinde güçlenmiştir. Böyle sağlam bir altlık ile bu ritüeli bilen ya da büyüklerinden bir şekilde duymuş insanların anlatımlarından; para atma (karşılık ödeme), çaput bağlama (işaret etme), içinden çocuk geçirme (labirent kültü, çıkış yolu), mum yakma (ateş, aydınlatma, görülme), duvar örme (temenos), adak adama (feda etme) yolu ile dileklerde bulunma ritüellerinin (icraların) gerçekleştiği kesin olarak bilinmektedir (Güngör vd., 2025).



Şekil 4. a ve b) Mitolojide İo tarafından açıldığına inanılan Haliç ve İstanbul Boğazı. c ve d) İo'nun saklanmış olabileceği Yarımburgaz mağarası.

Figure 4. a & b) The Golden Horn and the Bosphorus Strait, believed in mythology to have been opened by Io. c, & d) The Yarımburgaz cave, believed to be a place where Io may have taken refuge.



Şekil 5. Dilek taşının taşınma ve Atatürk Kültür merkezindeki yerine konma aşamaları. a ve b) Fossil

ağacın bulunduğu yerden vinç yardımıyla alınarak kamyonla konulması, c) Beylikdüzü Atatürk Kültür Merkezine getirilerek salona sokulması, d) Hazırlanan platforma konularak ziyarete hazır hale getirilmesi.

Figure 5. Stages of transporting the wishing stone and placing it in its location at the Atatürk Cultural Centre. a & b) Removal from the location of the fossilized tree using a crane and loading onto a lorry, c) Transport to the Beylikdüzü Atatürk Cultural Centre and installation inside the exhibition hall, d) It is placed on the prepared platform and made ready for visitors.

Bu ritüel yakın zamana kadar devam etmiştir. Fossil ağacı sergilendiği yerde ziyaret edenlerden bazıları çocukken bu ağacın içinden

geçerek dilek dilediklerini söylemişlerdir. Tüm bu özelliklerinden yola çıkılarak bu devasa fosil ağacın önemli bir jeomitosit olduğu kabul edilebilir.

Peynir Kayalıkları

Gökçeada'nın kuzeydoğusunda yer alan Peynir Kayalıkları (Şekil 6) hem Gökçeada'nın önemli bir jeositidir hem de mitolojik bir hikâyesi vardır. Efsaneye göre adada çok sayıda koyun ve keçisi olan yaşlı ve zengin bir kadın varmış. İnatçılığı nedeniyle adada yaşayan insanlarla arası kötüymüş. Bilinmeyen nedenlerden dolayı, bu kadın öldüğünde cennete kabul edilmek için çok sayıda peynir kalıbı yapmış. İçlerini peynirle doldurmuş ve üst üste dizmiş. Bu kadar çok peyniri paylaşmak yerine onları cennete girmek için kullanmak istemiş ve bu da tanrıları kızdırmış. Mart ayının başlarında adanın meşhur rüzgârıyla birlikte Gökçeada'da soğuk bir hava esmiş. Bu soğuk hava kadının ve peynirlerin donmasına neden olmuş, peynir kalıpları da taşa dönüşmüş. Mitolojiye göre bu kayalar o peynirlerin taşlaşmış halleridir (Güngör, 2024).

Gökçeada'nın jeolojik yapısında mağmatik kayalar önemli bir yer tutar ve bu kayaların oluşturduğu morfolojik özelliklerden dolayı ada 'Domlar Ülkesi' olarak da tanımlanmıştır (Sarı vd.

2015). Bu dom yapılarının gözlemlendiği alanlardan olan ve adanın doğu kesiminde gözlenen Orta Eosen-Erken Oligosen yaşlı diyoritik bileşimli kayalar efsaneye konu olan Peynir Kayalıklarını oluşturmaktadır (Güngör, 2024). Bu yapıların en güzel gözlemlendiği yer deniz tarafından olmakla birlikte eski bir taş ocağının uç kısmından da görülebilmektedir (Şekil 6). Adanın bu kesimi, tektonik hareketlerle sürekli yükselmiş ve bunun sonucu dikey ve yatay çatlaklar ve de ayrışmanın da etkisiyle bugünkü görünümünü kazanmıştır. Peynir kayalıkları toplumun anlam veremediği bazı jeolojik görüntüler için sınırsız bir hayal gücüyle yakıştırma yaptığının güzel bir örneğidir.

Tantalos Göl'ü (Karagöl)

Yüksekliği 1076 metre olan Yamanlar Dağı'nın zirve kesimlerinde yer alan Karagöl'ün diğer adı da Tantalos Gölü'dür. Karagöl günümüzde İzmir'de sıcağın bunalanlar için bir kaçış merkezidir. Yörede yaşayanlar, özellikle de yaşlılar Karagöl'ü Tantalos'un gölü olarak bilirler. Tantalos, Zeus'un bir ölümlü ile olan ilişkisinden doğmuş bir yarı tanrıdır. Kimi zaman Frigya Kralı olarak anılsa da bununla ilgili kesin bir delil yoktur. Ancak Spilos Kralı olduğu da söylenmektedir (Aksoy, 2018). Tantalos, Manisa sınırları içinde olan Spilos (Sipil) dağında yaşadığı için Spilos Kralı olması daha olasıdır.



Şekil 6. Peynir Kayalıklarının uzaktan/deniz tarafından kalıp halinde görünümü.

Figure 6. A view of the Cheese Rocks from a distance/seaside.

Tantalos, kibri yüzünden tanrıları küçümsemiş ve onlarla alay etmek için birçok yol denemiştir. İsmi antik dönemlerden günümüze kadar gelmesi, ona uygulanan ve “*Tantalos İşkencesi*” olarak anılan eziyetle ilişkilidir. Bu işkence ona babası Zeus tarafından verilen bir cezadır. Zeus’un ona bu cezayı neden verdiğine dair birçok görüş vardır. Bunlardan ilki Tanrıların sofrasından çaldığı nektarı ölümlülerle paylaşmasıdır. İkincisi de tanrıların gerçekten de her şeyi bilip bilmediklerini test etmek için oğlu Pelops’u kesip pişirerek tanrılara sunmasıdır (Dağar, 2005). Demeter dışında diğer tanrıların bunu fark etmesi ile oğlu yeniden diriltiştir. Diğer bir öykü de Tantalos’un tanrılarla yemek yediği sırada aralarında yaptıkları konuşmalardan hem tanrıların bazı sırlarını hem de Cosmos ile ilgili planlarını öğrenmiştir. Bu sırrı ölümlülerle paylaştığı için Zeus tarafından cezalandırılmıştır.

Zeus, Tantalos’a o kadar sinirlenir ki tuttuğu gibi Yamanlar Dağındaki bir delikten yeraltı dünyasının derinliklerine göndererek cezalandırır (Bean, 1995). Ceza, suyla dolu olan bir yerde olmasına rağmen asla suya ulaşamaması şeklindedir (Şekil 7). Boğazına kadar suyla dolu olan bir yerdedir ama canı su içmek istediğinde su çekilir ve asla suya ulaşamaz. Acıkınca başının üzerindeki meyvelere uzanır ama meyveler hemen yükselerek ondan kaçarlar. Bu işkence mitolojiye Tantalos İşkencesi olarak geçmiştir. Öyküye göre Zeus’un Tantalos’u attığı delik daha sonra suyla dolarak bir göl oluşmuştur.

Bu göl Yamanlar Dağı üzerindeki tipik bir heyelan gölü olan Karagöl’dür (Şekil 7). Günümüzde bile Tantalos gölü olarak bilinen gölün bu ismini ve öyküsünü antik dönemlerden alması ve günümüze kadar gelmesi de ilginçtir.



Şekil 7. a ve b) İzmir Yamanlar Dağının yamacında bulunan ve bir heyelan gölü olan Karagöl (Tantalos Gölü) **c & d)** Tantalos’un cezalandırılması (URL-4, URL-5).

Figure 7. a & b) Karagöl (Lake Tantalus), a landslide lake located on the slopes of Yamanlar Mountain in İzmir: **c & d)** Punishment of Tantalus (URL-4, URL-5).

Göl civarında birçok antik kalıntının olması da bu mitolojik öykünün inandırıcı olmasına neden olmuştur. Antik dönemden beri yayılan bu öykü toplumu zamanla gölün öteki dünyaya açılan bir kapı olduğuna inandırmıştır.

Kızkumu

Kızkumu Plajı Muğla'nın Marmaris ilçesinin Orhaniye Mahallesi'nin 4 kilometre kuzeybatısında yar almaktadır. Dünyaca ünlü bu plajda, su altında 5-15 metre genişliğinde, 30-50 santimetre derinliğinde ve yaklaşık 600 metre uzunluğundaki kırmızı renkli bir kum seti bulunmaktadır. İnsanlar bu kum seti üzerinde yürüyebilmektedirler. Bu olağanüstü yer şeklinin oluşumu ile ilgili aynı kral ve kızının başından geçtiği söylenen iki farkı efsane anlatılır (Ekinci ve Doğaner, 2016)

Birinci efsane bir aşk öyküsüdür. Bölgede yaklaşık 2700 yıl önce varlığını sürdüren Bybassos Antik Kentinin kralının kızı ile balıkçı arasında geçen bir aşk öyküsüdür. Kralın kızı ile balıkçı genç buluşmak için ışıkla haberleşmektedir. Kız sahile gidip ışıkla işaret verdiğinde balıkçı da karşı kıyıda ona doğru gelirmiş. Ancak bu ilişkiyi öğrenen kral askerlerine balıkçıya işaret vermelerini emretmiş. Işıkları gören balıkçı daha önceden de yaptığı gibi karşı kıyıya doğru geçmeye başlamış. Bu durumu fark eden ve askerlerin elinden kurtulan kralın kızı, sevdiğini kurtarmak için denize koşmuş. Kızın attığı her adım kuma dönüşmüş ve böylelikle kız rahatlıkla yürüyebilmiş. Ancak arkadan gelen askerler bu kumda yürüyememiş ve denize batmışlar. Denizde yürüyemeyen askerler balıkçıyı vurmak için ok atmaya başlamışlar. Ancak oklar kıza isabet etmiş. Kızdan akan kanlar kumları kırmızıya boyamış. Balıkçı kızı kucağına alarak uzaklaşmış ve bir daha onlardan haber alınamamış (URL-6, URL-7; Gül vd., 2020)

İkinci öykü ilkinden biraz farklıdır Antik Bybassos Kentine saldıran korsanlar kenti işgal

ederek kralı ve halkı öldürürler. Ancak güzelliğiyle ün salmış olan kralın kızı kurtularak denize doğru kaçmaya başlar. Prenses yüzmeye bilmediği için deniz kıyısından eteğine taş doldurur ve denize girer. Yürürken attığı her taş ona kumdan bir yol olur. Eteğindeki taşlar bitince yüzmeye bilmeyen prenses denizde boğulur (URL-6, URL-7).

Kızkumu aslında bir kum setidir. Kum ve çakıl boyutunda olan bu kum seti radyolarit, çört ve kireçtaşlarının atmosferik koşullarda altında fiziksel parçalanması ile oluşmuştur. Uzunluğu yaklaşık olarak 375 metredir. Genişliği ise yıllara göre farklılık göstermekle birlikte 5-15 metre arasında değişmektedir. Bu kum setini oluşturan çakıl ve kum parçaları kahverengi, kırmızı ve sarı renklindedir (Atabey, 2002). Aynı yayında Atabey, Kızkumu'nun 1963 yılında basılan 1/25.000 ölçekli haritada kara olarak gösterildiğini belirtmektedir. Geçen zaman süresinde Kızkumu bugünkü şeklini almış ve deniz yüzeyinin 20-50 santimetre altında kalmıştır (Şekil 8).



Şekil 8. a) Kızkumu ve üzerinde yürüyen insanlar, **b)** Efsanenin anısına yapılmış olan heykel **c)** Kum dilinin yukarıdan görünümü (URL-6, URL-7).

Figure 8. a) The sand spit and people walking on them, **b)** The statue erected in memory of the legend, **c)** View of the sand spit from above (URL-6, URL-7).

Sedir Adası Kleopatra'nın Kumları

Muğla'nın Ula ilçesi sınırları içinde kalan Sedir Adası olağanüstü bir öyküye ev sahipliği yapmaktadır. Adanın sadece kuzey kıyısındaki küçük bir plajda bulunan yuvarlak kum tanelerinin Kleopatra'nın bu plajda rahatça yüzmesi için Antik Mısır'dan gemilerle taşındığına inanılmaktadır. Öztürk vd. (1998) ve Öztürk (2004), plajda yaptıkları çalışmada bu ooidlerin denize doğru yelpaze şeklinde yaklaşık 100 metre genişliğe ulaştığını ve 8 metre derinliğe kadar gözlenebildiğini ortaya koymuşlardır. Plaj örtüsünün kalınlığı ise yaklaşık 40 santimetredir. Plajın denize kadar olan uzunluğu yaklaşık 40 metre, genişliği ise yaklaşık 15 metredir (Şekil 9). Geçmiş yıllarda plajda yüzenlerin dönerken bir avuç kum almaları bu doğal anıta büyük zarar vermiştir. Yaz aylarında tüm tur teknelerinin uğrak yeri olan Sedir Adası'nda kumların korunması

için plajın kumlarca zengin olan kısmında yüzmek yasaklanmıştır.

Bu mitolojik öykü Kleopatra'ya aşkını göstermek isteyen General Marcus Antonious'un Mısır'da Nil Nehri Deltasının batısında bulunan ooid kumlarını, gemilerle sedir adasına taşıtarak, adanın kuzeyindeki bu küçük plaja döktürdüğü ile ilgilidir (Özhan, 1990; Gül, 2017).

Çoğunlukla pürüzsüz, sedefe benzer dış yüzeyleri, mükemmel küresel şekilleri ve özel oluşum koşullarına gereksinim duyan karbonat taneciklerine ooid ismi verilmektedir (Gül, 2017). Ooidler buldukları plajlarda küresel yapıları nedeniyle ilgi odağı olurlar. Ooidler ilk aşamada belli büyüklüğe erişinceye kadar yüzer şekilde hareket ederken, jeomorfolojik süreçler sonrasında birikerek ve genellikle kalsit çimento ile bağlanarak oolitleri meydana getirirler (Erkan, 2013).



Şekil 9. a ve b) Sedir Adası Kleopatra Plajı'nın kuşbakışı görünümü, **c)** Girilmesi yasak olan plaj.

Figure 9. a & b) Bird's-eye view of Cleopatra Beach on Sedir Island, **c)** Beach where entry is prohibited.

Bu küresel karbonat tanecikleri çimentolu bir madde ile pekiştiklerinde oolitik kireçtaşlarını oluştururlar (Gül, 2017).

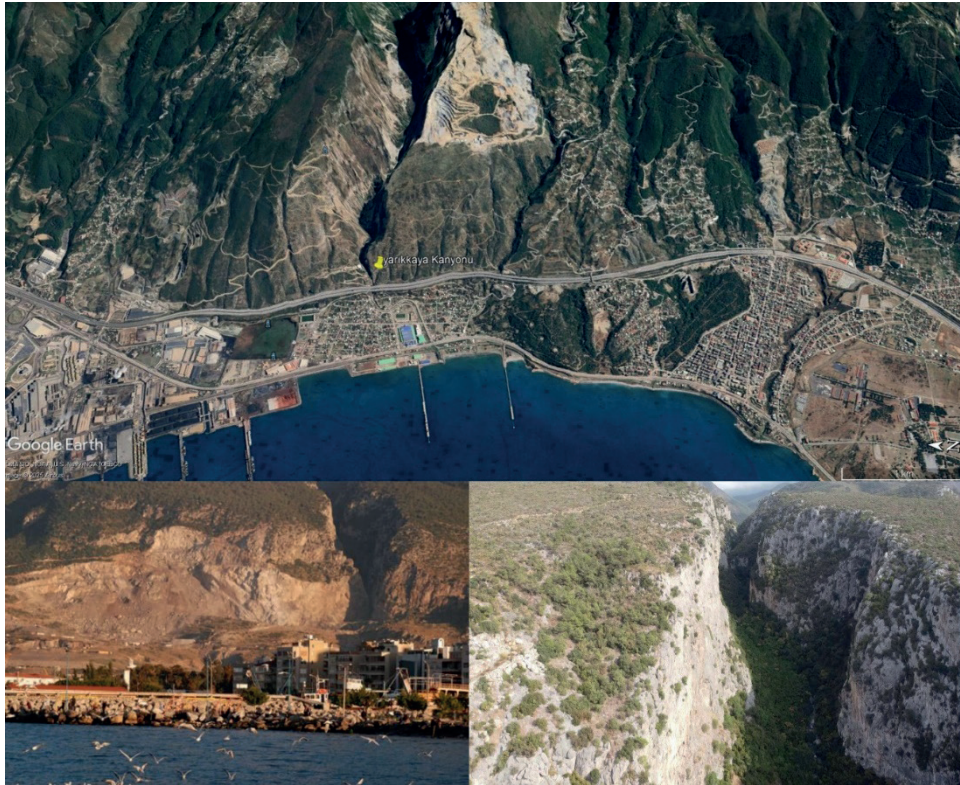
Adadaki ooidler ile ilgili pek çok çalışma yapılmıştır (Özhan, 1990; Öztürk vd., 1998; Öztürk, 2004; Altun vd., 2009; Eren vd., 2016). Bu çalışmaların sonucunda plajdaki kumların lokal olarak buldukları lokasyonda mı oluştuğu yoksa Mısır'dan mı getirildikleri konusunda ortak bir fikre varılamamıştır.

Ancak adayı ziyaret edenlerin çoğunluğu adadaki kumların Kleopatra'nın daha rahat yüzebilmesi için Mısır'dan getirildiğine inanmaktadır. Plajın koruma altında olması da bu mitolojik bakış açısının daha da pekişmesine katkı sağlamaktadır. Plajın bu kadar değerli olması ve ilgi çekmesinin ana nedeni ooidlerin oluşum mekanizması değil, Mısır'dan getirilmiş

olmalarıdır. Ziyaretçiler için ilgi çekici olan da budur. Bu anlamda Sedir Adası önemli bir jeomitosite ev sahipliği yapmaktadır.

Yarıkkaya Kanyonu

Yarıkkaya kanyonu İskenderun'un kuzeybatısında. Amanos Dağları'nın sonlandığı noktada bulunan bir doğa harikasıdır (Şekil 10). Oldukça derin yarılmış bu kanyon daha çok İskenderun'da büyük zararlara yol açan fırtınalarıyla bilinir. İskenderun'da yaşayan Nusayriler Kanyona "Şakkit Ali" (Zülfikar'ın yardığı yer) ismini vermiştir (URL-8). İskenderun'da karadan gelen ve kente zarar veren fırtınaların, Yarıkkaya'dan geldiğine inanılır. Yarıkkaya Kanyonu İskenderun kültüründe önemli bir yere sahiptir. Kanyon fırtınayı önceden haber verir, aniden güçlü esmez.



Şekil 10. Yarıkkaya kanyonundan Google Earth ve yakından görüntüleri.
Figure 10. Google Earth and close-up views of Yarıkkaya Canyon.

Hafif bir esintiyle başlar ve bazen saatte 100 kilometre hıza ulaşabilir. Öyle ki fırtınanın gücünden gemiler limana sığınmak zorunda kalır. Bu kadar ürkütücü olmasına rağmen yazın da serinlik verir. Akşam saatlerinde ortaya çıkan serinliğin kaynağı da Yarıkaya Kanyonu'dur. Kanyonla ilgili birkaç söylene bulunmaktadır. En çok bilinen Hz. Ali'nin bir savaş sırasında kılıcı Zülfikar ile dağa vurarak ortadan ikiye ayırdığını anlatan söylencedir. Rivayete göre, Hz. Ali müminlere yardım etmek için dağdan geçmek istemiş, kılıcını dağa vurunca derin bir yarık açılmıştır. Böylece Hz. Ali derin bir yarık açmış, bu yarıktan geçerek müminlerin yardımına koşmuştur.

Bu bölge tarihsel dönemlerde pek çok depreme tanıklık etmiştir. En son 6 Şubat gelen 7,7 ve 7,6 büyüklüğündeki depremler gibi tarih boyunca görülen birçok deprem (Güngör, 2021) kanyonun oluşumunda ve morfolojik gelişiminde önemli rol oynamıştır. Bölgede henüz insan yerleşimlerinin olmadığı dönemlerde bu depremler topoğrafyada büyük değişikliğe neden olmuşlardır. Daha sonraki dönemlerde insan yaşamıyla beraber bu değişimlerin halk arasında efsanelerle anlatımı toplumsal açıdan mantıklı bir yaklaşım olabilir.

Celil Boğazı

Öykü Konya İlinin Cihanbeyli ilçesinin Kuşça beldesinde geçer. Burada Celil Boğazı olarak bilinen lokasyondaki "Ara Ağız" mevkiinde çadır kuran göçerlerin yaşadığı bir yerdir. Burada yaşayan göçerler arasında bir ana kızın birbirlerine olan sevgisi dillere destan bir hâl almıştır. Birbirlerinden bir dakika bile ayrı kalamazlar. Günün birinde kız, Celil Boğazından geçen bir delikanlıya gönlünü kaptırır. Delikanlı da kıza âşık olur. Bir süre sonra evlenmeye karar verirler. Kız evlenince de annesiyle birlikte kalacağını düşünür ama sevgilisi, eşini ailesinin yanına götürmeyi düşünmektedir. Evlendikten sonra erkek kıza gitme zamanının geldiğini söyler. Kız ağlayarak

asla böyle bir şeyin olamayacağını ve annesini terk etmeyeceğini söyler. Ama eşini kararından vazgeçirmesi olanaksızdır. Erkek son bir gece daha annesiyle kalmasına izin vereceğini ama ertesi gün yola çıkacaklarını söyler. Anne kız sabaha kadar birbirlerine sarılarak ağlarlar. Kız annesinden ayrılmaktansa ölmeyi tercih etmektedir. Allah'a "bizi ayırmaktansa taş döndür" diye dua ederler. Kız için annesinden ayrılığın ölümden bir farkı yoktur. Sabahın ilk ışıklarıyla eşi gelerek kıızı zorla annesinden ayırır ve ata bindirir. Arağız mevki ana kızın haykırılarıyla inler. Kız annesinden asla ayrılmayacağını anlar ve dörtlüye giden attan atlayarak hızla annesine doğru koşmaya başlar. Kavuşmalarına çok az bir mesafe kala ikisi de taş dönerler. Birbirlerine o kadar yakınken ne birleşmiş ne de ayrı kalmışlardır. Taşlaşan ana kızın gözlerinden sürekli yaş akmaya başlar. O gün bu gündür bu iki kayanın gözyaşları hiç dinmemiştir. Ana ile kız birbirlerine bu kadar yakınken kavuşamamanın gözyaşlarını şifa olarak etrafa dağıtmaya başlamıştır. Her yıl yüzlerce kişi burayı ziyaret ederek şifalı suların içer ve ana kızın biraz ilerisindeki çalılıklara bez bağlayarak dilek tutarlar (Güngör ve Oğuztüzün, 2007).

Celil boğazı ve civarı karasal çökellerin aşınmasıyla meydana gelmiş olağanüstü bir jeolojik miras alanıdır (Şekil 11). Bu aşınma şekilleri Üst Miyosen yaşlı İnsuyu Formasyonu'nun (Uygun, 1981; Ulu vd., 1994a ve b; Dirik ve Erol, 2003) boz, krem renkli çamurtaşı-çakıltası, tüfit ardalanması şeklinde gözlenen üst kesimlerinde gelişmiştir. Aşınma şekillerini bazıları oyularak, kilise veya konut amaçlı olarak da kullanılmıştır.

Deliklitaş (Semiramis Tüneli)

Bitlis-Diyarbakır karayolunun 5. kilometresinde yer alan Deliklitaş Traverten; Van Gölü çevresinden, Güneydoğu Anadolu'ya geçişi ya da Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nden İran ve Karadeniz'e ulaşımın daha kolay sağlanabilmesi için delinmiş bir traverten sırtıdır.



Şekil 11. a) Ara Ağız mevkii. **b, c ve d)** Celil boğazında gözlener, çöl ortamlarında oluşan ve Yardang olarak isimlendirilen farklı aşınma şekilleri. **e ve f)** İnsuyu Formasyonu'nun üst kesimlerdeki tapınak ve barınaklar.

Figure 11. a) The Ara Ağız region. **b, c & d)** Different erosion forms known as Yardang, formed in desert environments and observed in the Celil Gorge. **e & f)** Temples and shelters in the upper parts of the İnsuyu Formation.

Tarihsel bilgiler Asur Devleti döneminde (MÖ 1000-1275) bu bölgede yol yapım çalışmalarının olduğunu göstermiştir. Asur Kraliçesi Semiramis tarafından açtırıldığı sanılan bu traverten geçit, Asur kayıtlarında da geçmekte ve Semiramis Tüneli adı ile de bilinmektedir (Altun, 2025). Şerephan, travertenin insanların geçişini zorlaştırdığı için Hatun isimli bir kadın tarafından deldirildiği ve daha sonra da genişletildiği yazmaktadır.

“Bu deliktaş aynı zamanda bir pınardır. Suları fişkırdıktan sonra ve yeryüzüne çıktıktan sonra, günlerin geçmesiyle suları donar. Böylece taş, gelip geçenlerin önünde bir set meydana getirdiğinden, artık onlar da o seddi büyük güçle geçebilirler. Fakat Bedlis Şehrinde “Hatun Camii ve Köprüsü” adıyla bilinen bir cami ve büyük bir köprü yaptıran çağının hayırsever bir kadını, kayadan meydana gelmiş bu seddi deldirmiş ve

kervanların, yolcuların bu delikli taştan gelip geçmelerine elverişli olması için de taşın deliğini genişletir (Şerefhan, 1597).”

Evliya Çelebi de 1655 yılında uğradığı Bitlis izlenimlerinde tünelin Abbasi Sultanı Evhadullah’ın kızı Huma Hatun Sultan tarafında yaptırıldığını yazmıştır (Evliya Çelebi, 2023)

Sebebi ve kimin yaptırdığı net olarak bilinmese de bu tünelin 1961 yılına kadar

kullanıldığı bilinmektedir. Bitlis- Diyarbakır karayolu, uzunluğu 12 metre, yüksekliği 6 metre ve genişliği de 4 metre olan bu tünelden geçmekteydi (Şekil 12). Van Gölü’nde feribot seferlerini başlaması amacıyla bölgeye getirilen feribotun parçaları tünelden geçemeyince tünel 1961 yılında dinamitle patlatılarak yol genişletilmiş ve Deliklitaş Travertenini günümüzdeki halini almıştır (Altun, 2025).



Şekil 12. a) Deliklitaş traverteninin güncel durumu. **b, c ve d)** Tarihi yüzlerce yıl geriye giden Semiramis tünelinin eski görüntüleri (Altun, 2025).

Figure 12. a) Current state of the Deliklitaş travertine. **b, c & d)** Historical images of the Semiramis tunnel dating back several hundred years (Altun, 2025).

Deliklitaş Traverteninin gözleendiği lokasyon geniş bir fosil traverten alanıdır. Aktif traverten sistem şu anda Deliklitaş'ın bulunduğu noktadadır (Şekil 12). Bitlis-Baykan güzergâhında birçok lokasyonda görülebilen travertenlerin en göz alıcı ve ulaşımı kolay olanı bu travertendir. Travertenin oluşumu Baykan Vadisi'ni açan büyük bir doğrultu atımlı fayı takip ederek yüzeye ulaşan sıcak/soğuk su çıkışları ile ilişkilidir. Traverten oluşumlarının geniş bir alana yayılmış olması fayın her bir aktivitesinde su çıkışlarının da yerinin değişmesinden olmalıdır. Sistem, aktif olan bu fayın çatlaklarından çıkarak bir traverten sırtı oluşturmuştur. Bu sırtın dik bir eğimle sona erdiği noktada ise Türkiye'nin görsel olarak en güzel travertenini meydana gelmiştir. Travertenin yol ile birleştiği noktada, sarkıt, dikit, perde sarkıt ve folyo yapılar gözlenmektedir. Sırtın kuzeydoğu ucunda yer alan Deliklitaş Köyü civarında ise su çıkışları ve birçok traverten oluşumları da gözlenmektedir (Altun, 2025)

TARTIŞMA ve SONUÇ

Anadolu coğrafyasının eşsiz jeolojik ve kültürel zenginliği bu bölgede oldukça fazla mitolojik öykü çıkmasına yol açmıştır. Mitolojik öyküler, İnsan türünün ilk ortaya çıkışından günümüze kadar geçen zaman içinde, toplumların doğa olaylarına bir anlam verme çabası ile şekillenmiş ve güçlenmiştir. İnsanın günümüzdeki verilere göre yerleşik yaşama geçtiği yaklaşık 12 bin yıl öncesinden itibaren mitolojik öyküler kısa süre içinde toplumları yönetecek kadar güç kazanmışlardır. Bu öykülerin önemli bir kısmı jeolojik/jeomorfolojik süreçlerden kaynaklanmaktadır.

Bazı durumlarda Jeolojik öyküler ve efsaneler iç içe geçmiştir. Bunun en güzel örneği Hz. Ali öyküleridir. Hz. Ali ile ilgili özellikle İslam dünyasında birçok öykü bulunmaktadır. Bu öykülerin çok büyük çoğunluğu Hz. Ali'nin yaşadığı dönemlerden yüzlerce yıl sonrasına

denk gelmektedir. Ancak figür o kadar güçlüdür ki jeolojik problemleri bile çözdüğüne inanılırken yaşadığı zaman ve coğrafya dikkate alınmaz. Bunlardan biri de Hz. Ali'nin müdahalesiyle yapılmış olduğu düşünülen ve Afganistan'da geçen Amir Gölü barajı ile ilgilidir. Moğol İmparatoru Babür (1483-1530) döneminde kışın fazla yağın karların aniden erimesi ile meydana gelen sellerin köyleri yok etmesi nedeniyle bir baraj yapılmasına karar verilmiştir. Ancak bu çaba boşa çıkar, baraj bir türlü yapılamaz. Hz. Ali müdahale ederek kılıcı Zülfikar ile dağın zirvesini keser ve zirveden çıkan malzeme ile bir baraj inşa eder. Ancak sel suları bu barajı da yıkar. Hz. Ali bu kez yeni bir baraj yapar o da yıkılır. Hz. Ali öfkelenerek devasa bir kayayı kaldırıp selin önüne koyarak yıkılmayacak bir baraj oluşturmayı başarır (Bourrouilh vd., 2007). Bu mitolojik öykü bir felaketin engellenmesinde jeoloji ile halk inanışlarının bazen iç içe geçtiğini ve zaman ve mekân sınırı tanımadığının güzel bir örneğidir.

Bu mitolojik öykülerin çoğunluğunun da az veya çok jeolojiyle ilgisi vardır. Jeolojik bir olay olan bir gaz çıkışı ağzından ateş saçan bir canavara, bir fayın zayıf zonlarından çıkan yeraltı suları kutsal bir kişiliğe veya fosilleşmiş bir ağaç kutsal bir varlığa dönüşebilmektedir. Jeolojik kökenli mitolojik öykülerin tümü, toplumların oluşumunu anlamakta zorlandığı, anlamını bulamadığı jeolojik olayları belli bir dogmatik mantık çerçevesinde yorumlaması ile ortaya çıkmıştır. Böyle bir bakış açısının olması da gayet normaldir. Çünkü insanlar ancak bildikleri kadarıyla yorum yapabilmektedirler. Bugün birçok mitolojik öykünün aslında jeolojik olaylar sonrasında şekillendiği bilinmektedir. Bu öyküler o kadar güçlü ve toplumun belleğinde o kadar net bir şekilde yer etmiştir ki bilimsel gerçekler ne derse desin insanlar bu inanışlarından vazgeçmeyeceklerdir. Örneğin Munzur Baba efsanesinin kaynağının Ovacık Fayı olduğu gerçeği Munzur Baba'nın kutsallığına inananların sayısını azaltmayacaktır. Bu inanış birkaç yüzyıl

önce var olduğu gibi birkaç yüzyıl sonra da var olacaktır. Dünya tarihinde önemli bir yere sahip olan Truva Savaşı'nın başlamasının ana nedeni Helen'in Paris tarafından kaçırılması değildir. Bu sadece savaşın başlaması için bir bahanedir. Asıl neden Truva kralı Priamos'un altınları yani Truva'nın zenginliğidir. Bu zenginlik de bölgedeki alterasyon zonlarından ve plaserlerden elde edilen altın sayesinde olmuştur. Günümüzde halen aynı coğrafyada altın üretimi yapılmaktadır.

Jeoloji/jeomorfoloji ağırlıklı bu tür mitolojik öyküler buldukları bölgelere ciddi ekonomik katkılar da sunmaktadırlar. Böylece mitolojik bir öykü jeolojik veya jeomorfolojik katkıyla Jeoturistik bir öğeye dönüşmektedir.

Türkiye'nin farklı bölgelerine yayılmış çok sayıda jeomitosit bulunmaktadır. Bu sayıca fazlalık Anadolu coğrafyasının zengin jeolojisi ile Anadolu uygarlıklarından kaynaklanan zengin öykülerin bir araya gelmesinin sonucudur. Bu zengin öyküler Anadolu coğrafyasının jeolojik çeşitliliğinin mitolojik hafızaya yansıdığını göstermektedir. Her bir jeomitosit, yalnızca jeolojik/jeomorfolojik bir oluşum değil, aynı zamanda toplumların geçmişten bugüne aktardığı kolektif belleğin ve inançların da taşıyıcısı konumundadır.

Jeomitolojik öyküler her ne kadar fantastik gibi gözükse de arka planda geçmişte yaşanmış ve insanların şahit olduğu olan bir takım jeolojik olaylar hakkında önemli bilgiler de vermektedir. Bu nedenle yer bilimcilerin bu Jeomitolojik öykülere sadece içeriğinde jeoloji/jeomorfolojinin bulunduğu öyküler olarak değil, yakın bir dönemin jeolojik geçmişi hakkında önemli bilgiler veren olaylar gözüyle bakmaları gereklidir.

Bir kültürün veya mitolojik unsurun 'jeomitosit' olabilmesi için, o yerin jeosit envanterinde olması ve o yer hakkında efsane, destan ve hikayesinin yazılı olarak tarihi kayıtlarda yer alması gerektiği önerilmiştir (Kazancı ve Boyraz-Aslan, 2025). Her mitolojik öykünün,

eğer yer bilimleri ile dolaylı veya dolaysız bir ilgisi yoksa ve jeosit envanterinde yer almıyorsa jeomitolojik öykü olarak kabul edilmesi doğru değildir. Ancak bunun için söz konusu bölgedeki tüm Jeosit envanterinin çıkarılış olması gerekir. Kazancı ve Boyraz-Aslan (2025) bu jeositlere "Jeomitosit" denmesini önermektedirler.

Ülkemiz uluslararası öneme sahip jeomitositlere sahiptir. Bir mitolojik öykünün jeomitosit envanterine eklenmesinin ilk şartı yer bilimlerinin ağırlığının belirgin olmasıdır. Aksi takdirde kısa süre içinde yeni bir kavram kargaşasının oluşması kaçınılmaz olur. Bu nedenle öncelikle bir jeositin jeomitosit olarak tanımlanabilmesi için belirli kriterler getirilmesi gerekmektedir. Bu çalışmada Kazancı ve Boyraz-Aslan (2025) tarafından önerilen 27 ve Gül vd. (2025) tarafından önerilen 8 adet jeomitosite ek olarak 10 adet yeni jeomitosit önerilmektedir. Böylece kısa süre içinde envantere 45 adet jeomitosit eklenmiş olacaktır. Önerilen jeomitositlerden İstanbul Boğazı ve Haliç, Çarpışan Kayalar, Kızılcı ve Sedir Adası uluslararası öneme sahip jeomitositlerdir. Celil Boğazı, Dilek Taşı, Yarıkkaya Kanyonu, Delik Taş, Tantalos Gölü ve Peynir Kayalıkları ise ulusal öneme sahip jeomitositler olarak belirlenmişlerdir.

Bu çalışmada önerilen 10 jeomitosit, gerek jeoloji-mitoloji ilişkisinin örneklendirilmesinde gerekse de kültürel mirasın korunması açısından önem arz etmektedir. Jeomitositler aynı zamanda toplumun kültür, eğitim ve turizm gibi konularda da farkındalığının artmasına neden olurlar. Bir kısmı yasal olarak da korunan bu jeomitositlerin korunması aynı zamanda somut olmayan kültürel mirasın da korunması anlamına gelmektedir.

Mitolojik öykülere ilham olan jeolojik/jeomorfolojik oluşumlar, Türkiye için hem jeoturizm hem de doğa koruma amaçlı eğitimler açısından da ciddi bir potansiyele sahiptirler. Bu nedenle jeomitositlerin korunması ve envanterinin çıkarılması gerekmektedir. Yapılacak jeosit envanteri çalışmasına benzer şekilde Türkiye'nin

Jeomitosit envanteri de çıkarılmalıdır. Envanter çalışmasının hazırlanabilmesi için öncelikle jeolojik/Jeomorfolojik Jeomitositler ile ulusal veya uluslararası öneme sahip jeomitositlerin ayrı kategorilerde sınıflandırılarak bir modelin oluşturulması gerekmektedir. Bu sınıflama yapılırken bir jeomitositin sadece kültürel değerler bakımından değil aynı zamanda jeoturizm potansiyeli bakımından da bulunduğu bölgeye sürdürülebilir kalkınma yönüyle katkıları olabileceği belirtilmelidir. Bu çalışmada, literatürde daha önce önerilen jeomitositlere ek olarak yeni örnekler tanımlanmış ve Türkiye'nin jeomitosit zenginliği bir kez daha ortaya konmuştur.

EXTENDED SUMMARY

A significant portion of mythological tales are, to a greater or lesser extent, related to geosciences. Vitaliano (1973) was the first to draw attention to mythological narratives containing geological elements, defining such accounts as geomythological stories. In her work, Vitaliano emphasized that many mythological tales are rooted in geological events. Over time, such events, which were difficult for societies to explain, merged with local culture and were transformed into mythological elements. However, geology or geomorphology alone is insufficient for a mythological narrative to acquire geomythological significance; such narratives must also be substantiated through historical, archaeological, mythological, and anthropological evidence. Geomythology serves as an important tool for transmitting geological events that were not documented in writing, such as earthquakes and floods, to future generations. Notable examples include accounts of Noah's Ark and the Santorini eruption, which have survived through oral traditions. In certain cases, these stories provide valuable insights into events that actually occurred.

Türkiye possesses a rich heritage, both geologically and culturally. This richness has led to the emergence of numerous mythological stories directly or indirectly connected to geology. Since the earliest appearance of humankind, social formations ranging from small tribes to complex settlements have sought to make sense of incomprehensible natural phenomena through culturally specific worldviews, thereby generating diverse systems of belief. The transformation of geological events witnessed by communities into mythological narratives played a pivotal role in the formation of such systems. For instance, a gas emission that could not be understood was often interpreted as fire-breathing by an underground monster. The most notable example of this is Çıralı Yanartaş (Hoşgörmez, 2007). From a social perspective, it is not surprising that springs emerging from fault zones were associated with sacred figures, or that fossilized trees were regarded as holy beings. As a result, mythological stories originating from geology and geomorphology have been preserved in social memory from the past to the present, some of which remain powerful and influential even today.

Kazancı and Boyraz-Aslan (2025) categorized mythological tales reflecting the geology–mythology relationship into four thematic groups: religious, historical, folkloric, and popular. They defined mythological narratives where this relationship occurs as geomythos. This definition is adopted in the present study, emphasizing that a mythological tale can only be considered a geomythos if it is closely linked to earth sciences. In other words, geological or geomorphological processes must play a decisive role in its formation.


Geomythosites are significant not only scientifically but also culturally and economically. Mythological stories shaped by geomythology represent points where geological heritage and cultural heritage intersect. If properly evaluated, these sites can contribute substantially to sustainable regional development through

geotourism activities. From this perspective, establishing a comprehensive inventory of Türkiye's geomythosites and securing their protection would provide substantial scientific value while also contributing to sustainable tourism development.

In this study, ten new geomythosites are proposed, in addition to the twenty-seven identified by Kazancı and Boyraz-Aslan (2025) and the eight previously proposed by Gül et al. (2025). Accordingly, the total number of recorded geomythosites in Türkiye has reached forty-five. Given the country's exceptional geological complexity and cultural diversity, it is highly probable that this number will increase substantially as future research is conducted at the provincial scale. Of the ten geomythosites proposed here, the Bosphorus and Golden Horn, Çarpışan Kayalar, Kızkumu, and Sedir Adası are assessed as having international significance, whereas the Celil Strait, Dilek Stone, Yarikkaya Canyon, Delik Stone, Lake Tantalos, and Peynir Kayalıkları are classified as sites of national importance.

ORCID

Yıldırım Güngör  <https://orcid.org/0000-0002-5580-4626>

Direnç Azaz  <https://orcid.org/0000-0001-5441-0265>

KAYNAKLAR

- Akkemik, Ü. & Sakıncı, M. (2013). *Sequoioxylon* petrified woods from the Middle to Late Oligocene of Thrace (Turkey). *IAWA Journal*, 34(2), 177-182. <https://doi.org/10.1163/22941932-00000015>
- Akkemik, U, Akkılıç, H. & Gungor, Y. (2019). Fossil wood from the Neogene of the Kilyos coastal area in Istanbul, Turkey. *Palaeontographica Abteilung B*, 299(1-6), 133-185. <https://doi.org/10.1127/palb/2019/0065>
- Aksoy, F. (2018). *Tarih öncesi Çağlardan Roma'nın yıkılışına kadar Spil Dağı'nın (Sipylos) tarihi ve Arkeolojisi* [Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi]. Celal Bayar Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Altun, E. (2025). *Bitlis'in jeoçeşitliliği ve jeolojik miras potansiyelinin sürdürülebilir kalkınma açısından incelenmesi* [Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi]. İstanbul Üniversitesi –Cerrahpaşa Lisansüstü Eğitim Enstitüsü.
- Altun, N. E., Gül, M., Aktürk, S., Kuşçu, I. ve Kuşçu, G. (2009). *A geological approach for the assessment of the legend of the cleopatra beach: Investigation of the origin and formation conditions of ooids by sedimentological, mineralogical, geochemical and amino-acid recemization methods*. EU SMAP III Gökova Project Preparation of a Management Plan for the Integrated Coastal Zones of the Inner Gokova Bay and the Sedir Island, 60 pp
- Atabey, E. (2002.) *Korumaya Değer Doğal Bir Kum Dili, Orhaniye Kızkumu*. *Mavi Gezegen* 6, 76–77.
- Bean, G. E. (1995). *Eski Çağda Ege Bölgesi*, (Çev. İnci Delemen). Orion Yayınları, 360 s.
- Bourrouilh-Le Jan, F. G., Akram, I. B. & Schvoerer, N. (2007). Band-e-Amir Lakes and Dragon Valley (Bamiyan): myths and seismicity in Afghanistan. Myth and geology. *The Geological Society of London, Special Publications*, 273, 120-132. <https://doi.org/10.1144/GSL.SP.2007.273.01.11>
- Çığ, M. İ. (2015). *Gilgameş, tarihte ilk kral kahraman*. Kaynak yayınları, 95 s.4. Baskı
- Dağar, E. (2005). *Yamanlar Dağında Geç Antik Çağ İskanları: Kronoloji ve Mekan Organizasyonlarına ilişkin sorunlar*. Durugönül, S. ve Durukan, M. (Ed.ler). Olba XII, (S, 101-125), Kaam Yayınları.
- Dietrich, L., Meister, J., Dietrich, O., Notroff, J., Kiep, J., Heeb, J., Beuger, A. & Schütt, B. (2019). Cereal processing at Early Neolithic Göbekli Tepe, southeastern Turkey. *PLoS One* 14(5), Article e0215214. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0215214>
- Dirik, K. & Erol, O. (2003). Tectonomorphologic evolution of Tuzgölü and surrounding area, central Anatolia-Turkey. *Turkish Association of Petroleum Geologists Special Publication*, 5, 27-46.
- Ekinci, D. ve Doğanaer, S. (2016). Unique Spit: Kızkumu (Marmaris/Turkey). *Epra International Journal of Multidisciplinary Resaerch (JMR)*, 2(6), 35-48.
- Emir, O. (2009). Argonautlar Efsanesi: Bir Mitosun Ardındaki Gerçekler ve Kolkhis. *Uluslararası Karadeniz İncelemeleri Dergisi*, 6, 9-24.

- Erdem, M. E., Özcan, E., Yücel, A. O., Okay, A. I., Erbay, S., Kaygılı, S. & Yılmaz, İ. (2021). Late Campanian larger benthic foraminifera from the Zekeriyaköy Formation (İstanbul, NW Turkey): taxonomy, stratigraphy, and paleogeography. *Turkish Journal of Earth Science*, 30(1), 1-21. <https://doi.org/10.3906/yer-2007-9>
- Eren, M., Güler, C., Kadir, S. & Wanas, H. (2016). Sedimentological, mineralogical and geochemical characteristics of the ooids in Cleopatra (Sedir Island, Gökova Bay, SW Turkey) and Alexandria (NW Egypt) Beach sediments: A comparison and reality of myth of the love. *Chemie der Erde (Geochemistry)*, 76(1), 157–169. <https://doi.org/10.1016/j.chemer.2016.02.001>
- Erkan, Y. (2013). *Sedimanter Petrografi* (Genişletilmiş 2. baskı). Afşaroğlu Matbaası.
- 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>
- Evlıya Çelebi. (2023). *Seyahatname*, Yeditepe Yayınevi.
- Gray, M. (2013). *Geodiversity: Valuing and Conserving Abiotic Nature*. Second Edition. Wiley Blackwell.
- Gül, Y. (2017). Kleopatra'nın İncileri mi, Doğanın İncileri mi: Ooidler. *Mavi Gezegen*, 22, 1-12.
- Gül, M., Küçükuysal, C., Çetin, E., Ataytür, Ö. & Masud, A. (2020). Coastal Erosion Threat on the Kızıkkumu Spit Geotourism Site (SW Turkey): Natural and Anthropogenic Factors. *Geoheritage*, 12(3), 1– 14. <https://doi.org/10.1007/s12371-020-00477-0>
- Gül, M., Özbek, A. & Gül, M. (2025). Geomyths of Tunceli, Eastern Türkiye. *Geoheritage*, 17, Article 65. <https://doi.org/10.1007/s12371-025-01106-4>
- Güngör, Y. (2021) *Dünyayı Etkileyen Afetler ve Alınan Dersler*, İstanbul Üniversitesi Açık ve Uzaktan Eğitim Fakültesi Yayını.
- Güngör, Y. (2024). Geoheritage Inventory and Geotourism Studies of Gökçeada (Çanakkale, Western Türkiye). *Geoheritage*, 16, Article 138, 1-29. <https://doi.org/10.1007/s12371-024-01038-5>
- Güngör, Y. ve Oğuztüzün, C. (2007). Celilın Peri Bacaları. *Atlas Dergisi*, 176, Sayfa 80-88.
- Güngör, Y., Akkemik, Ü., Azaz, D., Kimyonok, T., Çalık, M. M., Delibay, A. S. & Çiftçi, Y. (2025). An Example of a Spontaneous Geo-Conservation Beylikdüzü (İstanbul-Western Türkiye) Petrified Tree. *Geoheritage*, 17, Article 114. <https://doi.org/10.1007/s12371-025-01159-5>
- Hariri, Y. N. (2016). *Hayvanlardan Tanrılara, Sapiens. İnsan türünün kısa bir tarihi*. Kolektif Kitap.
- Hosgörmez, H. (2007). Origin of the natural gas seep of Çıralı (Chimera), Turkey: Site of the first Olympic fire. *Journal of Asian Earth Sciences*, 30(1), 131-141. <https://doi.org/10.1016/j.jseas.2006.08.002>
- Karaoğlu, Ö. & Kılıç, S. (2017). Nemrut volkanı ve kral Nemrut'un efsanesi. *Mavi Gezegen* 22, 29, 37
- Karlıoğlu, N., Akkemik, Ü. & Caner, H. (2009). Detection of some woody plants in Late Oligocene forests of Istanbul. Turkey. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 33(6), 577-584. <https://doi.org/10.3906/tar-0811-25>
- Kazancı, N. & Adıyaman-Lopes, Ö. (2022). The stones of Göbeklitepe, SE anatolia, turkey; an example of the shaping of cultural heritage by local geology since the early neolithic. *Geoheritage*, 14, Article 57. <https://doi.org/10.1007/s12371-022-00694-9>
- Kazancı, N. & Boyraz-Aslan, S. (2025). Brief Description of the Geomythological Sites in Anatolia, Türkiye. *Geoheritage*, 17, Article 113. <https://doi.org/10.1007/s12371-025-01160-y>
- Knitter, D., Braun, R., Clare, L., Nykamp, M. & Schütt, B. (2019). Göbekli Tepe: a brief description of the environmental development in the the Surroundings of the UNESCO World Heritage Site. *Land*, 8(4), 72; <https://doi.org/10.3390/land8040072>
- Mayor, A. (2004). Geomythology. In Selley, R.C., Cocks, R. & Pilmer, I. (Eds.), *Encyclopedia of Geology*, Elsevier.
- Okrostsvavidze, A. (2017). *The Argonauts: A modern Investigation of the Mythical "Gold Sars"*. Lambert Academic Publisher.
- Oktay, F. Y. ve Gökaşan, E. (2012). İstanbul Boğazının Oluşumu. 65. *Türkiye Jeoloji Kurultayı bildiri özetleri kitabı*, s., 172-173.
- Özgül, N. (2011). *İstanbul il alanının jeolojisi*. İstanbul Büyükşehir Belediyesi, Planlama ve İmar Daire Başkanlığı, Zemin ve Deprem İnceleme Müdürlüğü, İstanbul, 305 s.
- Özhan, E. (1990). The legend of Cleopatra Beach: May it be true?. *Eurocoast*, 98-103, Marseilles.

- Özkaya, A. S. (2019). *İstanbul'un En Eski Dikilitaşı: Hayat Kurtaran Pompei Sütunu. İstanbul'un Simge Taşları*. Haz.: Fatih Dalgacı. İBB Kültür A.Ş. Yayını, İstanbul, 69-95.
- Öztürk, H. (2004). The origin of the ooides of the Cleopatra Beach of Sedir Island, Aegean Sea, Turkey. *37th CIESM Congress*, (p. 62). Barcelona.
- Öztürk, H., Öztürk, B. ve Öztürk, A. A. (1998). Kleopatra Plajı (Gökova Körfezi) Kumlarının esrarı üzerine bulgular. *Su Altı Bilimi ve Teknoloji Kongresi* (s.: 98-104). İstanbul Üniversitesi.
- Piccardi, L. (2007). The AD 60 Denizli Basin earthquake and the apparition of Archangel Michael at Colossae (Aegean Turkey). *Myth and Geology* (p.: 95-105). *The Geological Society of London* 350 p.,
- Piccardi, L. & Masse, W. B. (2007). *Myth and geology*. The Geological Society of London. London
- Sarı, R., Türkecan, A., Dönme, M., Küçükefe, Ş., Aydın, Ü. & Özmen, Ö. (2015). The geology of Gökçeada (Çanakale). *Bulletin of the Mineral Research and Exploration*, 150, 1-18.
- Schmidt, K. (2003). The 2003 Campaign at Göbekli Tepe (Southeastern Turkey). *Neo-lithics2/03, The Newsletter of Southwest Asian Neolithic Research*. https://www.exoriente.org/repository/NEO-LITHICS/NEO-LITHICS_2003_2.pdf
- Schmidt A. K., Danısık, M., Aydar, E., Şen, E., Ulusoy, I. & Lovera, O. M. (2014). Identifying the volcanic eruption depicted in a neolithic painting at Çatalhöyük (Turkey). *PloS ONE*, 9 (1) Article e84711. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0084711>
- Şerefhan. (1597). Şerefname. (Arapçadan Türkçeye çeviren: Bozarslan, M. E.), 4. Baskı (1990). İstanbul, Hasat Yayınları.
- Torrey, E. F. (2018). *Beynin evrimi ve tanrıların ortaya çıkışı*. Paloma Yayınevi.
- Tuna, T. (2023). Boğazın Üzerinden atlayan İnek. *İstanbul Dergi*, 14.
- Tüysüz, O., Aksay, A. ve Yiğitbaş, E. (2004). *Batı Karadeniz Litostratigrafi Birimleri*. MTA Stratigrafi Komitesi Litostratigrafi Birimleri Serisi, 1.
- Ulu, Ü., Bulduk, A. K., Ekmekçi, E., Karakaş, M., Öcal, H., Arbas, A., Saçlı, L., Taşkiran, A., Adır, M., Sözeri, Ş. ve Karabıyıkoglu, M. (1994a). İnlice-Akkise ve Cihanbeyli-Karapınar Alanının Jeolojisi (Rapor no: 9720). Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Ulu, Ü., Ocal, H., Bulduk, A. K., Karakaş, M., Arbas, A., Saçlı, L., Taşkiran, A., Ekmekçi, E., Adır, M., Sözeri, Ş. ve Karabıyıkoglu, M. (1994b). Cihanbeyli-Karapınar yöresi Geç Senozoyik çökeltme sistemi: Tektonik ve iklimsel önemi. *Türkiye Jeoloji Kurultayı Bülteni*, 9, 149-163.
- Uygun, A. (1981). Tuzgölü havzasının jeolojisi, evaporit oluşumları ve hidrokarbon olanakları. *Türkiye Jeoloji Kurumu İç Anadolu'nun Jeolojisi Sempozyumu*, Ankara, 66-71.
- URL-1, (05.09.2025). *Guillaume-Antoine Olivier, 1806*, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Bosphore_de_Thrace_ou_Canal_de_la_Mer_Noire_-_Olivier_Guillaume_Antoine_-_1801.jpg
- URL-2, (25.08.2025). *George Sandys, 1610*, https://en.wikipedia.org/wiki/George_Sandys#cite_note-1-4
- URL-3, (05.09.2025). *Howard Davie*. <https://en.wikipedia.org/wiki/Symplegades>
- URL-4, (06.09.2025). <https://jinepsgazetesi.com/2013/10/tantalos-efsanesi-1>
- URL-5, (05.09.2025). *Mitolojik Hikayeler, Tantalos İşkencesi*. <https://mitolojikhikayeler.com/tag/tantalos-iskencesi>
- URL-6, (25.08.2025). *Marmaris Kızkumu Plajı / Marmaris Kızılkum*. <https://tr.marmaris.info/project/marmaris-kizkumu-plaji/>
- URL-7, (25.08.2025). Marmaris Belediyesi İnternet Sayfası. <http://www.marmaris.bel.tr>
- URL-8, (25.08.2025). *Yarıkkaya Efsanesi, The Epoch Times, Tr*. <https://epochtimestr.com/index.php/yarikkaya-efsanesi>
- Vitaliano, D. (1973). Legend of the Earth; Their Geological Origins. İndiana University Press.
- Wallace-Hadrill (15 Eylül 2025). *BBC. Pompeii: Portents of Disaster*. https://www.bbc.co.uk/history/ancient/romans/pompeii_portents_01.shtml
- Yalçın, M. N., Güngör, Y. ve Angı, O. S. (2022). Çarpışan Kayaların (Rumeli Feneri /İstanbul) üç öyküsü. *Mavi Gezegen*, 30, 1-14
- Yüksel, V. ve Korkmaz, S. (1982) Mitoloji, Jeoloji ve turizm: Olimpos'un Sönmeyen Alevi. *Yeryuvarı ve İnsan* 7(2), 3-4.



TÜRKİYE JEOLOJİ BÜLTENİ

AMAÇ ve KAPSAM

Türkiye Jeoloji Bülteni (*Türkiye Jeol. Bült.*) 1947 yılından beri yayınlanan, Türkiye'nin en eski ve en çok tanınan dergilerinden biridir. Jeoloji Mühendisleri Odası (JMO) tarafından yılda üç sayı (Ocak - Nisan - Ağustos) olarak yayınlanmaktadır.

Derginin amacı;

- Türkiye'de ve Uluslararası alanda yerbilimleri konularında bilimsel iletişimin sağlanmasına katkıda bulunmak,
- Yerbilimleri konularında yapılan araştırmaların duyurulmasına aracı olmak,
- Yerbilimlerine yönelik meslek dallarının ulusal ve uluslararası düzeyde gelişimine katkı sağlamak,
- Jeoloji Mühendisliği eğitimi ve eğitimin geliştirilmesine katkıda bulunmak,
- Türkçe'nin bilim dili olarak geliştirilmesi ve yabancı sözcüklerden arındırılması çabalarına katkıda bulunmaktır.

Türkiye Jeoloji Bülteni (*Türkiye Jeol. Bült.*) mühendislik jeolojisi dışındaki yerbilimleri konularında yayın kabul etmektedir. Bilhassa Jeoloji, Tektonik, Yapısal Jeoloji, Jeokronoloji, Jeokimya, Sedimentoloji, Biyostratigrafi, Paleontoloji, Mineraloji, Magmatik ve Metamorfik Petroloji, Maden Yatakları, Jeofizik, Jeomorfoloji yanı sıra Tıbbi Jeoloji, Değerli ve Yarı Değerli Taşlar, Çevre Jeolojisi 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 tematik sayı(lar) olarak da yayınlanabilmektedir.

YAZIM KURALLARI

Yazıların Hazırlanması

Türkiye Jeoloji Bülteni'nin yayın dili Türkçe ve İngilizcedir. Türkçe makalelerde "Extended Summary", İngilizce makalelerde ise "Genişletilmiş Özet" verilmelidir. Yazarların ana dillerinin Türkçe olmaması durumunda makale İngilizce yayınlanır. Ana dili İngilizce olmayan yazarlara, yazılarını Editörlüğe göndermeden önce, gramer ve üslup açısından, ana dili İngilizce olan bir kişiden katkı almaları özellikle önerilir. Hazırlanan makaleler orijinal ve daha önce basılmamış araştırma, yorum ya da her ikisine ait sentezi içermeli veya teknik not niteliğinde olmalıdır. Yazının gönderilmesi, daha önce basılmamış veya başka bir yerde incelemede olmadığını gösterir.

Makale Sunum Süreci ve Etik Bildirimi

Tüm makaleler internet üzerinden <https://dergipark.org.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. <https://dergipark.org.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 yayım için kabul edildikten sonra, diğer bir deyişle, hakem tarafından önerilen düzeltmeler tamamlandıktan ve editör tarafından kabul edildikten sonra, yazara makalede değişiklik yapma izni verilmez. Makale yayınlanmadan önce, yazarlara düzeltmeler için prova baskı gönderilir. Başkasının fikir veya sözcüklerinin orijinal biçiminde kullanılması veya uygun bir atıf yapılmaksızın değiştirilmesi, intihal olarak kabul edilir ve tolere edilemez.

Yazılar aşağıda verilen düzen çerçevesinde hazırlanmalıdır:

- (a) Başlık (Türkçe ve İngilizce)
- (b) Yazar Adları (koyu ve baş harfleri büyük harfle) ve adresleri (italik ve küçük harfle) ile başvurulacak yazarın e-posta adresi
- (c) Öz (Türkçe ve İngilizce)
- (d) Anahtar Kelimeler (Türkçe ve İngilizce)
- (e) Giriş (amaç, kapsam ve yöntem)
- (f) Ana metin (kullanılan yöntemler, çalışılan malzemeler, tanımlamalar, analizler vd.)
- (g) Tartışma ve Sonuçlar veya Tartışma Önerileri
- (h) Extended Summary / Genişletilmiş Özet
- (i) Katkı Belirtme
- (j) Kaynaklar
- (k) Çizelgeler
- (l) Şekiller Dizini
- (m) Şekiller
- (n) Levhalar (var ise)

Metinde kullanılan değişik türde başlıklar farklı şekillerde ve tüm başlıklar sayfanın sol kenarında verilmelidir. Ana başlıklar büyük harflerle ve koyu yazılmalıdır. İkinci derece başlıklar alt başlık olarak değerlendirilmeli ve birinci ve ikinci derece alt başlıklar küçük harfle (birinci derece alt başlıklarda her kelimenin ilk harfi büyük) ve koyu, üçüncü derece alt başlıklar ise italik olmalıdır. Başlıkların önüne numara veya harf konulmamalıdır. Yazılar (öz, metin, katkı belirtme, kaynaklar, ekler ve şekiller dizini) A4 (29.7 cmX21 cm) boyutundaki sayfalara, kenarlardan en az 2,5 cm boşluk bırakılarak, 1,5 cm aralıkla ve 12 puntuyla (Times New Roman) yazılmalı, ayrıca tüm sayfalara ve satırlara 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:

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

Başlık ve Yazarlar

Yazının başlığı, çalışmanın içeriğini anlaşılır şekilde yansıtmalıdır. Eğer yazı Türkçe hazırlanmışsa, Türkçe başlığı (koyu ve kelimelerin ilk harfleri büyük harf olacak şekilde) İngilizce başlık (italik ve kelimelerin ilk harfleri büyük olacak şekilde) izlemelidir. İngilizce hazırlanmış yazılarda ise, İngilizce başlık Türkçe başlıktan önce ve yukarıda belirtilen yazım kurallarına göre verilmelidir. Makaledeki yazarlar orcid.org web adresinden edinecekleri ORCID kimliklerini makale ile birlikte sunmalıdır.

Yazarlara ilişkin bilgi ise aşağıdaki örneklere uygun olarak verilmelidir.

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

Hüsnü Hüsnüoğlu MTA Genel Müdürlüğü, Jeolojik Etütler Dairesi, 06520 Ankara
e-posta: husnu56@mta.gov.tr
ORCID Numarası: 0000-0001-1462-0830

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 konusunu yansıtan anahtar kelimeler Türkçe ve İngilizce olarak verilmelidir. Anahtar kelimeler, alfabetik sırayla küçük harfle (ilk anahtar kelimenin ilk harfi büyük) yazılmalı ve aralarına virgül konmalıdır. Teknik Not ve Tartışma türü yazılarda anahtar kelimelerin verilmesine gerek yoktur.

EXTENDED SUMMARY/GENİŞLETİLMİŞ ÖZET

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

- Türkiye Jeoloji Bülteni’nde 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. Süreli yayınlar:

A.1. Süreli yayınların gösterilmesi:

Yazar ad(lar)ı, (Tarih). Makalenin başlığı. *Süreli 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 adları). 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 eklemlili kaya kütleli 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 düşey çizgiler kullanılmamalı, yatay çizgiler ise sadece çizelgenin alt ve üstünde, ayrıca çizelgedeki başlıklar ile bunların altında listelenen rakamları ayırmak için kullanılmalıdır (Bunun için Dergi'nin önceki sayılarına bakılması önerilir). Çizelgelerde makalenin diğer kısımlarında verilen bilgi veya sonuçların (örneğin grafikler vb.) tekrar verilmemesine özen gösterilmelidir. Her çizelge ayrı sayfalara bastırılarak metnin sonunda (Kaynaklar dizininin sonra) sunulmalıdır. Çizelgelerdeki kısaltma ve simgeler daha küçük karakterlerle 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.org.tr/tjb) adresi üzerinden .docx formatında elektronik olarak sisteme yüklenmelidir.

YAYIMA KABUL EDİLEN MAKALELERİN SUNUMU

Yazarlar, makalelerinin yayıma kabulü halinde, makalenin düzeltilmiş son halini DergiPark Sistemi üzerinden 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 yedi 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'nde görev alan Editörler, Yayın Etiği Komitesi (Committee on Publication Ethics -COPE) tarafından "Code of Conduct and Best Practice Guidelines for Journal Editors" ve "Best Practice Guidelines for Journal Editors" başlıkları altında yayınlanan kılavuzlar kapsamında hazırlanan etik görev ve sorumluluklara sahiptir.

Editörler, derginin gelişimi ve yayınlanan çalışmaların kalitesini geliştirmeye yönelik süreçleri takip etmekle sorumludurlar.

Dergi Politikası:

Açık Erişim Politikası: *Türkiye Jeol. Bült.* 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. Bült.*'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.

Telif Hakkı Devri: JMO ve/veya *Türkiye Jeol. Bült.*, 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. Bült.*'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. Bült.*'ne devretmelidir. JMO ve/veya *Türkiye Jeol. Bült.*'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 kullanımını için kopyasını alma hakkı vardır. JMO ve/veya *Türkiye Jeol. Bült.*; ticari amaçlar dışında patent hakları gibi telif hakkı dışındaki tüm haklarını saklı tutar.

Makale sunumu: *Türkiye Jeol. Bült.*'ne değerlendirilmek üzere makale gönderecek yazar(lar), öncelikle DergiPark'a üye olmak zorundadır. Sorumlu yazar çalışmalarını (orijinal makale, derleme, vb) *Türkiye Jeol. Bült.*'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. Bült.*'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 kimseye 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 gerekiyorsa 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 yazarların bu taleplerini DergiPark sistemi üzerinden dergi editörüne iletmesi gerekir. Yayın Kurulu, geri çekme başvurusunu inceleyerek en geç 15 gün içerisinde cevap verir. Yayın Kurulu tarafından başvurusu onaylanmayan 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 işlemi 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.

Ücret Politikası: *Türkiye Jeol. Bült.*'nin yayıncı kuruluşu JMO'dır. JMO kar amacı gütmeyen bir Sivil Toplum Kuruluşudur. JMO ve/veya *Türkiye Jeol. Bült.* 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. *Türkiye Jeol. Bült.* reklam ve benzeri ticari kar amacı güden belge ve bilgileri yayımlamaz..



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 (January - April - August) every year.

The aim of the journal;

- Contributing to the provision of scientific communication on earth sciences in Turkey and in the international arena,
- To mediate the announcement of researches on earth sciences,
- To contribute to the national and international development of the professions of earth sciences,
- Contributing to the development of Geological Engineering education,
- To contribute to the efforts to develop Turkish as a scientific language.

Geological Bulletin of Turkey (*Geol. Bull. Turkey*) 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 medical geology, Precious & Semi-Precious Stones, 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. Select sessions at the Geological Congress of Turkey and other national and international meetings may later be published as special issues after reviewed publication processes.

INSTRUCTIONS FOR CONTRIBUTORS

Preparation of Manuscripts

The language of the Geological Bulletin of Turkey is both Turkish and English. For manuscripts submitted in English “Genişletilmiş Özet”, for manuscripts submitted in Turkish “Extended Summary” should be given. If the native language of the author(s) is not Turkish, the article can be published entirely in English. 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 <https://dergipark.org.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 <https://dergipark.org.tr/tjb>, or www.jmo.org.tr must be signed by the corresponding author on behalf of all authors and must accompany all papers submitted. After a manuscript has been submitted, it is not possible for authors to be added or removed or for the order of authors to be changed. Manuscripts may be rejected without peer review by the editor-in-chief if they do not comply with the instructions for authors or if they are beyond the scope of the journal. After a manuscript has been accepted for publication, i.e. after referee-recommended revisions are complete, the author will not be permitted to make changes that constitute departures from the manuscript that was accepted by the editor. Before publication, the galley proofs are always sent to the authors for corrections. The use of someone else's ideas or words in their original form or changed without a proper citation is considered plagiarism and will not be tolerated.

Manuscripts should generally be structured as follows:

- (a) Title (English and Turkish)
- (b) Names of authors (bold and in capital), their affiliations (italic and lower-case) and the name and e-mail address of the corresponding author.
- (c) Abstract (English and Turkish)
- (d) Key words (English and Turkish)
- (e) Introduction (aim, content and methodology)
- (f) Main text (methods, material studied, descriptions, analyses etc.)
- (g) Results and Discussion or Conclusions and Recommendations
- (h) Extended Summary / Genişletilmiş 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 A4 page 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 and lines numbered.

Examples for headings:

ABSTRACT

INTRODUCTION

PRIMARY HEADING

Primary Sub-Heading

Secondary sub-heading

Tertiary sub-heading

CONCLUSIONS & DISCUSSION

EXTENDED SUMMARY

ACKNOWLEDGEMENTS

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 first letter of the words capital). If the paper is in English, the English title should appear before the Turkish title in the style mentioned above. Authors should provide their Orcid ID which can be obtained from orcid.org website.

The information related with authors should be given as follow:

Ahmet Ahmetoğlu Ankara University, Engineering Faculty, Geological Engineering Department
Tandoğan 06100 Ankara
e-mail: a_ahmetoğlu@ankara.edu.tr
ORCID Number: 0000-0001-1458-0820

A. Hüsnu Hüsnuoğlu MTA Genel Müdürlüğü, Jeolojik Etüdler Dairesi, 06520 Ankara
e-mail: husnu56@mta.gov.tr
ORCID Numarası: 0000-0001-1462-0830

ABSTRACT

The abstract not exceeding 300 words should be informative (aim of the study and main conclusive remarks). It should not contain references. The Abstract should be given in both Turkish and English. If the paper is written in Turkish, an English abstract (in italics) should follow the Turkish abstract, while a Turkish abstract (in italics) should appear after the English abstract in papers written in English.

Keywords

The abstract should include minimum 2, and not more than 7 key words which reflect the entries the authors would like to see in an index. Key words should be given in both Turkish and English. Key words should be written in lower-case letters, separated by commas, and given in alphabetical order. For Technical Notes and Discussions, key words should not be provided.

EXTENDED SUMMARY

The extended summary should not exceed 2500 words. But it must be more bulky than abstract. The new figure or table should not be given. But reference can be given to figures and tables present in main text.

ACKNOWLEDGEMENTS

Acknowledgements should be brief and confined to persons and organizations that have made significant contributions. Please use full names without titles and indicate name(s) of the organization(s) of the person(s) acknowledged.

CITATIONS and REFERENCES

Citation in the text

A. If the article has one author

Parenthetical citations: (Author, Year) e.g.: (Sönmez, 1996)

Narrative citations: Author (Year) e.g.: Sönmez (1996)

B. If the article has two authors

Parenthetical citations: (Author1 & Author2, Year) e.g.: (Merriman & Frey, 1999)

Narrative citations: Author1 and Author2 (Year) e.g.: Merriman and Frey (1999)

C. If the article has more than two authors

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

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

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 kütleli 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.

Subscripts and superscripts should be given clearly and written in smaller character (e.g. x_2 , x^2). Instead of square-root symbol, an indice of 0.5 should be used (e.g. $y=5x^{0.5}$). For the of multiplication sign do not use any symbol, however if necessary, the symbol "*" can be preferred (e.g. $y=5*10^{-3}$). Please use "/" for division instead of a horizontal line between numerator and denominator. In the expression of chemical reactions, ions should be given as Ca^{2+} and CO_3^{2-} 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 in docx format through website DergiPark Academics (dergipark.org.tr/tjb)

SUBMITTING ARTICLES ADMITTED TO PUBLICATION

In cases where authors’ manuscripts are admitted to publication, authors should upload revised final copies of their manuscripts to 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 seven 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

Editors and reviewers of the *Geol. Bull. Turkey*, the ethical task prepared by the Committee on Publication Ethics (COPE) under the headings of "Code of Conduct and Best Practice Guidelines for Journal Editors" and "Best Practice Guidelines for Journal Editors" and has responsibilities.

Editors are responsible for monitoring the progress of the journal and the processes aimed at improving the quality of published work.

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. CGE is a non-profit Non-Governmental Organization. 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. *Geol. Bull. Turkey* does not publish advertisements or similar commercial profit-oriented documents and information.

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: Authors who want to withdraw their article under evaluation should convey their request to the journal editor via the DergiPark system. The Editorial Board reviews the withdrawal application and responds within 15 days. The author(s) of the manuscript whose application is not approved by the Editorial Board cannot 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

Mayıs 2026 Cilt 69 Özel Sayı
May 2026 Volume 69 Special Issue

Oğuz Mülayim

Adıyaman İlinin Jeolojik Miras ve Jeoturizm Potansiyeli

Geological Heritage and Geotourism Potential of Adıyaman Province..... 1

Atike Nazik, Mustafa Akyıldız, Mehmet Tatar

Kapıkaya Kanyonu'nun (Adana, Karaisalı) Jeolojik Miras ve Jeoturizm Potansiyeli

Geological Heritage and Geotourism Potential of Kapıkaya Canyon (Adana, Karaisalı)..... 27

Hükmü Orhan, Aral I. Okay, Nizamettin Kazancı, Lütfi Nazik, Murat Poyraz, Berna Alpagut, Yakup Çelik

Bursa İlinin (KB Türkiye) Önemli Jeositleri

Significant Geosites in Bursa Province (NW Türkiye)..... 45

Gözde Zorlu DüNDAR, Selahattin Polat

Uşak İlinin Jeosit Potansiyeli ve Jeomiras Değerleri

Geosite Potential and Geoheritage Assets of Uşak Province..... 81

Bekir Levent Mesci

Delikkaya (Bakırcıoğlu, Yıldızeli, Sivas) Doğal Traverten Köprüsü: Korunması Gereken Bir Jeolojik Miras

Delikkaya (Bakırcıoğlu, Yıldızeli, Sivas) Natural Travertine Bridge: A Geological Heritage to Preserve..... 119

Sultan Murat Uzun, Nuriye Garipağaoğlu

Bolluk Gölü Çevresinin Jeomiras ve Jeomorforizm Potansiyeli (Cihanbeyli-Konya İç Anadolu)

Geoheritage and Geomorphotourism Potential of the Surroundings of Lake Bolluk (Cihanbeyli-Konya Central Anadolu)..... 131

Yakup Çelik, Ezher Tagliasacchi, Mehmet Akif Taş, Pınar Polat

Otlukbeli (Erzincan) Travertenlerinin Jeolojik-Kültürel Miras Açısından Önemi (Doğu Anadolu)

The Importance of the Otlukbeli (Erzincan) Travertines in Terms of Geological and Cultural Heritage (Eastern Anatolia)..... 159

Sevgi Dönmez

Akarsu Çökellerinde Gelişen Peribacalarının Jeomorforizm Açısından Değerlendirilmesi: Uşak-Eşme Örneği

Evaluation of Fairy Chimneys Developed in Fluvial Deposits in Terms of Geomorphotourism: The Uşak-Eşme Case..... 191

Gülin Gençoğlu Korkmaz, Hatice Ünal Ercan

Volcanic and Cultural Geoheritage Potential of Erenlerdağ-Alacadağ Volcanism (SW of Konya-Türkiye)

Erenlerdağ-Alacadağ Volcanizmasının (GB Konya-Türkiye) Volkanik ve Kültürel Jeomiras Potansiyeli..... 219

Korhan Çakır, Çağlar Aslan, Esra Ünal Çakır, Devrim Erşen, Meftun Kerem Sönmez

The First Surveyed Lava Tube on Mount Ağrı Volcano (Türkiye): A Geological Heritage Assessment of the Ice Cave

Ağrı Dağı Volkanı'nda İlk Kez Araştırılan Lav Tüneli (Türkiye): Buz Mağarası'nın Jeolojik Miras Açısından Değerlendirilmesi..... 241

Yıldırım Güngör, Direnç Azaz

Türkiye'den Yeni Jeomiras Önerileri

New Geomorphosite Proposal from Türkiye..... 255

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>