Türkiye Jeoloji Bülteni
Geological Bulletin of Turkey
68 (2025) 145–188
doi:10.25288/tjb.1559108

Denizli İlinin (GB Türkiye) Jeoçeşitliliği ve Önemli Jeositleri

Geodiversity and Significant Geosites of the Denizli Province (SW Türkiye)

Mehmet Özkul[*1], Arzu Gül[1], Barış Semiz[1], Tamer Koralay[1], Savaş Topal[1], Ali Gökgöz[1], Hülya Özen[1], Hüseyin Erten[1], Mete Hançer[1], Halil Kumsar[1]

Pamukkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Kınıklı 20017 / Denizli, Türkiye

• Geliş/Received: 01.10.2024 • Düzeltilmiş Metin Geliş/Revised Manuscript Received: 31.12.2024 • Kabul/Accepted: 02.01.2025
• Çevrimiçi Yayın/Available online: 24.01.2025 • Baskı/Printed: 31.05.2025
Araştırma Makalesi/Research Article *Türkiye Jeol. Bül. / Geol. Bull. Turkey*

Öz: Güneybatı Anadolu'da 12.134 km^2'lik yüzölçüme sahip Denizli ilinin jeoçeşitliliği oldukça fazladır. Ondokuz ilçeye yayılmış olan ilin jeoçeşitliliği, yaşlıdan gence doğru Menderes Masifi, Likya Napları, Oligosen Molası, Neojen karasal istifleri, Neojen volkanitleri ve Kuvaterner oluşumları içinde dağılım gösterir. Buldan İlçesi çevresinde bulunan Menderes Masifi'nin gnaysları ve beraberindeki şistler muhtemelen hem bölgenin hem de Türkiye'nin en yaşlı kayaçları arasındadır. Yerleşimleri özellikle Geç Kretase-Eosen döneminde gerçekleşen Likya Napları içindeki Geç Triyas karbonat-evaporit dilimi ildeki ender yüzeylemelerden birisidir. Öte yandan nap yerleşimlerinin devam ettiği geç Oligosen döneminde KD-GB uzanımlı bir havzayı dolduran molas istifleri ilde oldukça yaygındır. Mart 2024'de Denizli Oligosen Molası, Türkiye'nin İlk 100 Jeositi arasında yerini almıştır.

Denizli Havzası'nın Neojen çökel dolgusu kendine özgüdür ve Batı Anadolu'daki diğer graben dolgularından farklı özellikler taşır. Bu farklı özelliklerden birisi Paratetis molusk faunası barındırmasıdır. Neojen-Kuvaterner dönemi jeoçeşitlilik unsurları, havza dolguları, horst-graben yapıları ve normal faylar, açılma çatlakları ve bunları ortaya çıkaran genişleme tektoniği ile yakından ilişkilidir. Özellikle Kuvaterner'de kanyonlar, mağaralar, heyelanlar, jeotermal alanlar, sıcak su kaynakları, çeşitli traverten oluşumları, göller ve sulak alanlar jeoçeşitlilikte öne çıkmaktadır. Göller arasında en önemlisi kapalı bir havza olan Acıgöl'dür. Denizli'nin jeoçeşitliliğinde en önde gelen Pamukkale Travertenleri IUGS tarafından Dünya'nın İlk 100 Jeolojik Miras Alanı arasında gösterilmiştir. Yine *Homo erectus* bulgusunu barındıran 'Denizli Traverteni' Uluslararası Jeoloji Bilimleri Birliği-IUGS tarafından Ağustos 2024'te küresel mirastaş olarak onaylanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Denizli, jeoçeşitlilik, jeolojik miras, jeosit, Pamukkale, traverten.

Abstract: *Denizli province, with a surface area of 12,134 km^2 in southwestern Anatolia, Türkiye, has high geodiversity. The geodiversity of the province, which is spread over nineteen regions, is distributed from old to young within the Menderes Massif, Lycian Nappes, Oligocene Molasse, Neogene continental deposits, Neogene volcanics and Quaternary formations. The gneisses and accompanying schists of the Menderes Massif located near the Buldan District are probably among the oldest rocks in both the region and Türkiye. The Late Triassic carbonate-evaporite nappe slice within the Lycian Nappes, emplaced during the Late Cretaceous-Eocene period, is a rare outcrop. Molasse successions filling NE-SW trending basins during the late Oligocene period, when nappe emplacements continued, are quite common in the province. In March 2024, the Oligocene molasse was designated among the First 100 Geological Heritage Sites of Türkiye.*

The Neogene sedimentary fill of the Denizli Basin is unique and has different characteristics compared to other graben fills in Western Anatolia. One of these characteristics is that it contains Paratethyan mollusc fauna. The

Yazışma / *Correspondence:* mozkul@pau.edu.tr
© 2025 JMO Her hakkı saklıdır/All rights reserved

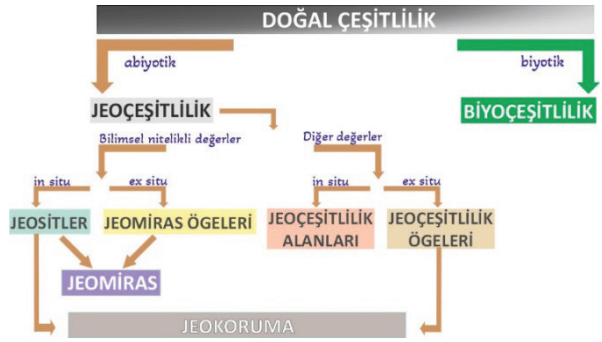
geodiversity elements of the Neogene to Quaternary period are closely related to basin fills, horst-graben structures, normal faults, extensional fractures and the extensional tectonics that gave rise to them. Particularly, canyons, caves, landslides, geothermal areas, hot springs, a wide variety of travertine formations, lakes and wetlands stand out in the geodiversity from the Quaternary. The most important lake is Acıgöl, which is a closed basin. Pamukkale Travertines, the most prominent geodiversity element in Denizli, were listed among the First 100 Geological Heritage Sites of the World by the International Union of Geological Sciences. 'Denizli Travertine', which also contains Homo erectus finds, was approved as a global heritage stone by the union in August 2024.

Keywords: *Denizli, geodiversity, geological heritage, geosite, Pamukkale, travertine.*

GİRİŞ

Doğal çeşitliliği, temel olarak yerkürenin canlı (biyotik) ve canlı olmayan (abiyotik) unsurları üzerinden incelemek mümkündür. Buna göre, doğanın canlı kısmı biyoçeşitliliğin, canlı olmayan kısmı jeoçeşitliliğin konusunu teşkil eder (Brilha, 2016). Birleşmiş Milletler Biyolojik Çeşitlilik Sözleşmesi'ni 22 Mayıs 1992 tarihinde imzalamış ve bu tarih *'Uluslararası Biyoçeşitlilik Günü'* olarak kabul edilmiştir. Bundan 28 yıl sonra 2021'de UNESCO'nun 41. Genel Kurulunda 6 Ekim tarihi *'Uluslararası Jeoçeşitlilik* Günü' ilan edilmiş ve bu tarihten itibaren konuyu gündemde tutmak ve toplumda yerbilimleri ve jeolojik miras konusunda farkındalık oluşturmak amacıyla her yıl çeşitli etkinlikler düzenlenmektedir.

Mineral, kayaç, istif, fosil topluluğu, yer şekli, yapı, doku, arazi parçası vb. jeoçeşitliliğin ilk akla gelen örneklerinden bazılarıdır. Jeoçeşitliliğin önemi uluslararası, ulusal ya da bölgesel ölçekte olabilir (Brilha, 2016; Kazancı vd., 2015, 2017; Köroğlu ve Kandemir, 2019). Jeoçeşitlilik unsurları, üzerinde yaşadığımız 4,6 milyar yıl yaşındaki Yerküre'nin başlangıçtan günümüze nasıl bir değişim geçirdiği, nasıl bir işleyişe ve yapıya sahip olduğunu anlamamıza yardımcı olan veriler/ipuçlarıdır. Dolayısı ile yok edildiklerinde bir daha yerlerine konulmaları mümkün değildir. Jeoçeşitlilik unsurlarının bilimsel değeri, yerkürenin iç dinamikleri ile biyosfer, hidrosfer ve atmosfer gibi gezegenin diğer sistemleriyle nasıl bir etkileşim içinde olduğuna dair mevcut ve gelecekteki bilgileri barındırmadaki önemiyle doğrudan ilişkilidir (Brilha, 2016).



Şekil 1. Doğal çeşitlilik, biyoçeşitlilik, jeoçeşitlilik, jeomiras ve jeokoruma kavramları arasındaki ilişkiler. Yüksek değer taşıyan jeoçeşitlilik unsurları, belirlenen jeokoruma stratejilerinin uygulanmasıyla yönetilmelidir (Brilha, 2016, Şekil 1'den değiştirilmiştir).

Figure 1. *Relationships between the concepts of natural diversity, biodiversity, geodiversity, geoheritage and geoprotection. Geodiversity elements with higher value should be managed through the implementation of defined geoprotection strategies (modified from Brilha, 2016, Figure 1).*

Bugüne kadar yapılan çalışmalar jeoçeşitlilik, jeolojik miras, jeosit ve jeokoruma konusunda birçok kavramın ve tanımın ortaya çıkmasına yol açmıştır. Jeolojik miras (kısaca jeomiras) olarak kabul edilen, Yer tarihini anlama ve ortaya koymada anahtar rol oynayan yerler, insan faaliyetleri nedeniyle yok olma ya da tahrip olma tehdidi altındadırlar. O nedenle, başta yerbilimciler olmak üzere, diğer bilim insanlarına ve doğaya karşı duyarlı tüm toplum kesimlerine büyük sorumluluk düşmektedir (Brilha, 2016; Kazancı vd., 2017).

ProGEO *(European Association for the Conservation of Geologial Heritage)*, yerbilimlerinin bütün alanlarını kapsayacak şekilde, jeositleri on ayrı kategori veya grup içinde toplamıştır (ProGeo Group, 1998). Bu katergoriler/gruplar (a) stratigrafik, (b) ortamsal, (c) volkanik-metamorfik-tortul petroloji, dokular ve yapılar, olaylar ve provensler, (d) mineralojik, ekonomik, (e) yapısal, (f) jeomorfolojik yapılar, aşınma-depolanma süreçleri, yer şekilleri, arazi görünümleri, (g) göktaşlarına ilişkin olaylar, (h) kıta ve okyanus ölçeğindeki olaylar, levha ilişlkileri, (i) deniz altı ve (j) tarihi ve kültürel jeositlerdir. Gruplamanın en önemli yararı, aynı çatı altına çok sayıda jeosit dahil etmek, diğer bir yararı ise jeositleri ülkeler arasında birbirleriyle karşılaştırma ortamının hazırlanmış olmasıdır. Bu kapsamda her ülke sahip olduğu jeositlerini gruplandırarak çatı listeler oluşturmaktadır. Çatı liste uygulaması, aynı grup veya kategori içinde bulunan jeositleri ortak niteliklerine göre bir araya getirme girişimidir (Brilha vd., 2005). Türkiye'de de çatı liste oluşturma çalışmalarının yapılmakta olduğu bilinmektedir (Kazancı vd., 2015).

Jeolojik mirasın yüksek bilimsel değeri olan ve yerli yerinde (in situ) duran bileşenleri *'jeolojik sit (jeosit)'* olarak kabul edilir. Ancak bazı jeomiras unsurları bilimsel değeri yüksek olmakla birlikte yerinde değildir. Örneğin bazı mineral, kayaç ve fosil grupları sergi ve araştırma amacıyla doğa tarihi ve/veya jeoloji müzelerinde ve üniversite koleksiyonlarında yer almıştır.

Son yıllarda bazı illerin jeolojik mirası, yapılan çalıştaylarda ele alınmaktadır. Bunlar arasında İzmir, Adana (Nazik vd., 2021) ve Denizli'de (Gül ve Özkul, 2022) yapılan çalıştaylar sayılabilir. Bu çalıştaylar dışında başta Türkiye Jeoloji Kurultayları olmak üzere yerbilimleri alanında düzenlenen toplantılarda illerin jeolojik mirası ele alınmaktadır.

Güneybatı Anadolu'da Denizli ilinin yüzölçümü yaklaşık 12.134 km²'dir. Bu alanda idari yönden 19 ilçe bulunmaktadır. Bu çalışmanın amacı, Denizli ilinin ulusal, ulslararası ve bölgesel ölçekte öne çıkan jeoçeşitliliğini, jeolojik mirasını ve jeositlerini tanıtmak ve değerlendirmektir.

JEOLOJİK KONUM

Denizli bölgesinde yüzeyleyen kaya birimleri Paleozoyik'ten Kuvaterner'e geniş bir jeolojik zaman aralığına yayılmıştır (Şekil 2). Bölgenin en yaşlı birimleri güneyde Honaz Dağı (2571 m) ve Babadağ (2308 m), kuzeyde Çökelez Dağı (1840 m) ve batıda Buldan'ın yüksek kesimlerinde yüzeylemiş olan Menderes Masifi'nin gnays, şist ve mermer gibi metamorfik kayaçlarıdır (Erdoğan ve Güngör, 2004; Koralay vd., 2012).

Menderes Masifi üzerine Likya Napları olarak bilinen kaya birimleri gelir (Şekil 2). Bir dizi allokton kaya biriminden oluşan Likya Napları, KB'da Menderes Masifi ile GD'da Beydağları otoktonu arasında uzanır. Nap birimleri kuzeydeki Neotetis Okyanusu'nda oluşmuş ve Geç Kretase-Erken Senozoyik zaman aralığında güneydoğuya doğru taşınarak farklı bölgelere yerleşmiştir (Collins ve Robertson 1999, 2003). Denizli bölgesinde bu kayaç grubu, ofiyolitik melanj ve yaşları Triyas'tan Eosen'e kadar değişen farklı karbonat (kireçtaşı, dolomitik kireçtaşı, dolomit) ve evaporit birimlerinden oluşur (Gündoğan vd., 2008). Likya Napları Menderes Masifi üzerine tektonik bir dokanakla yerleşmiştir (Şekil 2).

Batı Anadolu'da, Oligosen yaşlı molas istifi Menderes Masifi ve Likya Napları arasında, güneybatıda Datça'dan (Muğla) kuzeydoğuda Dinar-Dazkırı'ya (Afyonkarahisar) kadar uzanan bir havzada depolanmıştır (Sözbilir, 2005; Elmas vd., 2019). Oligosen molas havzası ve alt havzaları (Kale-Tavas, Denizli, Çardak-Tokça ve Dazkırı alt havzaları) (Şekil 2) sığ denizel ve karasal (alüvyal ve akarsu) tortullar ile doldurulmuştur (Ilgar vd., 2024). Bunlar arasında Kale-Tavas alt havzası gerek jeolojisi gerekse ekonomik kömür damarları

içermesi nedeniyle dikkat çekicidir (Karayiğit vd., 2020).

Neotektonik dönemde (Geç Miyosen ve sonrası) Batı Anadolu, genişleme tektoniği etkisinde kalmış, buna bağlı olarak bölgede çok sayıda horst-graben yapıları ortaya çıkmıştır (Koçyiğit, 2005). Batı Anadolu'daki grabenlerden birisi olan Denizli Havzası/Grabeni (=Çürüksu Grabeni), genişlemenin en fazla olduğu grabenlerden birisidir (Altunel ve Hancock, 1993; Kaymakçı, 2006; Van Noten vd., 2019). Söz konusu grabenler, genellikle alüvyon, göl ve akarsu çökelleri gibi karasal çökellerle doldurulmuştur (Alçiçek vd., 2007). Ancak her havza dolgusu kendine has özellikler taşır. Örneğin, kuzey Ege'de karasal depolanmaya yer yer volkanizma da eşlik etmiştir. Bazı graben dolguları ekonomik kömür (İnci, 1998), bor (Helvacı, 1995) ve diğer evaporit çökelleri içerir.

Denizli, depremsellik ve jeotermal kaynaklar bakımından da önemlidir ve 1. Derece deprem kuşağında yer alır. Gerek tarihsel ve gerekse aletsel döneme ait deprem izlerine rastlamak mümkündür (Piccardi, 2007; Kaypak ve Gökkkaya, 2012; Kumsar vd., 2016a). Kızıldere Jeotermal sahası Türkiye'nin ilk jeotermal sahasıdır (Şimşek, 2003). Kızıldere dışında Tekkehamam, Yenice, Gölemezli, Pamukkale ve Karahayıt Denizli'nin başlıca jeotermal sahalarıdır (Kele vd., 2011; Alçiçek vd., 2016a, b, 2018).

İLİN JEOÇEŞİTLİLİĞİ ve ÖNEMLİ JEOSİTLERİ

Denizli'de jeoçeşitliliğin (jeositler ve temas noktaları/ilgi noktaları) il genelindeki dağılımı Şekil 3'de verilmiştir. Paleozoyikten günümüze geniş bir zaman aralığında dağılmış olan jeositler yaşlıdan gence doğru ele alınmıştır. Ayrıca, her jeositin metin içinde Türkiye Jeositleri Çatı Listesi'nde (Kazancı vd., 2015) yer aldığı grup belirtilmiştir.

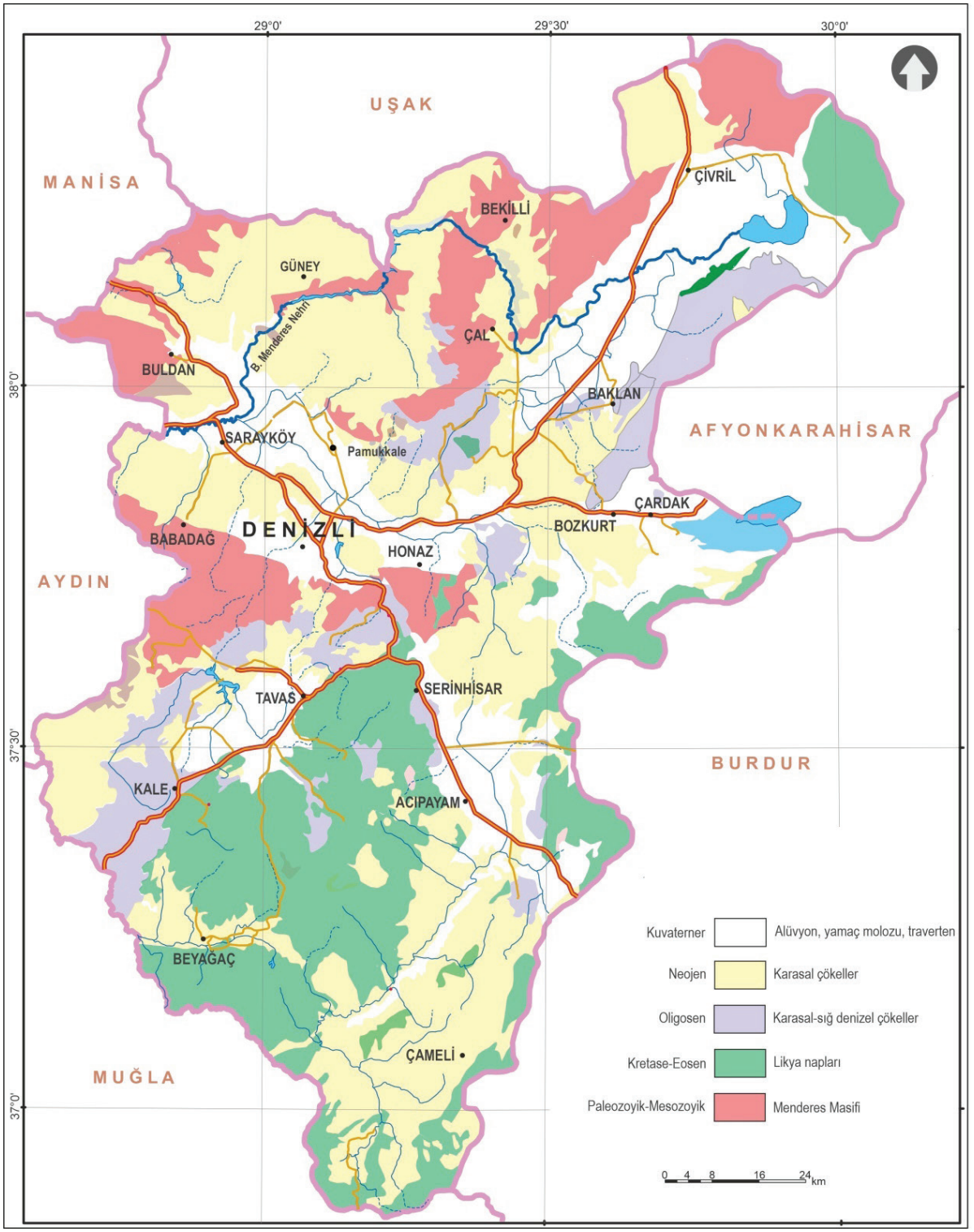
Menderes Masifi

Menderes Masifi Batı Anadolu'da en geniş yayılıma sahip kayaç gruplarından birisidir (Şekil 4) (Koralay vd., 2004; İnaner vd., 2019). Masif güneydoğudan Likya Napları, kuzeybatıdan Bornova Fliş Zonu (Şekil 4) ve kuzeydoğudan Afyon Zonu ile çevrelenmiştir. Denizli yöresinde Menderes masifi, daha çok ilin kuzeybatısında Buldan yöresinde (Şekil 2), güneyde Babadağ, Honaz Dağı ve kuzey-kuzeydoğuda Çal-Bekilli yörelerindeki yüksek dağlık-tepelik alanlarda yüzeyler (Okay, 1989; Gökgöz, 2004). Masif il sınırları içinde gnays ve örtü birimlerini oluşturan değişik metamorfik şist ve mermerlerle temsil olunur *(Türkiye Çatı Listesi, Grup C)*.

Menderes Masifi'nde, son yıllarda yapılan çalışmalarda homojen Bozdağ şistleri içindeki amfibol ve asidik damar kayalarından 611-632 milyon yıllık yaşlar elde edilmiştir (Koralay vd., 2022). Bu yazarlar, bu tür yaşların Denizli'de Babadağ'dan da alınabileceğini belirtilmişlerdir. Yazarlara göre bu yaş verileri, söz konusu kesiksiz istifin ilksel çökelim yaşının ~630 my'dan daha yaşlı olduğunu göstermektedir. Tüm bu yaşlar göz önüne alındığında, Türkiye'de şu ana kadar bilinen en yaşlı kayaçların Menderes Masifi'nde gözlendiği söylenebilir (Koralay vd., 2022).

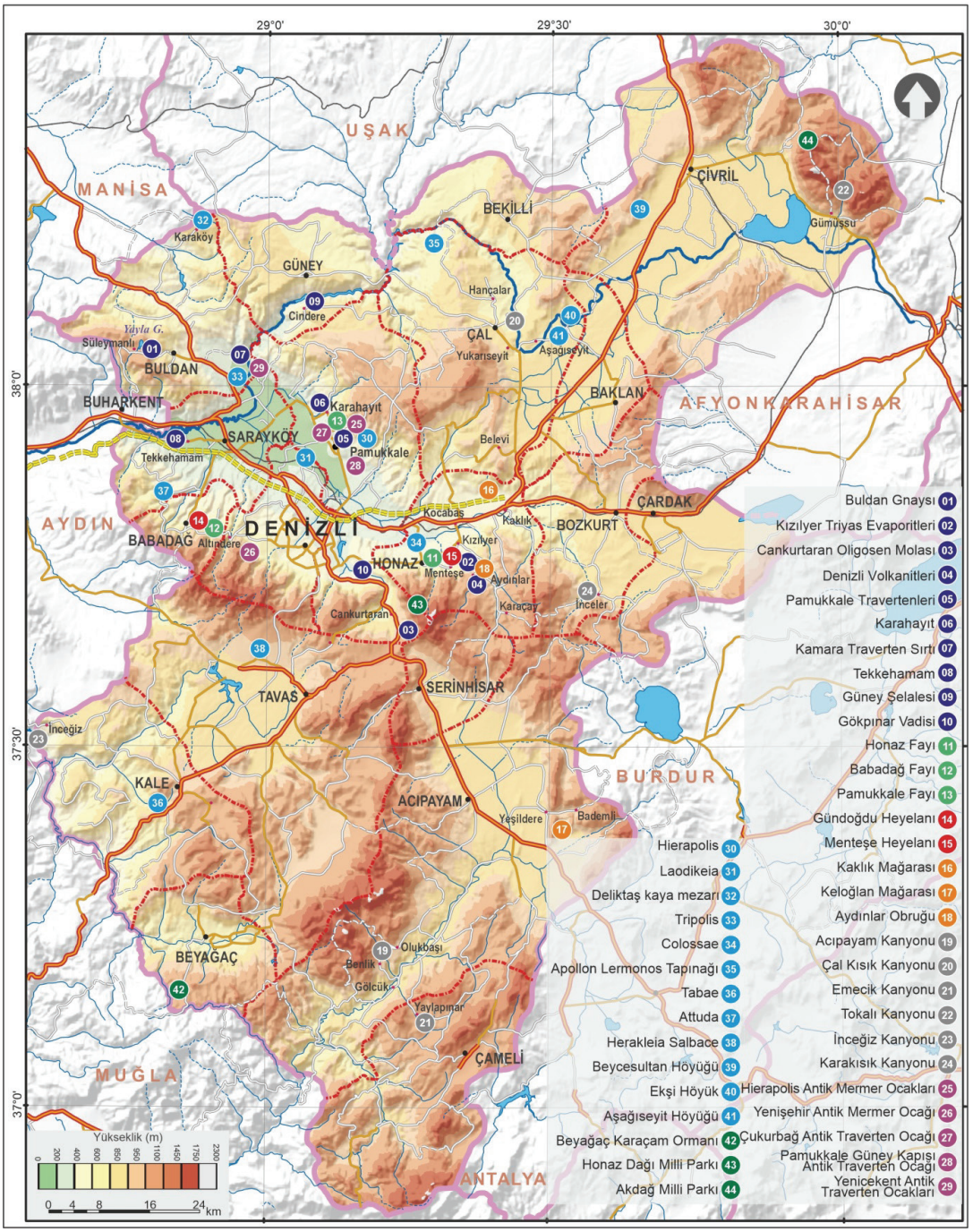
Buldan Gnaysı

Buldan ilçesinin batı-kuzeybatı kesimlerinde, Menderes Masifi'nin Çine Grubu'na ait Prekambriyen yaşlı gnayslar yüzeyler (Şekil 4). Gnayslar iri taneli ve iki mikalı, bazı yerlerde aplit ve amfibolit bantları ve pegmatoid damarları içerir. Feldispat gözlerinin gelişi güzel dağılım gösterdiği benekli gnayslar, bantlı gnayslar ve ince taneli biyotit gnayslardan oluşmaktadır (Şekil 5) (Gökgöz, 2004). Buldan metamorfitleri'nde ilçe merkezinden Süleymanlı Yaylagölü'ne çıkan yolda, ilin en yaşlı kayaçlarının (gnayslar) temsil edildiği yol yarması/lokasyon *'temas noktası'* olarak belirlenmiştir (Şekil 3, No. 01).



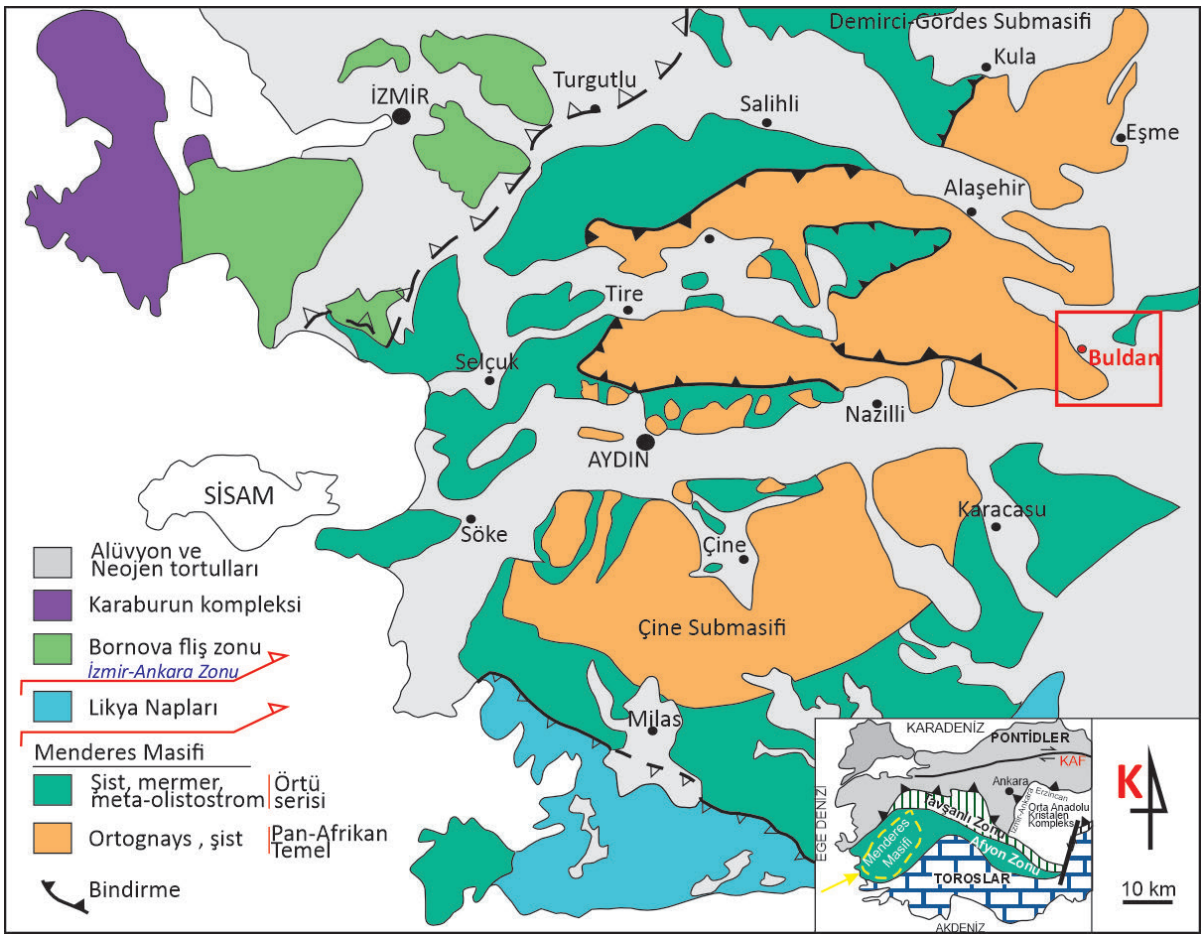
Şekil 2. Denizli ilinin basitleştirilmiş jeolojik haritası.

Figure 2. *Simplified geological map of the Denizli province.*



Şekil 3. Denizli'de jeoçeşitliliğin il genelindeki dağılımı. 1-10: Jeolojik sitler, 11-13: Tektonik jeositler, 14, 15: Heyelanlar, 16-18: Karstik yapılar (mağaralar, obruklar), 19-24: Kanyonlar, 25-29: Antik traverten ve mermer ocakları, 30-41: Kültürel jeositler (antik kentler ve höyükler), 42-44: Ekolojik jeositler (milli parklar, anıt ağaçlar).

Figure 3. *Distribution of Denizli geosites throughout the province. 1-10: Geological sites, 11-13: Tectonic geosites, 14, 15: Landslides, 16-18: Karst structures (caves, sinkholes), 19-24: Canyons, 25-29: Ancient travertine and marble quarries, 30-41: Cultural geosites (ancient cities and mounds), 42-44: Ecological geosites (national parks, monumental trees).*



Şekil 4. Batı Anadolu'da Menderes Masifi'nin konumunu ve yayılımını gösteren basitleştirilmiş jeoloji haritası (Koralay vd., 2004, Şekil 2'den değiştirilmiştir).

Figure 4. *Simplified geological map showing the location and extent of the Menderes Massif in Western Anatolia (modified from Koralay et al., 2004, Figure 2).*

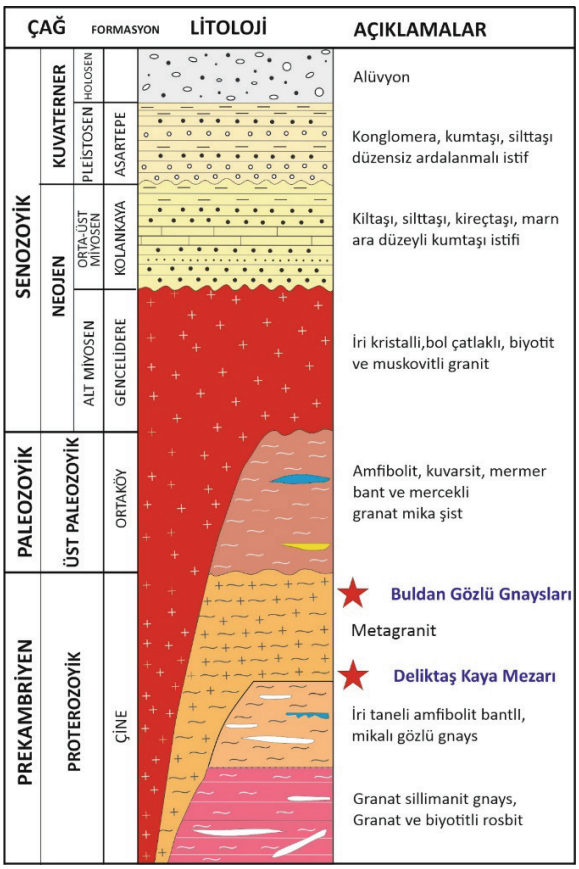
Gnaysların üzerine uyumsuz olarak düşük dereceli metamorfik kayaçlardan oluşan çeşitli şistler (Ortaköy Formasyonu) gelmektedir (Şekil 5). Şistler kuvarsit, mermer, amfibolit bantları ve mercekleri içermektedir. Alt düzeylerde granat-mika şistler gözlenirken, üste doğru mika şistlere geçilmektedir (Gökgöz, 2004).

Deliktaş Kaya Mezarı

Menderes Masifi'ndeki ikinci temsilci nokta (Şekil 3, No. 32), Buldan ilçesinin 38 km kuzeyindeki Karataş Mahallesi'nde bir gnays bloğuna kazılmış Deliktaş Kaya Mezarı'dır. Kaya mezarı 7 m yüksekliğinde, 4 m genişliğinde bir gnays bloğuna oyulmuştur (Şekil 6).

Kültürel bir jeositi temsil eden Deliktaş kaya mezarı daha önce yapılan Denizli Kültür Envanteri çalışmalarında (Yalçın vd., 2004) kaynak verilmeden Frig Dönemine tarihlendirilmiştir (Şimşek ve Özdemir, 2019). Eldeki veriler ışığında genel bir değerlendirme yapıldığında, mezarın zemin seviyesinden yüksekte küçük boyutlu bir giriş kapısı, normal oda boyutundan daha küçük mimari yapısı, detayların yüzeysel işlenişi, beşik çatılı olması, iki yataklı mezar odası ve ortasında

ok şeklinde dikmesi bulunan üçgen alınlıklı cephe düzenlemesi ile Dağlık Frigya nekropollerindeki I. Grup mezarlarla benzerdir. Bu nedenle Deliktaş Kaya Mezarı'nın şimdilik kaydıyla MÖ 8-7. yüzyıla denk düştüğü söylenebilir (Şimşek ve Özdemir, 2019).



Şekil 5. Buldan çevresinde Menderes Masifi'nin stratigrasi ve Buldan Gnaysları ve bunları kesen Miyosen granitleri (Gökgöz, 2004'ten değiştirilmiştir.)

Figure 5. *Stratigraphy of the Menderes Massif, Buldan Gneisses and Miocene granites cutting them around Buldan (modified from Gökgöz, 2004).*

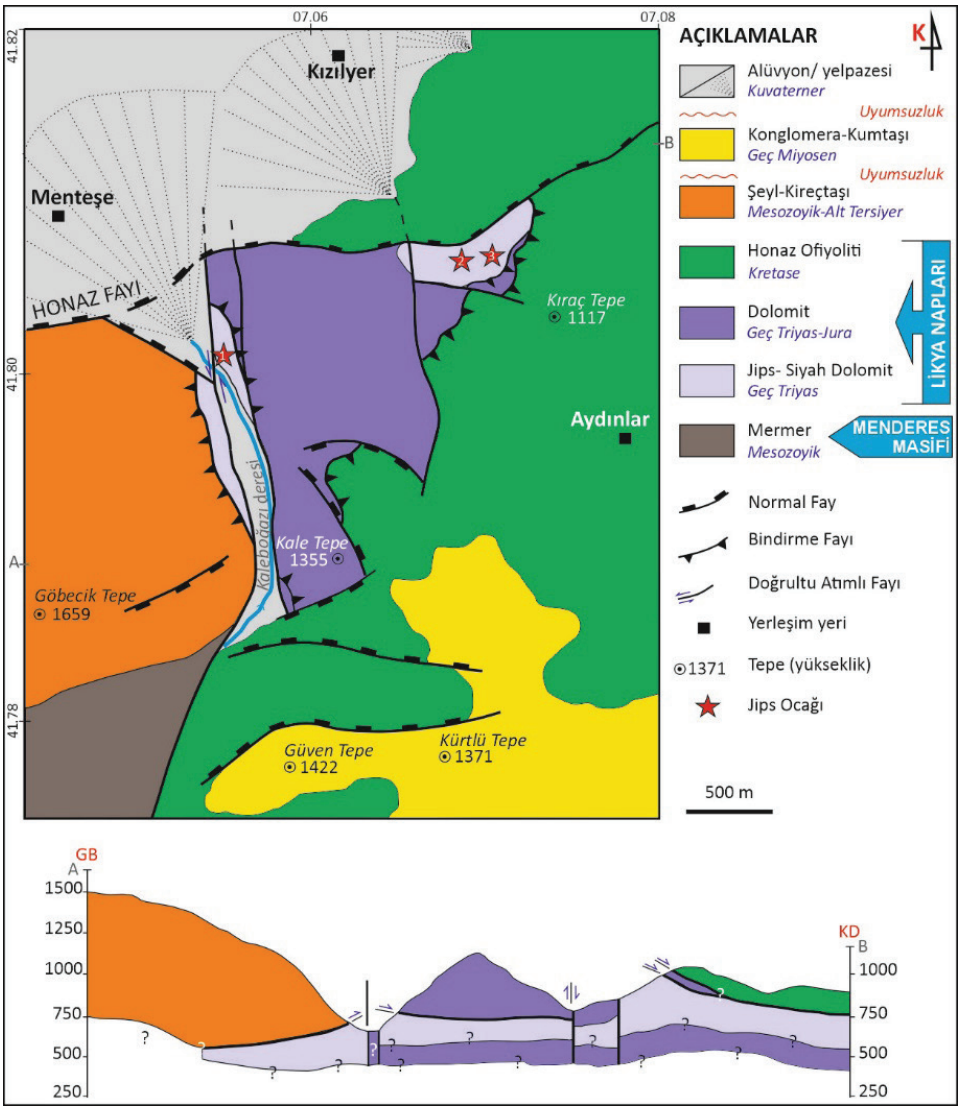
Şekil 6. Buldan, Karaköy Mahallesi'nde gnays bloğunda açılmış *'Deliktaş Kaya Mezarı'* (foto: Mehmet Özkul).

Figure 6. *'Deliktaş Rock Tomb' carved in a gneiss block in the Karaköy neighbourhood, Buldan (photo: Mehmet Özkul).*

Kızılyer Triyas Evaporitleri

Honaz ilçesinde Kızılyer Mahallesi güneyinde yer alan Triyas döneminde oluşmuş evaporitler, Honaz Fayı'nın güneydoğusunda, taban bloğunda yer alır (Şekil 7). Evaporit oluşumları Likya Napları içindeki dolomit ve kireçtaşı gibi karbonat kayaçlarla birlikte dilimler halinde bulunur. Önceki çalışmalarda evaporit (jips) içeren birim 'Kaleboğazı Formasyonu' olarak adlandırılmıştır. Evaporitler ve birlikte bulunduğu nap dilimleri Menderes Masifi üzerine bindirme ile yerleşmiştir (Okay, 1989; Akgün ve Sözbilir, 2001). Jips içeren istif, beyaz-gri masif jips, siyah dolomitik kireçtaşı ve kireçtaşı seviyelerinin

ardalanmasından oluşur (Şekil 8). Yüzeyde görülen jipsler daha önce var olan anhidritlerin su alması sonucu meydana gelmiş ikincil jipslerdir. Tipik olarak anhidrit mineral kalıntıları içeren porfiroblastik ve alabastrin dokular gösterirler (Gündoğan vd., 2008). Çatlaklarda elementer kükürt oluşumları gelişmiştir (Alçiçek vd., 2003). Önceki çalışmalarda herhangi bir fosil bulgusu elde edilememiş, dolayısı ile sağlıklı yaş verilememiştir. Ancak daha sonra yapılan $^{87}Sr/^{86}Sr$ ve $\delta^{34}S$ izotop analizlerine göre evaporitlerin Geç Triyas yaşlı olabileceği belirtilmiştir (Gündoğan vd., 2008). İstif, kıyıya yakın gel-git bölgesinin nispeten korunaklı alanlarında, tropikal-kurak iklim şartlarında çökelmiştir (Alçiçek vd., 2024).



Şekil 7. Geç Triyas karbonat-evaporit istifinin (Kaleboğazı Formasyonu) yüzeylediği Kızılyer ve Menteşe (Honaz) mahalleleri ve çevresinin jeoloji haritası ve enine jeolojik kesiti (Gündoğan vd., 2008, Şekil 2'den değiştirilmiştir).

Figure 7. *Geological map and cross-section of the Kızılyer and Menteşe (Honaz) neighbourhoods and their surroundings, where the Late Triassic carbonate-evaporite sequence (Kaleboğazı Formation) crops out (modified from Gündoğan et al., 2008, Figure 2).*

Şekil 8. Aradalanma gösteren karbonat (siyah-koyu gri renkli) – evaporit (açık renkli) seviyelerinin yakından görünümü.

Figure 8. *Close-up view of intercalated carbonate (black-dark grey) - evaporite (light-coloured) levels.*

Kızılyer Triyas Evaporit Jeositi *(Grup a2)* (Şekil 3, No. 02), Neotetis Okyanusu'nun açılmaya başladığı Geç Triyas dönemini temsil eder. Öneri jeosit, Akdeniz kuşağı ya da Neotetis Okyanusuna özgü Geç Triyas yaşlı karbonat-evaporit oluşumlarının Türkiye'de en iyi gözlendiği yerdir. Bölgesel, ulusal ve uluslararası öneme sahip bu jeositin koruma statüsü olmadığından, yasal madencilik faaliyetleri (alçıtaşı üretimi) devam etmektedir. Ancak, işletmelerle yapılacak görüşmeler ve yapılacak bir protokolle sahanın uygun bir kısmı koruma altına alınarak jeosit olarak düzenlenmesi mümkün olabilir.

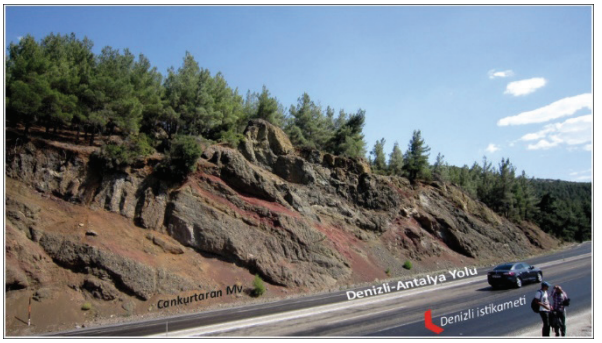
Oligosen Yaşlı Denizli Molası

Molas terimi, başlangıçta bir orojenezdeki yükselmenin son aşamasından sonra bir dağ kuşağının aşınmasıyla ortaya çıkan, esas olarak sığ denizel ve karasal istifleri tanımlamak için kullanılmıştır (Homewood vd., 1986). Molasın çoğunlukla post-tektonik değil, sintektonik olduğu, yükselme ve deformasyon devam ederken napların aşınması sonucu geliştiği artık açıktır (Allaby, 2008).

Denizli ilinin de yer aldığı GB Anadolu'da Oligosen molas çökellerinin yüzeylemeleri oldukça yaygındır (Şekil 2) ve bu çökeller üzerine son yıllarda çok sayıda çalışma yapılmıştır (Akgün ve Sözbilir, 2001; Büyükmeriç, 2017; Ilgar vd., 2024). Molas İstifi genel olarak karasal kaba kırıntılılar (alüvyal ve örgülü akarsu çökelleri), deltayik ve yer yer yama resifleri içeren sığ denizel çökellerden oluşur. Üst Oligosen (Şattiyen) yaşlı Kale-Tavas molas istifi önceki çalışmalarda Karadere ve Mortuma olmak üzere iki formasyona ayrılmıştır (Hakyemez, 1989). Üstte Akitaniyen yaşlı Yemişendere Formasyonu tarafından uyumsuz olarak örtülür (Akgün ve Sözbilir, 2001; İslamoğlu ve Hakyemez, 2010).

Cankurtaran Molas Jeositi

Denizli Oligosen Molası *(Grup a2)*, Mart 2024'de belirlenen *'Türkiye`nin En İyi 100 Jeolojik Mirası ve Anahtar Jeolojik Alanları'* listesinde yer almıştır. Molas istifi, Denizli il merkezine 15 km mesafedeki Çukurköy Mahallesi, Cankurtaran Piknik Alanı (Şekil 3'de, 04 nolu nokta) ve Denizli-Muğla Karayolu boyunca çok iyi gözlenir ve kolayca ulaşılabilir bir konumdadır (Şekil 9). Söz konusu jeosit alanı Honaz Dağı Milli Parkı sınırları içinde kaldığından, korunan bir alandır. Kale-Tavas alt havzasına dahil edilen bu alanda daha çok istifin alt kısmını temsil eden Karadere Formasyonu'nun (Şattiyen) çakıltaşları ve bunlarla ardalanmalı kırmızı-kahverengi çamurtaşlarını görmek mümkündür (Şekil 9). Çakıltaşlarını oluşturan kaba taneler çoğunlukla Likya Napları'nın serpantin, peridotit v.b. koyu renkli ultrabazik kayaçlarından türemiştir. Yol yarmalarında ve doğal yüzeylemelerde kırmızı, bordo, kahverengi, gri ve yeşil tonların baskın olduğu bir renk harmonisi göze çarpar (Şekil 9).



Şekil 9. Denizli Oligosen molas istifi. Denizli-Tavas şehirlerarası D330 karayolu yolu, Cankurtan jeositi. Yol yarmasında yüzeylemiş çakıltaşları ve kırmızı şarabi renkli çamurtaşları (Karadere Formasyonu). Çakıltaşları büyük çoğunlukla Likya Napları'nın ultrabazik kayaçlarından türemiştir (foto: Mehmet Özkul).

Figure 9. *Denizli Oligocene molasse sequence on Denizli-Muğla road (D330), Cankurtan geosite. Conglomerates and red to wine coloured mudstones (Karadere Formation) exposed in the road cut. The conglomerates are mostly derived from ultrabasic rocks of the Lycian Nappes (photo: Mehmet Özkul).*

Denizli Karasal Neojen İstifi

Denizli karasal Neojen birimleri (Şekil 10) daha önceki çalışmalarda 'Denizli Grubu' olarak adlandırılmış ve alttan üste doğru Kızılburun, Sazak ve Kolankaya olmak üzere üç formasyona ayrılmıştır (Şimşek, 1984; Sun, 1990; Alçiçek vd., 2007). Kızılburun Formasyonu alüvyon yelpazesi ortamında depolanmış, ağırlıklı olarak çakıltaşı, kumtaşı ve silttaşından kuruludur. Üste doğru yer yer kömür damarları içeren, bataklık koşullarında çökelmiş çamurtaşı ve killi kireçtaşlarına geçer. İçerdiği paleomemeli topluluklarına göre birimin yaşı Erken Miyosen (MN5-6) olarak belirlenmiştir (Saraç, 2003). Üzerine uyumlu olarak yerleşen Sazak Formasyonu göl ortamında çökelmiş kiltaşı, silttaşı, killi kireçtaşı, kireçtaşı ve çörtlü kireçtaşlarından meydana gelmiştir. Bunların dışında jips, halit, jipsli çamurtaşı da gözlenir. Sazak Formasyonu'nun yaşı paleomemeli topluluklarına göre Orta Miyosen (MN6-8) olarak verilmiş olup (Saraç, 2003), üzerindeki Kolankaya Formasyonu ile uyumlu ve geçişlidir. Kolankaya Formasyonu çakıltaşı, kumtaşı, silttaşı ve kiltaşı aradalanmasından oluşur. Formasyona içerdikleri paleomemeli topluluklarına göre Geç Miyosen-Geç Pliyosen yaşı önerilmiştir (Saraç, 2003). Erten vd. (2014), Yenicekent dolayında yaptıkları çalışmada buldukları mikro memeli fosillerine göre (Şekil 11) Kolankaya Formasyonu'na orta-geç Miyosen yaşını önermişlerdir. Yukarı doğru kabalaşan bir istiflenme sunan birim, gölden karaya doğru bir sığlaşmayı yansıtır.

Denizli Havzası'nın Neojen çökel dolgusu kendine özgüdür. Bu yönüyle Batı Anadolu'daki diğer graben dolgularından farklı özelliklere sahiptir. Bu farklı özelliklerden birisi de Kolankaya Formasyonu'nun, havzanın bazı yerlerinde Geç Miyosen *'Paratetis Mollusk Faunası'* içermesidir (Wesselingh vd., 2008). Günümüzde bu faunanın kalıntılarına Hazar Denizi'nde de rastlanmaktadır

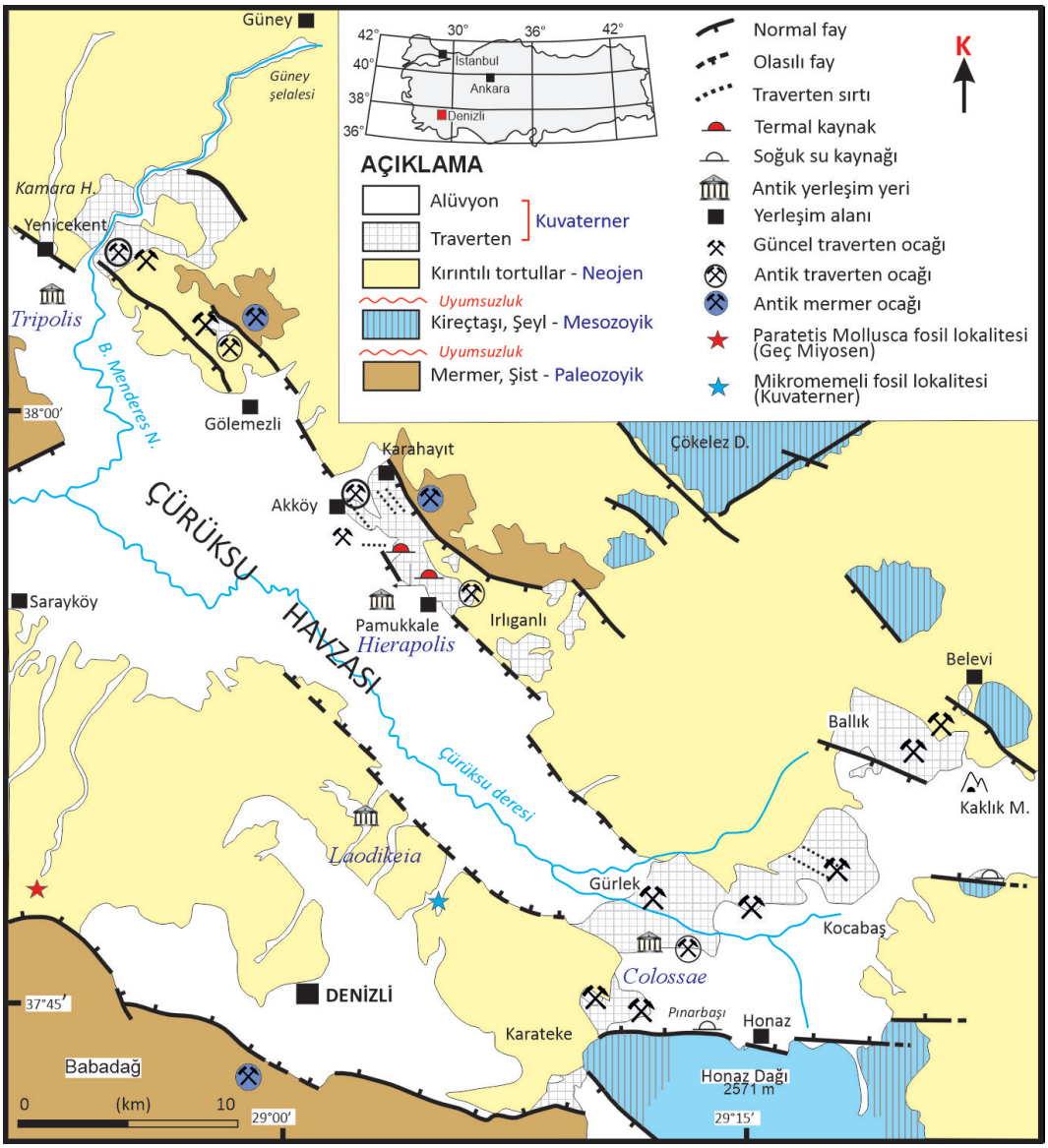
Paratetis faunası için potansiyel bir jeosit önermek gerekirse, bu Sarayköy-Babadağ arasındaki karayolu üzerinde ya da yola yakın bir nokta olabilir. Kesin lokalitenin belirtilmesi tahribata neden olabileceğinden, tam olarak açıklanmamıştır. Babadağ yakın çevresinde Paratetis faunasına ek olarak mikromemeli fosil lokaliteleri de işaretlenmiştir (Wesselingh vd., 2008).

Öte yandan, Denizli Havzası'nın kuzeyinde Güney ilçesi yakınlarında Kolankaya ve Ulubey formasyonları arasındaki dokanakta mikromemeli fosil lokalitesinden MN 9 yaşı elde edilmiştir (Erten vd., 2014).

Denizli Volkanitleri

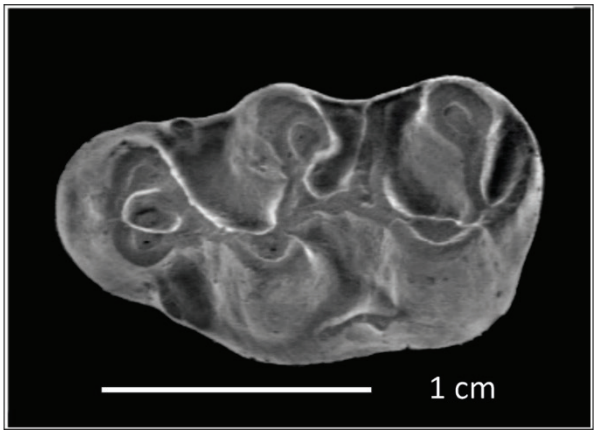
Batı Anadolu volkanik bölgesinin en güneyinde kalan Denizli Volkanitleri (Şekil 3, No. 04) *(Grup c)* yöredeki genç ve tek alkalen volkanik ürünler olarak karşımıza çıkmaktadır (Ercan vd., 1983). Volkanitlerin çoğu Honaz ilçe sınırları içinde, az

bir kısmı da Serinhisar ve Acıpayam ilçelerinde yer alır. Denizli volkanitlerinin en kuzey ucunda yer alan Aydınlar bölgesine ulaşım Denizli-Ankara karayolunun 25. km'sinden başlayan Kocabaş-Yatağan dağ yolunun 14. km'sinde Aydınlar'a ulaşılır. Volkanitler en kuzeyde Aydınlar Mahallesi (Honaz), ortada Kocapınar Mahallesi (Serinhisar) ve güneyde Yeşilyuva Mahallesi (Acıpayam) olmak üzere üç farklı alanda yayılım göstermektedir.



Şekil 10. Denizli Havzası'ndaki Neojen karasal tortullarının ve traverten sahalarının dağılımını gösteren jeoloji haritası (Sun 1990 ve Özkul vd., 2002, 2013'ten değiştirilmiştir).

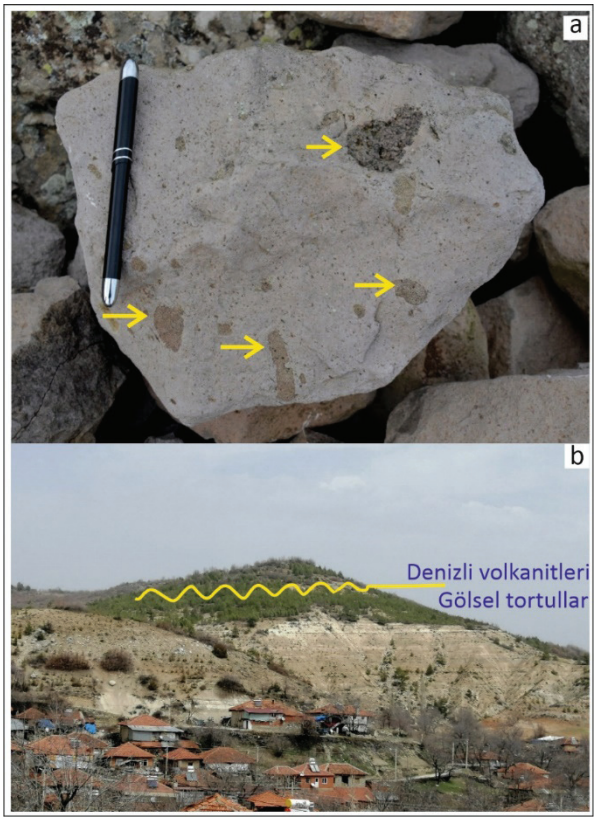
Figure 10. *Geological map showing the distribution of Neogene terrestrial sediments and travertine fields in Denizli Basin (modified from Sun 1990 and Özkul et al., 2002, 2013).*



Şekil 11. Yenicekent yakınlarında Kolankaya Formasyonu'nda bulunan bir mikro memeli fosili: *Megacricetodon yenicekentensis* M1, middle-late Miocene (Erten vd., 2014).

Figure 11. *A micromammal fossil found in the Kolankaya Formation near Yenicekent: Megacricetodon yenicekentensis M1, middle-late Miocene (Erten et al., 2014).*

Denizli Volkanitleri, bölgedeki genişleme rejimi ile uyumlu, küçük hacimli kütleler olup, lav akmaları ve dayklar şeklinde yerleşim gösterir. Yer yer Denizli Volkanitleri, yüksek $K_2O > 3$ %, $MgO > 3$ %, $K_2O/Na_2O > 1$ içerikli olup, egemen olarak potasik ve ultrapotasik kayaçlarla karakterize edilir (Semiz, 2003; Semiz vd., 2012). Radyometrik yaş verileri, gerçekleştirilen arazi bulguları ile uyumlu olup, volkanitler 7-4 my (Üst Miyosen-Alt Pliyosen) yaş aralığındadır (Elitez vd., 2018). Denizli Volkanitleri'nin yaşlarının kuzeyden güneye doğru gençleştiği ve volkanizma karakterinin de ayni yönde bazikleştiği görülmektedir. Ayni şekilde, volkanitlerin içerdikleri anklavların (Şekil 12a) bolluk dereceleri de kuzeyden güneye doğru azalmaktadır.



Şekil 12. Deniz Volkanitleri. **(a)** Volkanitlerde *'cognate'* anklavlar (oklar). Anklavların çevresine göre daha koyu renkli olduklarına dikkat ediniz, **(b)** Üst Miyosen-Pliyosen gölsel istifi üzerine uyumsuz olarak gelen Denizli volkanitleri, Kocapınar Mahallesi, Serinhisar (fotolar: Barış Semiz).

Figure 12. *Denizli Volcanics.* ***(a)*** *'Cognite' enclaves in a volcanic block (arrows). Note that the enclaves are darker in colour than their surroundings.* ***(b)*** *Denizli Volcanics unconformably overlying the Upper Miocene-Pliocene lacustrine sequence, Kocapinar neighbourhood (Serinhisar, photos: Barış Semiz).*

Aydınlar yöresi volkanik kayaçları piroklastik dokulu olup, mineralojik bileşimleri klinopiroksen, flogopit, apatit ve ortopiroksenden oluşmaktadır (Semiz vd., 2012). Volkanik kayaçlar içerisinde belirgin oranda çevresi ile ayni özellikteki anklavlar (*cognate inclusions*) yer almaktadır (Şekil 12a). SiO_2 içerikleri %55,99-56,26, K_2O %5,16-5,27, Mg %56,71-58,54, Cr

120-130 ppm, Ni 42-63 ppm arasında değerler göstermektedir (Semiz, 2003). K_2O/Na_2O %1,36-1,38 arasında değişmektedir. Bünyelerinde bulunan plajiyoklazın varlığından dolayı ve ayrıca Cr ve Ni içerikleri sebebiyle normal anlamda *'lamproit'* olarak düşünülmemektedir. Ayrıca, petrografi çalışmalarına ilaveten, jeokimyasal karakteristikleri kullanarak birimlere ait lav örneklerinin lamproitik affiniteli olduğu belirlenmiştir (Semiz vd., 2012).

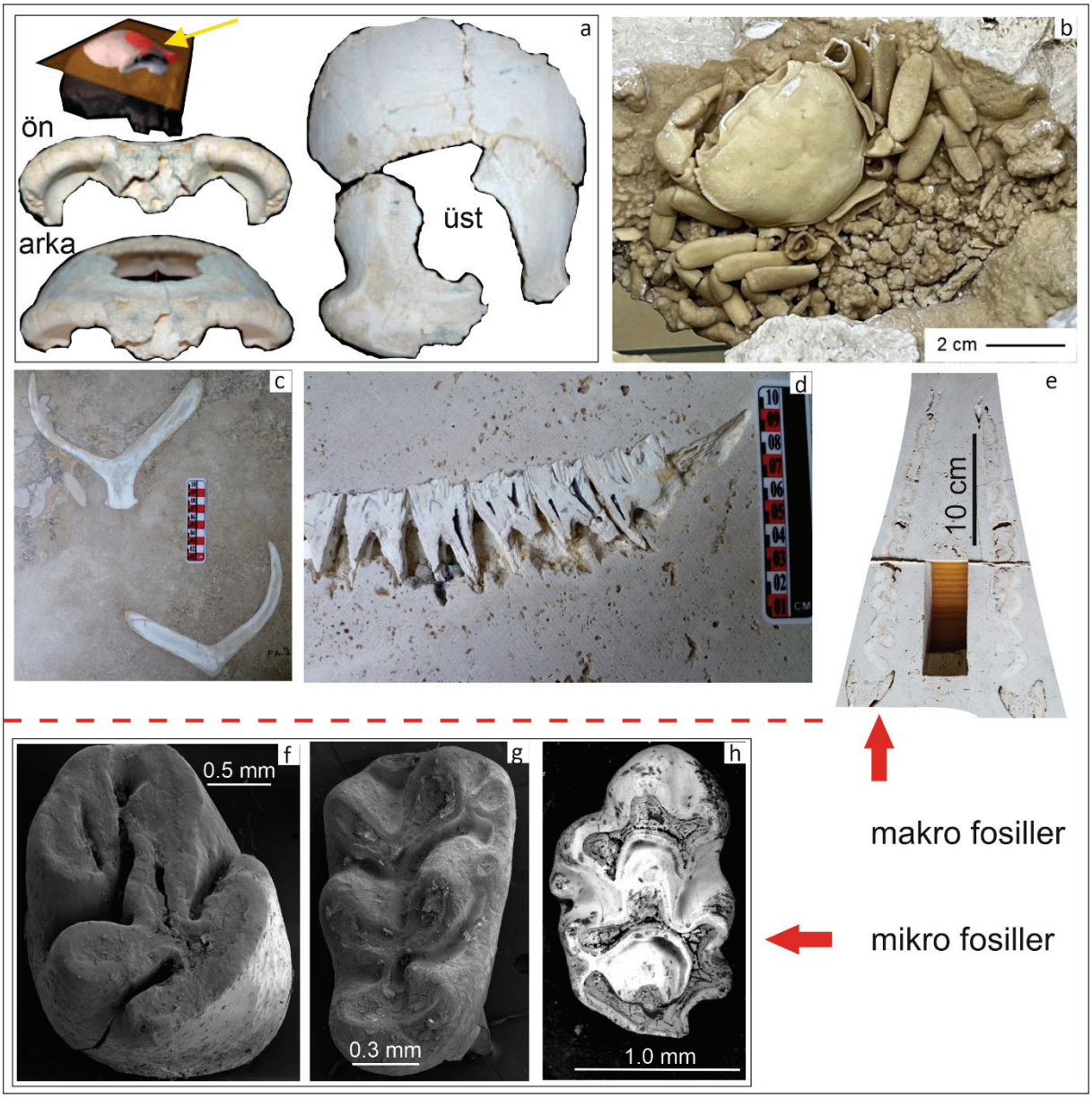
Aynı güzergâh üzerinden 18 km daha devam edildiğinde Kocapınar Mahallesi'ne ulaşılmaktadır. Kocapınar Mahallesindeki volkanik kayaçlar, alttaki Neojen yaşlı birimler üzerine uyumsuz olarak gelir (Şekil 12b) ve yer yer Neojen birimlerini kesen dayklar şeklinde yerleşimler gözlenir. Volkanik kayaçlar hiyaloplitik dokuda olup klinopiroksen, fonolit, manyetit ve az miktarda olivin içerdikleri belirlenmiştir. Yeşilyuva yöresindeki volkanitler diğerlerinden farklı olarak klinopiroksen, olivin ve flogopit içerirler.

Kuvaterner Fosil Bulguları

Kuvaterner'deki fosil bulguları travertenlerden ve akarsu çökellerinden elde edilmiştir. Traverten oluşumlarından, özellikle Ballık ocaklarından çok sayıda fosil bulgusu elde edilmiştir (Şekil 13a-e). İyi taşlaşmış olması nedeniyle, travertenlerden kazı yapılarak fosil bulunması zordur. Fosil bulguları daha çok, traverten ocaklarından çıkarılan blokların fabrikalarda yapılan kesim işlemleri sırasında elde edilmektedir. Traverten hızlı çökelen bir karasal karbonat kayacı olmasından dolayı, ölen hayvana ait kemikler çok hızlı bir şekilde $CaCO_3$ ile kaplanmakta ve hiç bozulmadan fosilleşmektedir. Bu nedenle bulunan fosiller müze kalitesinde olup, 1-2 milyon yıllık Anadolu omurgalı hayvan faunasına ışık tutmaktadır. Ayrıca bu travertenlerde bulunan *Homo erectus* (ayakta duran insanımsı) (Kappelman vd., 2008), Anadolu'da bulunan ilk örnektir (Şekil 13a). *Homo erectus* bulgusu 13 Mart 2024 tarihinden itibaren Denizli Kent Müzesi'nde sergilenmeye başlanmıştır. Bulunan diğer fosil bulguları üzerine yapılan çalışmalarda şimdiye kadar yengeç (Şekil 13b), geyik boynuzu - *Dama* sp. (Şekil 13c; Erten vd., 2005), Bison (*Bison* sp.), at (Equus aff. Suessenbornensis) (Şekil 13d), gergedan (Şekil 13e) (Pandolfi ve Erten, 2017), fil ve su aygırı fosilleri tanımlanmıştır. Tanımlanan bu fosillerden çoğu Kuvaterner döneminde Anadolu da ilk kez tanımlanan cins ve türlerdir.

Travertenler dışında, il merkezinin yakın KD'sundaki Gökpınar lokalitesinde akarsu çökellerinden Pleyistosen'e (MNQ18-19) karşılık gelen mikro memeli fosilleri bulunmuştur (Şekil 13f-h) (Erten vd., 2014, Erten, 2018).

Öte yandan, Denizli Havzası Kuvaterner dönemi yaygın traverten oluşumları ile bilinir. Bu yönüyle, Batı Anadolu'daki diğer Kuvaterner havzalarından ayrılır. Traverten oluşumları havzanın değişik kesimlerinde (Ör., Pamukkale, Karahayıt, Akköy, Ballık, Kocabaş, Gürlek, Aşağıdağdere, Karateke-Honaz, Yenice) irili ufaklı yüzeylemeler şeklinde görülür (Özkul vd., 2013). Traverten oluşumları bugüne kadar değişik amaçlarla ulusal ve uluslararası birçok çalışmaya konu olmuştur (Altunel ve Hancock, 1993; Özkul vd., 2002, 2013; Claes vd., 2015). *'Denizli Traverteni'* antik dönemde *'Lykus Vadisi'* olarak ta bilinen Çürüksu Havzası'nda, bulunan Hierapolis, Laodikeia, Tripolis ve Colasaae gibi kentlerin inşasında kullanılan başlıca yapı taşı olmuştur. M.Ö. 2. Yüz yıldan günümüze kadar kullanılmış ve halen kullanılmakta olan Denizli Traverteni, Uluslararası Jeolojik Bilimler Birliği - IUGS tarafından *'küresel miras*taş' olarak onaylanmıştır (URL 1; Özkul vd., 2024a).



Şekil 13. Kuvaterner fosil bulguları. Denizli Traverteni'nden elde edilen fosil bulguları: **(a)** *Homo erectus* bulgusundan değişik görüntüler (Kappelman vd., 2008, Şekil 2'den), **(b)** Yengeç fosili, Ballık traverten ocakları, Kaklık, **(c)** Geyik boynuzları (*Dama* sp.), **(d)** Horse teeth (Equus aff. Suessenbornensis), (Erten vd., 2005), **(e)** Gergedan çenesi ve dişleri (*Stephanorhinus hundsheimensis)* (Pandolfi ve Erten, 2017). Akarsu çökellerinden sağlanan fosil bulguları: **(f)** *Spalax denizliensis* alt m1 (Erten 2017), **(g)** *Mus denizliensis* alt m1 (Erten vd 2016) ve **(h)** *Extrarius orhuni* üst M1 (Erten 2016).

Figure 13. *Quaternary fossil findings. Fossils obtained from Denizli Travertine:* ***(a)*** *Different views of the Homo erectus finds (Kappelman et al., 2008, Figure 2),* ***(b)*** *Crab fossil, Ballık travertine quarries, Kaklık,* ***(c)*** *Deer antlers (Dama sp.)* ***(d)*** *Horse teeth (Equus aff. Suessenbornensis) (Erten et al., 2005),* ***(e)*** *Rhinoceros jaw and teeth (Stephanorhinus hundsheimensis) (Pandolfi and Erten, 2017). Fossil finds obtained from fluvial sediments:* ***(f)*** *Spalax denizliensis lower m1 (Erten, 2017),* ***(g)*** *Mus denizliensis lower m1 (Erten et al 2016) and (h) Extrarius orhuni upper M1 (Erten, 2016).*

Kuvaterner Traverten -Tufa Jeositleri

Pamukkale

Denizli'nin ve ülkemizin en fazla ilgi gören turizm destinasyonlarından birisi olan Pamukkale *(Grup d, Sıcak su karbonatları)* ve üzerine kurulmuş Hierapolis Antik Kenti (Özkul vd., 2024b), 1988 yılından bu yana UNESCO'nun Dünya Mirası Listesinde yer almaktadır. Ayrıca, *'Pamukkale Travertenleri'* 2022 yılında Uluslararası Yerbilimleri Birliği'nin belirlediği Dünya'nın İlk 100 Jeolojik Miras Alanı listesine de kabul edilmiştir (IUGS 2022). 2023 yılında 2.200.000'den fazla yerli ve yabancı turistin ziyaret ettiği bu miras alanını cazibe merkezi haline getiren, sahip olduğu doğal (jeolojik oluşumlar) ve kültürel varlıklardır. Pamukkale'nin kültürel mirası eşsiz traverten oluşumlarıyla bağlantılıdır.

Pamukkale'deki jeolojik çeşitlilik (Şekil 14a-f) başlıca termal kaynaklar, farklı traverten oluşumları (traverten terasları, kanal tipi travertenler (Şekil 14c) gibi yer şekilleri, antik traverten ocakları (Şekil 14d), tektonik yapılar (fay, açılma çatlakları ve traverten sırtları) ve deprem izlerinden oluşur (Altunel ve Hancock, 1993; Piccardi, 2007; Özkul vd., 2013, Brogi vd., 2014; Kumsar vd., 2016a; Scoon, 2021). Pamukkale'de sıcaklıkları ortalama 34,5 ºC ve toplam mineralizasyonu 2200 mg/l olan CO_2'ce zengin çok sayıda termal kaynak bulunur (Şimşek vd., 2000; Kele vd., 2011). Bunlar arasında Antik Havuz Kaynağı ve Jandarma Kaynağı (Şekil 14a) önde gelen kaynaklardır. Kaynak ağızlarında su ile birlikte gaz çıkışları da olmaktadır (Pfanz vd., 2018). Antik havuzda bir açılma çatlağı boyunca çıkan ve sıcaklığı 34,5 ºC civarında olan kaynak suyu akış yönünde havuz oluşturur, daha sonra traverten teraslarına doğru akışına devam eder.

Havuzdaki antik sütun ve yapıtaşı kalıntıları burada özel bir görünüm ortaya çıkarmıştır. Termal kaynaklar arasında turistlerin en çok ilgi gösterdiği bu antik havuzdur. Ziyaretçilerin ilgisini çeken diğer noktalar ve etkinlikler, traverten teraslarını seyretmek, eski yolda yukarıdan aşağı çıplak ayakla Kocaçukur'a doğru yürümek; tiyatro, agora, plütonyum, anıt mezar, hamam bazilika, anıtsal çeşme, halk tuvaleti v.b. traverten yapıtaşı kullanılarak inşa edilmiş antik dönem yapılarının oluşturduğu kültürel peyzajda dolaşmaktır.

M.Ö. 1. yy ile M.S. 3. yy arasında inşa edilen Plutonium (Şekil 14f) bir açılma çatlağından çıkan termal kaynak alanı üzerine kurulmuştur (D'Andria, 2003). Kaynak alanında önemli ölçüde CO_2 gazı da çıkmaktadır. Antik dönemdeki inanışa göre yapının altındaki mağara yeraltı dünyasına açılan bir kapıydı. Mağaraya giren ya da sokulan canlılar ve suçlular kısa sürede ölüyorlardı. Bunun nedeni aslında mağara içinde birikmiş CO_2 gazının öldürücü etkisinden başka bir şey değildi (D'Andria 2003; Pfanz vd., 2018).

Pamukkale jeotermal alanında, beyaz traverten teraslarının eteğinde bir açılma çatlağının doğu ucu yakınında Çukurbağ termal kaynağı bulunmaktadır. Bu kaynak, sıcaklığının (57,1 ºC) ve kimyasal bileşiminin Karahayıt termal sularına benzer olması açısından ilginçtir (Özkul vd., 2013).

Karahayıt

Karahayıt, Pamukkale beyaz traverten alanının 4,5 km kadar kuzeybatısında yer alır. Karahayıt yerleşim alanının batısında önceleri açılma çatlağından boşalan, ancak zamanla termal su basıncının düşmesi sonucu açılan sondajdan çıkan ~53 ºC'lık termal sular kırmızı renkli traverten *(Grup d)* oluşturur (Şekil 15a ve b). Bu nedenle halk arasında *'Kırmızı Su'* olarak bilinir (Şekil 15b). Bu kahverengi-kırmızı renk, aslında termal sudaki yüksek demir içeriğinden kaynaklanır. Yapılan çalışmalarda Karahayıt termal sularında toplam iyon miktarının 3.000 mg/l civarında olduğu ve Fe değerlerinin 0,33 ile 2,71mg/l arasında değiştiği ortaya konulmuştur (Kele vd., 2011; Alçiçek

vd., 2019). Bu değerler Pamukkale'deki kaynak sularının Fe değerlerine göre oldukça yüksektir. Karahayıt termal suları çoğunlukla Ca-Mg-HCO_3-SO_4 tipinde sulardır (Alçiçek vd., 2016a).

Şekil 14. Pamukkale'de jeoçeşitlilik örnekleri. (**a**) Jandarma kaynağı, (**b**) Traverten terasları, (**c**) Kendiliğinden oluşmuş kanal tipi travertenler, (**d**) Antik traverten ocağı, güney kapısı, (**e**), Hamam Bazilika; inşasında traverten kesme taşların kullanıldığı yapı deprem nedeniyle geriye doğru eğilmiş durumdadır, (**f**) Plütonyum, yapının önünde (sağ altta), açılma çatlağından yükselen termal su ve kemerli kapıdan girilen mağaradan CO_2 gazı çıkışı, okla işaretli (fotolar: Mehmet Özkul).

Figure 14. *Geodiversity examples in Pamukkale.* ***(a)*** *Jandarma spring,* ***(b)*** *Travertine terraces,* ***(c)*** *Self-built channel travertines,* ***(d)*** *Ancient travertine quarry, south gate,* ***(e)****, Hamam Basilica; the structure, in which travertine cut stones were used for construction, was tilted backwards due to earthquakes,* ***(f)*** *Plutonion; thermal water rising from an extensional crack and CO_2 gas exit from the cave entered through the arched door in front of the structure (bottom right), marked with an arrow (photos: Mehmet Özkul).*

Şekil 15. Karahayıt Kırmızısu. **(a)** Sondajdan çıkan sıcak suyun yapay teras havuzlarını kat ederek yamaç aşağı akışı, **(b)** Sondaj ağzında artezyen yapmış sıcak suyun oluşturduğu tümsek. Demir oranı yüksek termal su kahverengi bir tortu bırakır. Yeşil renk, termofil (sıcak suya adapte olmuş) mikrobiyal organizmalardan kaynaklanır (fotolar: Mehmet Özkul).

Figure 15. *Karahayıt Kırmızı Su.* ***(a)*** *The flow of hot water passing through artificial terrace pools downslope of the borehole,* ***(b)****, The mound formed by hot water from an artesian well at the borehole mouth. Thermal water with high iron content leaves a brown sediment. The green coloor is due to thermophilic (adapted to hot water) microbial organisms (photos*: *Mehmet Ozkul).*

Kamara Traverten Sırtı

Kamara Traverten Sırtı *(Grup d)*, Buldan İlçesi Yenicekent beldesinin yaklaşık 4 km KD'sunda, Büyük Menderes vadisinde yer alır (Şekil 3, No: 7). Yerel halk arasında 'Kamara Hamamı' ya da 'Kamara Kaplıcası' adıyla bilinir (Şekil 16). Sırttan sonra vadi yukarı gidildiğinde önce Cindere Barajı ve ardından Güney Şelalesi'ne ulaşılır. Sırtın uzunluğu ~ 65 m ve taban genişliği 15 m ve yüksekliği ~5,5-6 m kadardır. K30°-40°B doğrultulu sırt ekseni, Denizli Havzası'nın KB gidişli havza kenarına az çok paralellik gösterir. Sırt KKD-GGB doğrultusunda asimetrik bir yapıya sahiptir. O nedenle kuzey kanattaki traverten tabakaları daha diktir (Şekil 16). Jeotermal alanda 54 ºC sıcaklığa ve yaklaşık 3.300 mg/l toplam mineralizasyona sahip (Alçiçek vd., 2016b) termal suyu olan hamam işletmesi Kamara Traverten Sırtı'na bitişik durumdadır (Şekil 16). Hamam yakınlarında B. Menderes Vadisi'nin her iki tarafında çok sayıda eski traverten ocağı bulunur. Antik dönemde Tripolis kentinin inşasında kullanılan yapıtaşları büyük oranda bu traverten ocaklarından sağlanmıştır (Koralay vd., 2018; Özkul vd., 2024a) Günümüzde de aynı bölgedeki bir ocakta bantlı traverten blok üretimi devam etmektedir.

Kamara Traverten Sırtı, Denizli Havzası'ndaki sırt tipi traverten oluşumları arasında en iyi durumda olanlardan birisidir. Jeositte 1990'lı yıllardan bu yana traverten oluşumu, hidrotermal akışkan ve aktif tektoniği konu alan birçok çalışma yapılmıştır (Çakır, 1999; Bülbül, 2000; Özkul vd., 2002; De Filippis vd., 2012; Brogi vd., 2016).

Kamara Traverten Sırtı resmi olarak koruma statüsüne sahip olsa da yıllardır yanı başında bulunan hamam işletmesinden (Şekil 16) olumsuz etkilenmiştir ve bu durum hala devam etmektedir. 2000'li yılların başına kadar sırtın doruk ekseni boyunca yer yer termal su çıkışları (kaynaklar) varken, yakın çevredeki jeotermal kuyular nedeniyle günümüzde termal su seviyesi düşmüş durumdadır. Bu nedenle hamam işletmesi sırt ekseninin ~20 m güneyinde açtığı kuyudan sıcak su ihtiyacını karşılamaya devam etmektedir.

Şekil 16. Kamara Hamamında bulunan traverten sırtı ve sağda hamam yapıları (foto: Mehmet Özkul).

Figure 16. *Travertine ridge in Kamara Bath and bath structures on the right (photo: Mehmet Özkul).*

Tekkehamam

Sarayköy ilçe merkezinin 5 km batısında bulunan Tekkehamam *(Grup d)*, Denizli'nin ve ülkenin önde gelen jeotermal sahalarından birisidir (Şekil 3, No: 08). Sahanın 3,5 km kadar KKD'sunda Türkiye'nin ilk jeotermal enerji santrali olan Kızıldere jeotermal enerji üretim tesisleri bulunur (Bozkaya vd., 2024). Tekkehamam, halk arasında *'Kokar Hamam'* veya *'Uyuz Hamamı'* gibi adlarla bilinir. Sahaya 9 km mesafedeki Buharkent (Aydın) ilçesinden de ulaşmak mümkündür. Sahada çok sayıda termal kaynak, termal sondaj, sıcak su havuzları, küçük göller ve buhar çıkışları vardır (Şekil 17a, b). Genellikle Na–SO_4 tipindeki termal suların sıcaklığı 99,7 ºC'ye kadar çıkar (Şimşek, 1985, 2003; Avşar ve Altuntaş, 2017). Toplam iyon miktarları 3.400 mg/l civarındadır. Kaynak ağızlarında elementer (saf) kükürt oluşumları (Şekil 17b) ve çapları 1,0-1,5 cm ye kadar çıkan *'pizolit'* taneleri gözlenir (Şekil 17c). Pizolitler mineralojik olarak çoğunlukla aragonit bileşimlidir (Richter ve Besenecker, 1983; Özkul vd., 2013). Önceki yıllarda turizm sahası olarak açıklanan alan, daha sonra jeotermal enerji üretim sahasına dönüştürülmüştür. Bu nedenle, çok sayıda üretim kuyusu ve re-enjeksiyon kuyusu açılmış, iletim boruları döşenmiş ve seralar kurulmuştur. Bu durum, alanın termal turizm-jeoturizm yönünden cazibesine gölge düşürmektedir (Özkul vd., 2024b).

Buradaki termal tesislerden sıcak su ve çamur banyoları ile buharla basur tedavisi ve *'içme'* amaçlı yararlanılmaktadır. İnaltı'ndaki işletme yetkililerine göre, sıcak su havuzlarından toplanan çamur, çamur maskesi, sivilce, uyuz, romatizma ve varis tedavisinde kullanılmaktadır (Özkul vd., 2024b). Çamur ürünleri, ayrıca paketlenerek yurt içine ve yurt dışına satılmaktadır. Yörede geleneksel hamamlar yanında bir adet dört yıldızlı termal otel de bulunmaktadır.

Diğer taraftan, İnaltı Kaplıcaları'nın güneyindeki tepelik alanda Neojen istifinin gölsel çökellerinde, çatlak dolgusu şeklinde kükürt oluşumlarına rastlanır. Kükürt üretimi için geçmiş yıllarda MTA tarafından açılmış, işletilmiş ve daha sonra terkedilmiş çok sayıda kükürt üretim galerisi ve/veya mağara bulunmaktır (Şekil 17d).

Güney Şelalesi

Güney Şelalesi, adını aldığı Güney ilçesi yakınlarında Büyük Menderes Nehri'nin sol sahilinde, deniz seviyesinden 220 - 400 metre yüksekte, KB'ya bakan bir yamaç üzerinde yer alır (Şekil 3, No. 09; Şekil 18). Şelale alanı Güney ilçesine 12 km, Denizli il merkezine 72 km mesafededir. Şelale'ye iki şekilde ulaşmak mümkündür: (1) Yenicekent'ten Büyük Menderes Nehri'nin aktığı vadi içindeki yolu akış yukarı izleyerek Cindere Barajı üzerinden, (2) Güney ilçe merkezinden aşağı yönde (güneye) uzanan yoldan Cindere Barajı gövdesi üzerinden geçerek ulaşılır. Şelale alanı özellikle bahar ve yaz ayları için yörenin önde gelen rekreasyon alanlarından birisidir (Ceylan, 2000).

Şekil 17. Tekkehamam jeotermal sahasından arazi görüntüleri. **(a)** İnaltı (Tekkehamam) termal kaynaklarından genel bir görünüm (foto: Mehmet Özkul), **(b)** Termal kaynak ağzında kükürt oluşumları (foto: Mehmet Özkul), **(c)** Termal kaynak ağzında pizolit oluşumları (foto: Mehmet Özkul), **(d)** İnaltı Termal Tesisleri'nin güneyindeki tepelik alanda kükürt mağaraları (foto: Bekir İnce).

Figure 17. *Field images from the Tekkehamam geothermal field.* ***(a)*** *A general view of İnaltı (Tekkehamam) thermal springs (photo: Mehmet Özkul),* ***(b)*** *Sulphur formations at the spring orifice (photo: Mehmet Özkul),* ***(c)*** *Pisolite formations at the spring orifice (photo: Mehmet Özkul),* ***(d)*** *Sulphur caves in the hilly area south of İnaltı Thermal facilities (photo: Bekir İnce).*

Şekil 18. Güney şelalesi jeositinden bir görünüm (foto: Mehmet Özkul).

Figure 18. *A view of the Güney waterfall geosite* (photo: Mehmet Özkul).

Menderes Masifi'nin mermer-şist dokanağından boşalan Ca–HCO_3 tipindeki kaynak suları yamaç aşağı akarken tufa çökeltir (Şekil 18). Sahada, sızıntılar dışında başlıca 4 adet kaynak bulunur. Kaynak ağızlarında 16,7-18,8 ºC arasında değişen su sıcaklığı, akış aşağı mevsimsel farklılıklar gösterir (Özkul vd., 2010; Çizelge 1). Akış aşağı tufa alanını geçen sular Cindere baraj gölüne boşalır. Güncel ve fosil tufa çökelleri toplam 20 hektarlık bir alan kaplar. Karbon-14 yöntemiyle yapılan yaşlandırma çalışmalarına göre yaşlı tufa örneklerinden, günümüzden 2000-5800 yıl öncesine kadar değişen yaşlar elde edilmiştir (Özkul vd., 2010). Buna göre jeositteki fosil / pasif tufa oluşumları Holosen'den (son 11.000 yıl) yaşlı değildir (Horvatinčić vd., 2005; Özkul vd., 2010).

Tufa oluşumları, oluştukları dönemlerin ortam, iklim ve hidroloji kayıtlarını bünyelerinde barındırırlar (Andrews, 2007; Dabkowski vd., 2015). Güney Şelalesi jeositi *'yamaç tufaları'* veya *'kaynak dizisi'* tufalarına (Martín-Algarra vd., 2003) ulusal ve uluslararası düzeyde referans olabilecek bir örnektir (Özkul vd., 2010). Güney Şelalesi, bilimsel araştırma, doğa eğitimi ve doğa turizmi-jeoturizm açısından *Denizli Traverten Jeopark*ı projesinin olası jeositleri arasında düşünülmektedir.

Gökpınar Vadisi

Denizli Havzası kaynak çökelleri bakımından oldukça zengindir. Bunların çoğu traverten, bazıları da tufa özelliği taşır. Denizli il merkezinin 16 km doğusunda, Denizli-Muğla şehirlerarası D330 karayolu yolu üzerindedir. Güneydoğudan kuzeybatıya doğru akan Gökpınar Vadisi'nin (Şekil 19a) her iki yamacı boyunca da tufa çökelleri gözlenir. Tufa istifinin kalınlığı 70 m'nin üzerindedir (Çağdaş, 2020). Gökpınar tufaları *'akarsu tufaları'*nın (=fluvial tufa veya riverine tufa; Andrews, 2007; Arenas vd., 2014) tipik bir örneğidir. Hırvatistan'daki Plitvice Gölleri Ulusal Parkı'nda yer alan Krka karstik vadisi boyunca oluşmuş ve oluşumuna devam eden akarsu tufaları dünya çapında en güzel örneklerinden birisidir (Emeis vd., 1987; Chafetz vd., 1994).

Gökpınar Vadisi'nde aynı adı taşıyan karstik bir kaynak bulunur. Kaynak Denizli il merkezinin içme suyu ihtiyacının önemli bir kısmını karşılamaktadır. Vadide yapılan bir yüksek lisans tezinde (Çağdaş, 2020) kaynak suyunun kalsit, aragonit, barit ve kuvars gibi mineraller bakımından doygun olduğu belirlenmiştir. Vadiyi çevreleyen yüksek alanlarda Mesozoyik (Triyas-Kretase) karbonatları yüzeyler (Okay, 1989). Bazı tufa kütleleri içinde mağara oluşumları gözlenir (Şekil 19b). Her ne kadar tufalarda depolanma sırasında birincil mağara oluşumları gözlense de (Özkul vd., 2010, Şekil 4f), bu mağaraların insan eliyle açıldığı düşünülmektedir.

Şekil 19. Gökpınar vadisi jeositinden arazi fotoğrafları. **(a)** Gökpınar Vadisi'nin genel görünümü, GD'ya bakış. **(b)** Tufa kayalıklarında açılmış mağaralar (fotolar: Mehmet Özkul).

Figure 19. *Field photographs of the Gökpınar Valley geosite.* ***(a)*** *General view of Gökpınar Valley, view to the SE.* ***(b)*** *Caves excavated in tufa rocks* (photos: Mehmet Özkul).

Gökpınar tufa istifi Kuvaterner dönemi ortam ve iklim değişimlerinin kayıtlarını içinde barındırmaktadır. O nedenle önümüzdeki yıllarda bu amaçla yapılacak çalışmalar için de hedef alanlardan birisidir.

Koruma altında olan vadinin her iki tarafı doğa sporları (yürüyüş, bisiklet, tırmanma v.b) için oldukça uygundur. Ayrıca 1924-1954 yılları arasında vadi içinde il merkezinin aydınlatma ve sanayi elektrik ihtiyacını karşılamak için kurulmuş hidroelektrik santrali mirası yer almaktadır (Haytoğlu, 2018). Yapılacak çevre ya da jeosit düzenlemeleri sırasında söz konusu mirasın görünür hale getirilmesi düşünülmelidir.

Antik Traverten ve Mermer Ocakları

Antik traverten ve mermer ocakları Denizli Havzası'nın kuzey ve güney kenarlarında yer almaktadır (Şekil 3, No: 25-29) Antik traverten ocaklarının çoğu Pamukkale, Karayıt ve Yenicekent'te bulunmaktadır (Şekil 20a ve b). Buna karşılık, mermer ocakları, havzanın hem kuzey ve hem de güney kenarlarında (Koralay ve Kılınçarslan, 2015; Koralay, 2017), yükselmiş horst alanlarında yüzeyleyen Menderes Masifi'nde açılmıştır (Şekil 3, 20a, b). Mermerler Çürüksu Havzası antik kentlerinde travertenden sonra en çok kullanılan ikinci yapıtaşı grubudur (Özkul vd., 2024a).

Pamukkale'de gerçekleştirilen saha çalışmaları, kentin çok yakınında, (en fazla 3 km mesafede) 21 adet bantlı traverten ocağı tespit edilmiştir (Scardozzi, 2019; Scardozzi vd., 2019). Bantlı travertenler, fay düzlemlerinden ve Çukurbağ'da (Pamukkale) olduğu gibi, sırt tipi travertenlerin ana ekseni boyunca çıkarılmıştır. Bazı durumlarda taş ocağı duvarlarında bugün bile keski izlerine rastlanmaktadır (Şekil 20d).

Şekil 20. Denizli Havzası'nda antik traverten ve mermer ocakları. **(a)** Çukurbağ traverten ocağı (Pamukkale), öndeki açıklık ocağın ana girişidir, kuzeye bakış, **(b)** Tripolis (Yenice) traverten ocağı, **(c)** Domuzderesi mermer ocağı, havza güneyi, **(d)** Hierapolis (Pamukkale) mermer ocağının yakından görünümü (fotolar: Tamer Koralay)

Figure 20. *Ancient travertine and marble quarries in the Denizli Basin.* ***(a)*** *Çukurbağ travertine quarry (Pamukkale), aperture in front is the main entrance of the quarry, view to the north,* ***(b)*** *Tripolis (Yenice) travertine quarry,* ***(c)*** *Domuzderesi marble quarry, south of the basin,* ***(d)*** *Close-up view of Hierapolis (Pamukkale) marble quarry (photos: Tamer Koralay).*

Küresel mirastaş olarak Denizli Traverteni

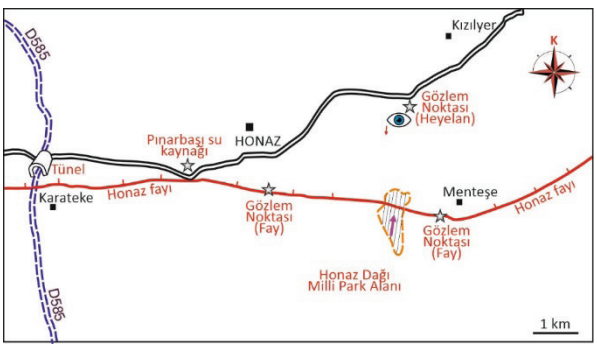
Denizli Traverteni, M.Ö. 2. yüzyıldan bu yana Çürüksu Vadisi (Lycus Valley) antik kentlerinde (Hierapolis, Laodikeia, Tripolis ve Colassae) ana yapıtaşı olmuştur (Özkul vd., 2024a). Bugün de hala yurt içi ve yurt dışında kullanılan ve ticareti yapılan bir taştır. Denizli Traverteni için 2011 yılında Denizli Ticaret Odası (DTO) tarafından coğrafi işaret alınmıştır (Özkul, 2019). Öte yandan, Uluslararası Jeolojik Bilimler Birliği (IUGS) önemli yapılarda ve anıtlarda kullanılmış ve insan kültürünün ayrılmaz bir parçası olmuş doğal taşları *'küresel mirastaş'* olarak onaylamaktadır. Şimdiye kadar Dünya'da bu şekilde 55 taş onaylanmıştır. Küresel mirastaş özelliği taşıyan 'Denizli Traverteni' de Ağustos 2024'de yukarıda sözü edilen 55 taş arasında yer almıştır (Ehling vd., 2024; URL 2).

Tektonik Jeositler

Bu başlık altında Denizli Havzası'nı kontrol eden ve iyi çalışılmış faylar (Şekil 3, No: 11-13) *(Grup f)*, toplumda deprem konusunda farkındalık oluşturmak ve yerbilimleri eğitim alanları olarak düşünülmüştür. Bu kapsamda havzayı sınırlayan Honaz Fayı, Babadağ Fayı ve Pamukkale Fayı (Kaymakçı, 2006; Koçyiğit, 2005; Hançer 2013; Özkaymak, 2015; Topal ve Özkul, 2018) ve bu fay hatları üzerinde bulunan temas noktaları ele alınmıştır.

Honaz Fayı ve Üzerindeki Temas Noktaları

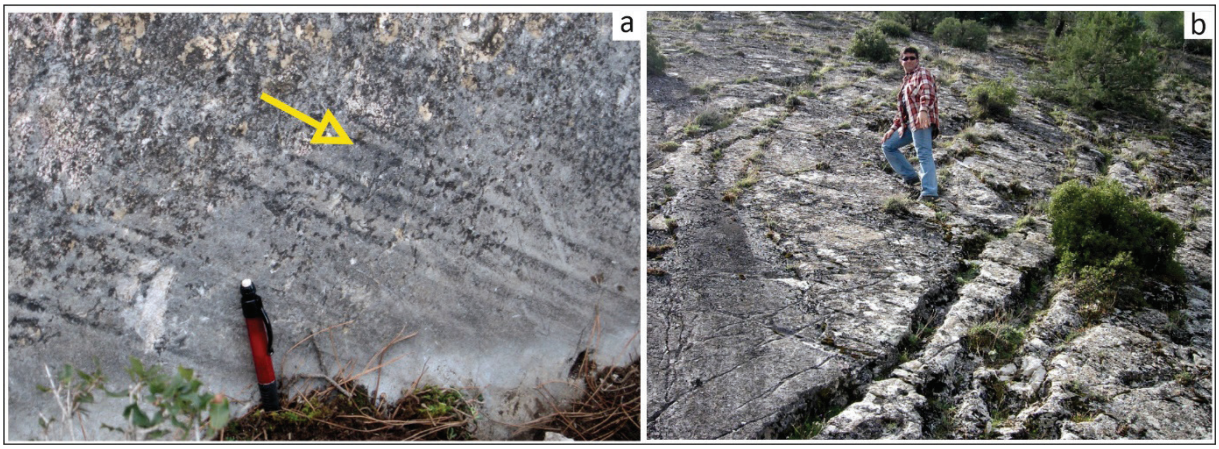
Honaz Fayı (Şekil 3, No: 11), Denizli Havzası'nı güneyden sınırlayan D-B uzanımlı tipik bir normal faydır (Şekil 10 ve 21). Batıda Karateke Mahallesi yakınlarından başlar ve doğuya doğru Honaz ilçe merkezi üzerinden Menteşe Mahallesi'nden geçerek doğuya doğru uzanır (Şekil 21). Fayın taban bloğunda (güney blok) metasedimentler, ofiyolitik melanj ve Geç Triyas karbonat-evaporitleri yer alır (Şekil 7 ve 8) (Gündoğan vd., 2008). Buna karşılık tavan bloğunda (kuzey blok) Neojen yaşlı karasal çökeller, traverten, alüvyon, alüvyon yelpazesi ve yamaç molozu bulunur (Bozkuş vd., 2000). Bu çalışmada fay zonu üzerinde batıdan doğuya birkaç jeosit ve temas/gözlem noktası belirlenmiştir (Şekil 21). Ayrıca batı kesiminde fayın tavan bloğunda bulunan açılma çatlakları boyunca sırt tipi ve fay önü traverten oluşumları yaygındır. Karateke ve Emirazizli Mahalleleri arasında KB-GD uzanımlı Obruktepe, traverten sırt morfolojisine sahip bir örnektir. Ancak, traverten ocak işletmesi nedeniyle sırtın orijinal görünümü önemli ölçüde yok edilmiştir.



Şekil 21. Honaz Fayı üzerindeki gözlem (temas) noktaları.

Figure 21. *Points of interest on the Honaz Fault.*

Uzunluğu yaklaşık 13 km olan Honaz Fayı'nın (Bozkuş vd., 2001) eğimi kuzeye doğru 40°- 60° arasında değişir. Fay düzlemi (Şekil 22a, b) üzerindeki fay çiziklerinin konumu 35° ile K25°B'ya doğrudur. Honaz Fayı aktif (diri) bir faydır. Aletsel dönemde büyüklüğü 5,7M_w'ye kadar çıkan depremler kaydedilmiştir (Özkaymak, 2015; Topal ve Özkul, 2018). Kaydedilen depremlerin odak derinliği 5-15 km arasında değişir.



Şekil 22. Menteşe Mahallesi yakınındaki ilgi noktasında (Şekil 21) Honaz fay düzleminden görüntüler. **(a)** Kayma çizikleri (okla işaretli), **(b)** Fay düzleminde oluk yapısı (fotolar: Mete Hançer).

Figure 22. *Images from the Honaz fault plane at the point of interest (Figure 21) near Menteşe neighbourhood.* ***(a)*** *Slip lines (arrowed),* ***(b)*** *Groove structure on the fault plane (photos: Mete Hançer).*

Pınarbaşı Kaynağı Temas Noktası

Honaz fayının batı ucuna yakın bir konumda yer alan Pınarbaşı Kaynağı (Şekil 10), fay zonu üzerinde bulunan en önemli ilgi noktalarından birisidir. Deniz seviyesinden 492 m yukarıda olan kaynak, Honaz ilçesine 2 km, Denizli il merkezi'ne ise Karateke Mahallesi üzerinden 15 km mesafededir. Halk arasında *'Göz'* adı ile de bilinir. Menderes Masifi'nin örtü birimleri arasında yer alan Mesozoyik yaşlı rekristalize kireçtaşlarından boşalan karstik özellikteki Pınarbaşı kaynağı (Şekil 23), Denizli'deki su kaynaklarının en önemlilerinden birisi olup, debisi mevsimlere bağlı olarak 900-1.400 l/s arasında değişir. Su sıcaklığı 18,6–18,9 ºC, pH 7,09–7,42, elektriksel iletkenlik 611–657 µS/cm ve HCO_3 236 mg/l dir. Ca-Mg-HCO_3-SO_4 tipindeki Pınarbaşı kaynağı, genellikle sulama suyu olarak kullanılmaktadır (Gökgöz ve Semerci Aygün, 2023). Kaynak Devlet Su İşleri'nin gözetimindedir.

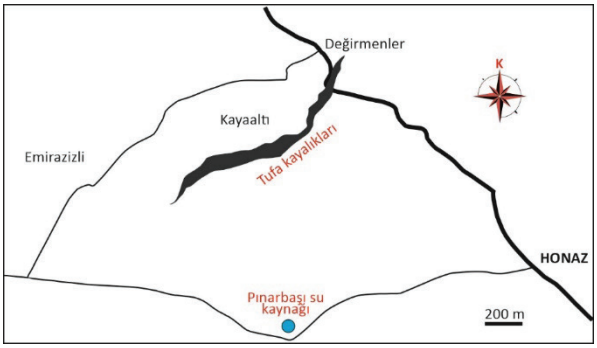
Şekil 23. Pınarbaşı Kaynağı. Honaz fayının batı ucuna yakın (Şekil 21) bir noktada yer alır (foto: Mehmet Özkul).

Figure 23. *Pınarbaşı Spring, located near the western end of the Honaz fault (Figure 21) (photo: Mehmet Özkul).*

Kayaltı ve Değirmenler Temas Noktaları

Kayaltı temas noktası, Pınarbaşı Kaynağı'nın yaklaşık 1,0 km kuzeyinde bulunur. GB'dan-KD'ya 1,25 km kadar izlenen tufa kayalıkları (Şekil 24) orta kesiminde 20 m yüksekliğe sahiptir ve yanlara doğru yükseklik giderek azalır. Tufa cephesi KB'ya bakmaktadır (Şekil 24 ve 25a).

KB'ya bakan cephede tufa kütlesinde açılmış bir kaya yerleşiminin girişi göze çarpar (Şekil 25a).



Şekil 24. Pınarbaşı kaynağı, Kayaltı tufa kayalıkları ve Değirmenler temas noktalarının konumu.

Figure 24. *Location of Pınarbaşı spring, Kayaltı tufa cliffs and Değirmenler points of interest.*

Kayaltı tufa kayalıklarının KD ucunda '*Değirmenler'* olarak bilinen noktada eski su değirmeni kalıntıları (Şekil 25b) ve bir kır lokantası bulunur. 1970'li yılların başına kadar Pınarbaşı kaynağından toprak kanallardan gelen sularla işletilen su değirmenlerinin bulunduğu *'Değirmenler'* temas noktasında tufa oluşumu sınırlı da olsa devam etmektedir (Şekil 25b).

Pınarbaşı kaynağı, Kayaltı tufa kayalıkları ve Değirmenler'den oluşan bu üç temas noktası (Şekil 24), bilimsel olarak iyi çalışılmış (Horvatinčić vd., 2005; Gökgöz ve Semerci Aygün, 2023), birbirine yakın konumda, manzara ve ulaşım kolaylığı v.b. özellikleri nedeniyle '*Pınarbaşı jeositi'* adı altında düzenlenmesi, korunması ve tanıtılması uygun olacaktır.

Diğer ilgi noktaları, Honaz ilçe merkezindeki ve Menteşe mahallesi yakınındaki fay düzlemleri ve Menteşe yakınındaki heyelandır (Şekil 21). Sismik bakımdan aktif olan Honaz Fayı, 1965 (M=5,7), 2000 (5,2) ve 2008 (4,8) yıllarında deprem üretmiştir (Özkaymak, 2015; Topal ve Özkul, 2018). 1965 yılında meydana gelen depremin 0,5 m'lik bir düşey atım oluşturduğu ve yüzey kırıkları meydana getirdiği yerel halk tarafından ifade edilmiştir (Bozkuş vd., 2000).

Şekil 25. Kayaaltı ve Değirmenler temas noktalarından arazi görünümleri. (**a**) Kayaaltı tufa kayalıkları ve alt-orta kesimde dikdörtgen şekilli kaya yerleşimi girişi, (**b**) Değirmenler temas noktasında su değirmeni kalıntıları. Tufa çökelten sular Pınarbaşı kaynağından kanal içinde gelmektedir. Terkedilmiş su değirmeni yapısı (öndeki kemerli yapı) ve arka planda ahşap su tribünü ve çevresindeki tufa çökelleri (fotolar: Mehmet Özkul).

Figure 25. *Field images from the Kayaaltı and Değirmenler points of interest.* ***(a)*** *Kayaltı tufa rocks and rectangular-shaped rock settlement entrance in the lower-middle section,* ***(b)*** *Water mill ruins at the Değirmenler point. Waters precipitating tufa come from the Pınarbaşı Spring in the channel. Abandoned water mill structure (arched structure in the foreground) and wooden water turbine and surrounding tufa deposits in the background (photos: Mehmet Özkul).*

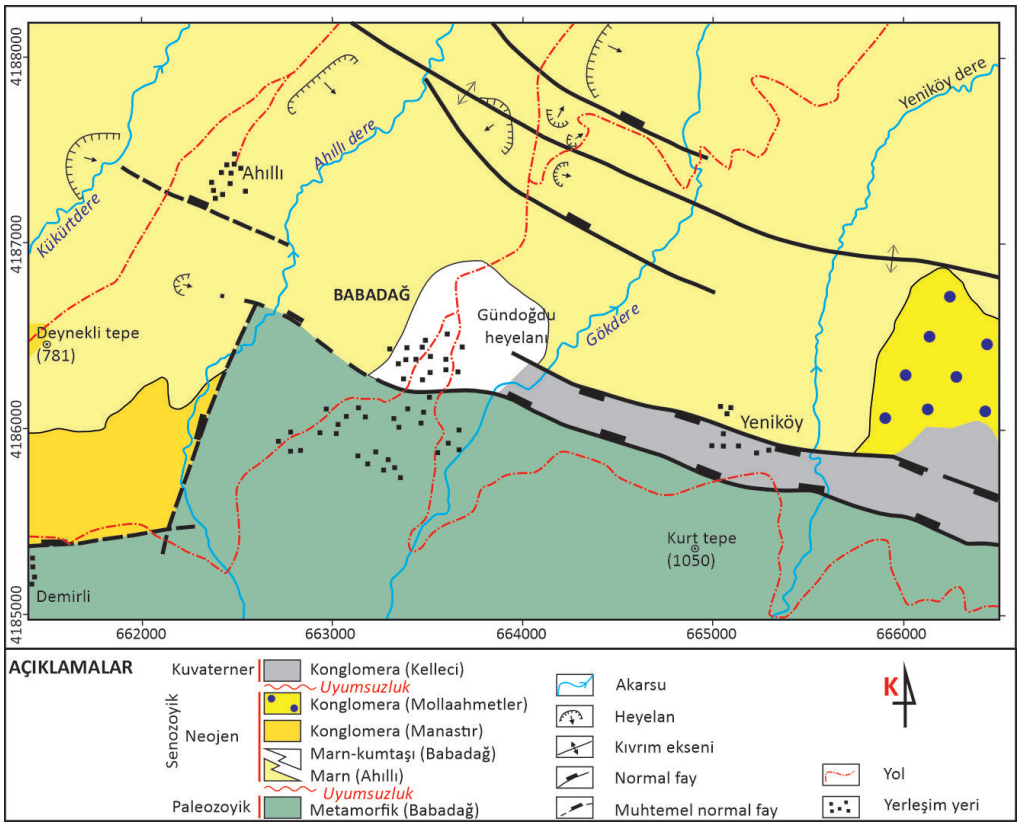
Babadağ Fayı

Denizli grabeninin GB sınırını oluşturan Babadağ fayı (Şekil 3, No. 13) bölgesel olarak yaklaşık 38 km uzunluğundadır. Fayın genel uzanımı BKB-DGD doğrultusundadır (Hançer, 2013) (Şekil 10), Fayın taban bloğunda Ortaköy Formasyonu olarak adlandırılan Menderes Masifi'nin Paleozoyik yaşlı metamorfitleri yer alır (Topal, 2012). Tavan bloğunda ise Neojen ve Kuvaterner yaşlı tortullar (Tosunlar Formasyonu) ve yamaç molozu görülür (Şekil 26 ve 27).

Babadağ Fayı'ndan kuzeye, Sarayköy civarına ya da ovaya doğru inildikçe faya yaklaşık olarak paralel gelişen farklı uzunluklarda sintetik ve antitetik faylar görülür. Bu faylar çoğunlukla Neojen yaşlı birimler içerisinde, yani aynı birim içerisinde geliştikleri için birçoğunda atım belirgin olarak gözlenmez. Metamorfitlerle Neojen-Kuvaterner birimleri arasında tektonik bir dokanak oluşturan Babadağ Fayı ilçe merkezinin doğusunda Yeniköy'ün GD'sundaki ilgi noktasında oldukça net bir şekilde izlenir (Şekil 27). Bu noktaya ulaşım oldukça kolaydır.

Pamukkale Fayı

Pamukkale Fay Zonu *(Grup f)* havzayı kuzeyden sınırlayan faylardan birisidir (Şekil 3, No: 13, Şekil 10). Birkaç segmentten oluşan fayın doğrultusu yaklaşık K50°B'dir. Segmentler GB'ya eğimli olup, aktarım rampalarıyla birbirlerinden ayrılır (Hançer, 2013).



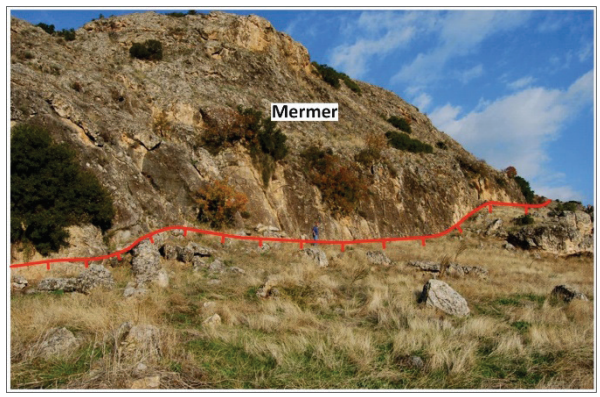
Şekil 26. Babadağ çevresinin jeoloji haritası, Babadağ Fayı ve Gündoğdu Heyelanı'nın konumu (Kumsar vd., 2016b, Şekil 2 ve Çevik, 2003 ve Hançer, 2013'ten).

Figure 26. *Geological map of Babadağ and surroundings, location of the Babadağ Fault and Gündoğdu Landslide (Kumsar et al., 2016, their Figure 2 and from Çevik, 2003 and Hançer, 2013).*

Şekil 27. Denizli Havzası'nı güneyden sınırlayan Babadağ Fayı. Yeniköy güneyinde taban bloğunda (sağda) Menderes masifinin metamorfitleri, tavan bloğunda (solda) ise kaba kırıntılı Kuvaterner yaşlı Tosunlar Formasyonu. GD'ya bakış (foto: Mete Hançer).

Figure 27. *The Babadağ Fault bounding the Denizli Basin from the south. Metamorphics of the Menderes Massif on the footwall block, and coarse-grained Quaternary Tosunlar Formation on the hanging wall (photo*: *Mete Hançer).*

Bunlar önceki çalışmalarda KB'dan GD'ya doğru Akköy, Irlaganlı ve Acıdere aktarım rampaları olarak adlandırılmıştır (Koçyiğit, 2005). Çakır, (1999) ise Pamukkale fay zonunu Hierapolis ve Akköy segmentleri olmak üzere iki ayrı segmente ayırmıştır. Ayrıca Neojen ve Kuvaterner yaşlı birimlerin sınırını teşkil eden Yeniköy fayını da ana faya paralel gelişen bir fay olarak yorumlamıştır. Pamukkale fay zonunun Karahayıt dolayından geçen segmentinin konumu KB-GD doğrultudan yaklaşık K-G doğrultulu konuma geçer. Denizli çöküntü alanını kuzeyden sınırlayan aktif fay zonunun taban bloğunda yani KD kesiminde bu ana faya paralel gelişen sintetik ve antitetik kırıklar mevcuttur. Fay zonunun taban bloğundaki kaya birimleri Mesozoyik yaşlı mermer / kristalize kireçtaşları ve dolomit türü karbonat kayalardır (Şekil 28). GB'da fayın tavan bloğunda ise yer yer Neojen yaşlı tortullar ve çoğunlukla travertenler yer alır. Bunların dışında tavan bloğunda yamaç molozu ve alüvyonlar bulunur. Termal kaynaklar Pamukkale Fayı ve tavan bloğundaki açılma çatlaklarından boşalır.



Şekil 28. Pamukkale Fayı. Fayın Karahayıt'a yakın kesiminde taban bloğunda Menderes Masifi'nin mermerleri, tavan bloğunda ise fay önü travertenleri ve yamaç molozu (foto: Mehmet Özkul).

Figure 28. *Pamukkale Fault. Marbles of the Menderes Massif in the footwall and fault-front travertines and slope debris in the hanging wall in the part of the fault close to Karahayıt (photo: Mehmet Özkul).*

Pamukkale fayının depremselliğine bakıldığında, tarihsel dönemde M.Ö. 65 yılında ve M.S. 60 yılında meydana gelen ve Hierapolis antik kentinin yıkılmasına neden olan depremler görülmektedir (Altunel ve Hancock, 1993; Topal, 2012; Hançer, 2013; Kumsar vd., 2015). Aletsel dönemde ise Pamukkale fayı üzerinde herhangi bir yıkıcı bir deprem olmamıştır.

Pamukkale Fayı'nın Karahayıt ile Pamukkale'nin kuzey kapısı arasında kalan bölümünde fay morfolojisi çok belirgindir ve fay hattına yürüyerek ve araçla ulaşmak mümkündür Özellikle fayın Karahayıt'a yakın tarafı temas (gözlem) noktası olarak düzenlenmeye çok uygundur (Şekil 28).

Heyelanlar

Denizli'nin Babadağ, Honaz ve Çameli ilçeleri kütle hareketlerinin daha sık görüldüğü ilçelerdir. Bu çalışmada, yerbilimleri eğitimi, doğal afetlere karşı toplumda farkındalık ve bilinç oluşmasına katkıda bulunmak amacıyla Babadağ ilçesindeki Gündoğdu Heyelanı ve Honaz yakınlarındaki Menteşe Heyelanı'na yer verilmiştir.

Gündoğdu Heyelanı

Gündoğdu heyelanı (Şekil 3, No: 14), Denizli'nin Babadağ ilçesi Gündoğdu Mahallesi'nde yer alır (Şekil 26). Heyelan sahası, ilçe yerleşim alanının KD kesimini oluşturur. Türkiye'de en iyi araştırılmış heyelan sahalarından birisidir (Çelik, 2012; Kumsar vd., 2016b). Neojen istifinin kumlu, marnlı ve killi seviyelerinde 1940'lı yıllardan bu yana, yılda 4 -14 cm hızla hareket eden, krip türü bir heyelan gelişmiştir. Heyelan sahasında kumtaşı-marn tabakaları GD'ya doğru eğimlidir. Heyelan ayni yönde Gökdere dere yatağına doğrudur (Şekil 26) (Çelik, 2012).

Gündoğdu heyelanı ilçe merkezinde ve kolay ulaşılabilir olması nedeniyle yerbilimleri eğitimi ve toplumda doğal afetler konusunda farkındalık oluşturmak için ideal bir jeosittir. İlçe merkezinde kurulacak bir müzede heyelanla ilgili dökümanlar (fotoğraflar, yazılı belgeler, anılar v.s.) sergilenebilir. Nitekim, yıllar önce çok sayıda insanın hayatını kaybettiği İtalya'daki Vajont Barajı Heyelanı anısına özel bir müze kurulmuş ve toplumda doğal afetlere karşı farkındalık oluşturulmak istenmiştir. Ayrıca, bu alan 2022'de IUGS tarafından Dünya'nın İlk 100 Jeolojik Miras alanlarından birisi seçilmiştir (bkz. IUGS, 2022, Site No: 94, s. 252-253).

Menteşe Heyelanı

Menteşe heyelanı (Şekil 3, No: 15), Honaz ilçesinin doğusunda, D-B uzanımlı Honaz Fayı üzerinde yer alır (Şekil 21). Adını yakınındaki Menteşe Mahallesi'nden alan heyelan, morfolojisi ile birkaç km uzaktan dahi fark edilebilmektedir. Denizli-Afyon karayolunun (D320) içinden geçtiği Kocabaş Mahallesi'nden güneye, Honaz Dağı'na doğru bakıldığında heyelan net bir şekilde görülür. Kaotik bir iç yapıya sahip heyelan malzemesi, kuzeye doğru, fayın tavan bloğu üzerine, başka bir ifadeyle grabenin güncel (Holosen) tortulları üzerine hareket etmiştir (Özkaymak, 2015; Topal ve Özkul, 2018). Heyelan malzemesi içinde, yer yer metre boyutunda temele ait kireçtaşı ve folyasyonlu-laminalı kaya blokları göze çarpar. Tekil ve rotasyonel karakterdeki heyelanın K-G doğrultusunda uzunluğu 750 m kadardır (Özkaymak, 2014). Kuzey yönünde değişkenlik gösteren heyelan yamaç eğimi en fazla 34° hesaplanmıştır. Değişken yamaç eğimlerinin nedeni, heyelan meydana geldikten sonra, Honaz Fayı'nın ve kayma sürecinin devam ediyor olmasıdır (Özkaymak, 2014).

Menteşe Heyelanı, kolay ulaşılabilir, bilimsel olarak iyi çalışılmıştır ve birkaç km uzaktan bile kolayca fark edilebilmektedir. Bu nedenle üniversite ve farklı seviyede yerbilimleri eğitimi ve toplumda doğal afetler konusunda farkındalık oluşturmak için uygun bir jeosit adayıdır.

Mağaralar ve Karstik Erime Yapıları

Denizli, mağara ve diğer karstik yapılar açısından oldukça zengindir *(Grup f)*. Bu yapılar, travertenlerde (Özkul vd., 2013; Kumsar ve Aydan, 2021; Sönmezoğlu vd., 2024) ve çoğunlukla Likya Napları'nın Mesozoyik karbonat kayaç birimlerinde gelişmiştir (Tuncer, 2021, 2023). Çalışmanın bu bölümünde, öne çıkan bazı mağara ve obruk türü erime-çökme yapılarına yer verilmiştir.

Kaklık Mağarası Jeositi

Kaklık Mağarası (Şekil 3, No: 16), Denizli-Afyonkarayolu karayolu (D320) üzerinde bulunan Kaklık Mahallesi'nin 5,6 km kuzeybatısında yer alır (Şekil 3, No: 17). Denizli il merkezine

30 km uzaklıktadır. Mağara Kuvaterner yaşlı traverten kütlesi içinde gelişmiş bir yeraltı boşluğunun çökmesi sonucu ortaya çıkmıştır (Şekil 29). Mağaranın uzunluğu K-G yönünde 60 m, genişliği ise D-B yönünde 40 m'dir. Derinliği yer yer değişmekle birlikte en derin yeri 14 m'dir (Kumsar ve Aydan, 2021).

Şekil 29. Kaklık Mağarası'ndan bir görünüm. Mağara içinde oluşmuş traverten terasları.

Figure 29. *Travertine terraces formed by thermal waters flowing inside Kaklık cave.*

Mağara içinde dolaşan ılık termal suların sıcaklığı 18,7–23,4 ºC (Özkul vd., 2013), toplam mineralizasyonu 1.450 mg/l civarındadır. Ayni termal su, dışarıdaki bir sondaj kuyusundan da boşalmakta ve etrafa H_2S gazı yayılmaktadır. Termal sudaki CO_2 gazının mağaranın tavanındaki açıklıktan kaçması ve pH değerinin yükselmesi sonucu Pamukkale'deki traverten teraslarının adeta minyatür bir kopyası ortaya çıkmıştır (Şekil 29). Aynı zamanda mağara içinde kendine özgü bir ekosistem gelişmiştir. Son yıllarda mağara içindeki mikrobiyal çeşitlilik araştırmacıların ilgisini çekmektedir (Gülecal-Pektaş ve Temel, 2016; Sönmezoğlu vd., 2024).

Mağara, Honaz İlçe Belediyesi tarafından yönetilmektedir. Mağaranın D320 devlet karayoluna yakın olması, günübirlik ziyaretler için bir kolaylık sağlamaktadır. Kaklık Mağarası ilin traverten ilişkili gözde ve sıkça ziyaret edilen jeositlerinden birisidir.

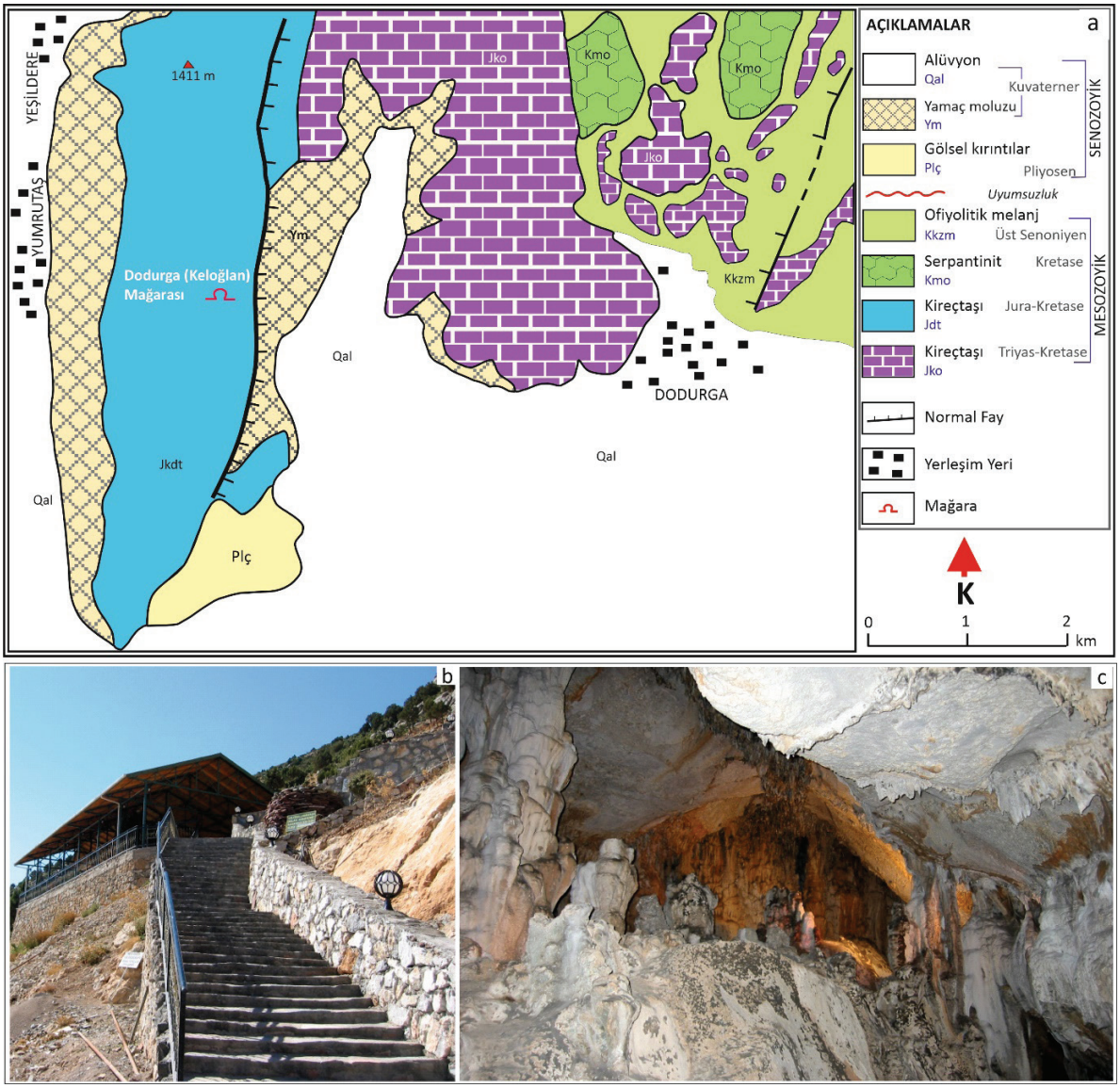
Keloğlan Mağarası

Mağara (Şekil 3, No.17), Denizli'nin Acıpayam ilçesine bağlı Dodurgalar Mahallesi'nde Malı Dağı'nın doğuya bakan yamacında, Likya Napları içindeki Jura-Kretase kireçtaşlarında (Dikilitaş Formasyonu) gelişmiştir (Şekil 30a). Mağaranın deniz seviyesinden yüksekliği yaklaşık 1.110 m'dir (Özkul vd., 2003; Engin vd., 2010; Baykara, 2014). Yatay konumda mağaranın gelişimi neredeyse tamamlanmış durumdadır. Günümüzde vadoz zonda bulunan mağara tamamiyle fosilleşmiş durumdadır (Nazik, 1998). U-Th yaşlandırma yöntemi ile dikitlerden yapılan tarihlendirmeye göre Keloğlan Mağarası'ndaki dikitler (Şekil 30c) günümüzden önce 251.539 ile 55.607 yıllar arasında oluşmuştur (Baykara, 2014).

Mağara'nın turizme açılmadan önce yapılan çalışmalar sırasında taban malzemesinden bazı kemik ve diş kalıntıları elde edilmiştir. Şevket Şen tarafından yapılan ilk değerlendirmelere göre bu bulguların çift toynaklılardan ceylan (gazella), keçi (Capra), koyun (Ovis), bizon (Bison), domuz (Suidea), tek toynaklılardan at, eşek, zebra (Equus) ve etçillerden kırmızı tilki (*Vulpes vulpes*) ve gri kurt (*Canis lupus*) gibi canlılara ait olduğu tespit edilmiştir (Özkul vd., 2003).

Keloğlan Mağarası, Denizli il merkezine 75, Acıpayam'a 21 km uzaklıkta ve Antalya karayoluna 6 km uzaklıktadır. Mağaranın bilinen uzunluğu 145 m, giriş ve çıkış noktaları arasındaki kot farkı yaklaşık ±5 m'dir.

Şehirlerarası karayoluna yakınlığı, her mevsim ulaşılabilir olması ve üzerinde bilimsel çalışmaların yapılmış olması, mağarayı ulusal ve bölgesel ölçekte değerli bir jeosit konumuna getirmiştir.

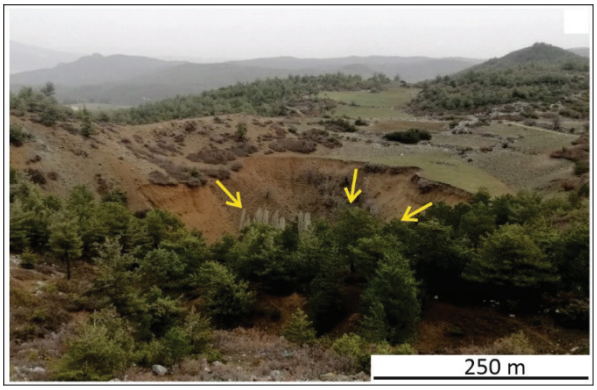


Şekil 30. (a) Keloğlan mağarası ve çevresinin jeolojik konumu, **(b)** Mağara girişi, **(c)** Mağara içindeki sarkıt ve dikitler (fotolar: Mehmet Özkul).

Figure 30. (a) *Geological setting of Keloğlan cave and surroundings,* ***(b)*** *Cave entrance,* ***(c)*** *Stalactites and stalagmites inside the cave (photos: Mehmet Özkul).*

Aydınlar Obruğu

Obruk (Şekil 3, No: 18), Honaz ilçesi'ne bağlı Aydınlar Mahallesi'nde, deniz seviyesinden 1.015-1.077 m yüksekte yer alır. Çapı KD-GB doğrultusunda 380 m, KB-GD doğrultusunda 250 m, derinliği ise yaklaşık 60 m'dir (Şekil 31). Obruğun geliştiği alanda ve çevresinde Denizli Volkanitleri yayılım gösterir (Semiz, 2003; Semiz vd., 2012) Volkanitler, Likya Napları içindeki Geç Triyas evaporit-karbonat birimini (Alçiçek vd., 2003; Gündoğan vd., 2008) uyumsuz olarak örter. Obruk yörede yüzeyleyen Likya Napları içindeki evaporit (jips, anhidrit) seviyelerdeki erime ve çökme olaylarına bağlı olarak gelişmiştir.



Şekil 31. Aydınlar obruğunun panoramik görünümü (foto: Barış Semiz).

Figure 31. *Panoramic view of Aydınlar sinkhole (photo: Barış Semiz).*

Kanyonlar

Akarsular, üzerinde akmakta olduğu kayaları kazıyarak binlerce yılda *'kanyon'* veya *'kısık'* adı verilen dar ve derin boğazlar meydana getirirler. Türkiye kanyon oluşumları açısından oldukça zengindir. Özellikle Karadeniz bölgesinde ve güneyde Toroslarda kanyonlar yaygındır (Doğan ve Koçyiğit, 2018; Köroğlu, 2024). Denizli ili de kanyon oluşumları açısından dikkat çekmektedir *(Grup f)* (Şekil 3, No: 19-24). Bunlar arasında Acıpayam Kanyonu (Şekil 32a), Emecik Kanyonu (Çameli) (Şekil 32b), Çal Kısık Kanyonu, Tokalı Kanyonu (Çivril), Karakısık Kanyonu (Bozkurt), İnceğiz Kanyonu (Kale) ve il merkezi yakınlarındaki Zeytinköy Kanyonu sayılabilir. Her bir kanyon hakkında ayrıntılı bilgi vermek bu çalışmanın kapsamı dışında olduğundan özet bilgi ile yetinilmiştir.

Jeoçeşitlilik açısından Denizli Kanyonları arasında Çal İlçesi'nde bulunan Kısık Kanyonu (Gül ve Özkul, 2023a) ve Çameli İlçesi'ndeki Emecik Kanyonu (Canpolat vd., 2020) hakkında daha ayrıntılı bilgiye ulaşmak mümkündür. Çal ilçe merkezine 4 km uzaklıktaki Kısık Kanyonu Menderes Masifi'nin mermerleri içinde gelişmiş olup, K-G doğrultusunda 3 km uzunluktadır. İlçe merkezine yakınlığı, ulaşım kolaylığı ve yakın çevresindeki tarihi ve kültürel değerlerle birlikte düşünüldüğünde Kısık Kanyonu yerel ve bölgesel ölçekte bir jeosit özelliği taşımaktadır (Gül ve Özkul, 2023a). Öte yandan Emecik Kanyonu Çameli ilçe merkezinin 3 km batı-güneybatısında, Üst Miyosen-Pliyosen istifinin kaba kırıntılı (çakıltaşı, kumtaşı) seviyelerinde gelişmiştir (Canpolat vd., 2020; Gül ve Özkul, 2023b). Emecik kanyonu, yörede doğa sporu tutkunlarının favori lokasyonlarından birisidir (Şekil 32b).

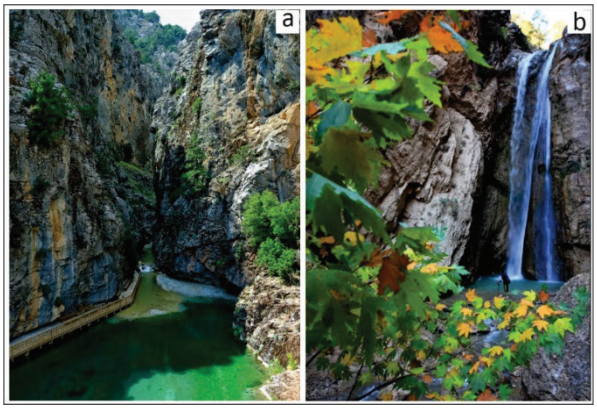
İlin kuzeydoğusundaki Akdağ Kanyonu, diğer adıyla Tokalı Kanyonu ise, Afyon'un Sandıklı ilçesi ile Denizli'nin Çivril ilçesi sınırında bulunur. Akdağ Kanyonu, kuş uçuşu 12 kilometrelik bir uzunluğa sahiptir. Akdağ Kanyonu, Orman Bakanlığı, Millî Parklar ve Av-Yaban Hayatı Genel Müdürlüğünce, *'Yaban Hayat*ını Koruma Alanı' ilan edilmiştir. Ulaşımın zor olması ve belirli bir yerden sonra yürüyerek gidilmesinden dolayı macera turizmi açısından çekicilik oluşturmaktadır.

Diğer bir kanyon, Denizli'nin Bozkurt ilçesi sınırları içinde bulunan Karakısık Kanyonudur. Kanyon, Oligosen molas istifinin çakıltaşı seviyelerinde gelişmiştir. Yapılan literatür araştırmasında kanyonla ilgili ayrıntılı jeolojik-jeomorfolojik kaynak bulunamamıştır.

Denizli-Aydın il sınırları içinde kalan İnceğiz kanyonu, diğer adıyla Arapapıştı kanyonudur. Kanyon, Denizli'nin Kale ilçesinden 39 km, Aydın'ın Bozdoğan İlçesi'nden 37 km mesafededir. Son yıllarda kanyonda özellikle yaz aylarında tekne turları düzenlenmektedir.

Göller ve Sulak Alanlar

Denizli'nin jeoçeşitliliği kapsamında, göller ve sulak alanlar arasında Acıgöl (Çardak), Işıklı Gölü (Çivril), Yayla Gölü (Buldan) ve Kartal Gölü (Beyağaç) sayılabilir.



Şekil 32. Denizli İlindeki bazı kanyonlardan görünümler. **(a)** Acıpayam Kanyonu (foto: M. Ali Koralay), **(b)** Emecik Kanyonu (Çameli).

Figure 32. *Images from some canyons in Denizli Province.* ***(a)*** *Acıpayam Canyon (photo: M. Ali Koralay),* ***(b)*** *Emecik Canyon (Çameli).*

Acıgöl

Kapalı bir havza özelliği taşıyan Acıgöl, Denizli'nin Çardak ilçesi ile Afyonkarahisar'ın Dazkırı ilçeleri arasında KD-GB uzanımlı tektonik bir çöküntü alanı ya da grabendir. Kapalı bir göl olması nedeniyle, güncel havza tabanında Na-sülfat, Mg-Ca karbonat ve kil çökelimi olmaktadır (Helvacı vd., 2013).

Gölün KB kenarında çok sayıda kolüvyon yelpazesi gelişmiştir. Bunlardan birisinde yol yapım çalışmaları sırasında açığa çıkan volkanik tefra çökellerinden günümüzden 5.380±90 ve 2.395±65 yıllık yaşlar elde edilmiştir. Yapılan değerlendirmelere göre, tefra çökellerinin Santorini dışında bir volkanik merkezden kaynaklanmış olabileceği belirtilmiştir (Kazancı vd., 2012). Göl aynı zamanda göçmen kuşların göç yolları üzerinde olduğundan, kuş gözlemcileri için cazip bir alandır.

Kartal Gölü

Kartal Gölü, Beyağaç ilçesinde Çiçekbaba Dağı'nın zirvesinin kuzeye bakan yamacında, deniz seviyesinden 1903 m yüksekte yer alır. Göl Likya Napları içinde yer alan ultrabazik kayalar üzerinde, bir buzul vadisinde moren seddi gerisinde oluşmuştur (Şekil 33a). Göl çevresinde bulunan ve Türkiye'nin en yaşlı karaçam orman topluluğu olan ve anıt ağaç özelliği taşıyan bireysel ağaçlar barındırması nedeniyle alanın 1.309 hektarlık bölümü, Orman Bakanlığı Milli Parklar ve Yaban Hayvanı Koruma Genel tarafından *'Tabiatı Koruma Alanı'* olarak ilan edilmiştir (Yıldız ve Ustaoğlu, 2016).

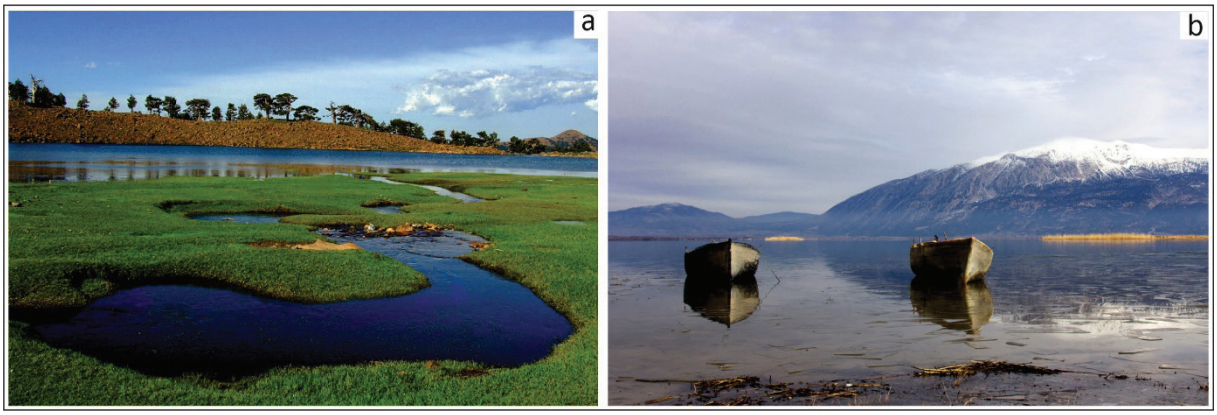
Ayrıca ilçede birkaç yıldır Prof. Dr. Ethem Derman önderliğinde, 'Topuklu Yaylası Uluslararası Katılımlı Gökyüzü Gözlem Etkinlikleri' düzenlenmektedir. 4. sü yapılan etkinlik doğa turizmi, kırsal turizm ve astroturizm gibi sürdürülebilir turizm faaliyetleri için gelecek vaat etmektedir (URL 3).

Işıklı Gölü

İlin KD'sunda, Çivril ilçe merkezi'nin 12 km GD sunda yer alan Işıklı Gölü, Büyük Menderes nehrini besleyen bir tatlı su gölüdür (Şekil 33b) (Aksever ve Büyükşahin, 2015). Dinar Fayı'nın KB ucunda, fayın tavan bloğunda yer alan göl, Dinar'dan gelen akarsu kolu, çevredeki irili ufaklı dereler ve fay kaynağından (Işıklı kaynağı) beslenir. Bu derelerden en büyüğü Kufi Çayı'dır (Ismael, 2009; Gürbüz vd., 2012). Son yıllarda, özellikle nilüfer mevsiminde gölün ziyaretçi sayısında dikkat çeken bir artış gözlenmektedir.

Yayla Gölü

Yayla Gölü Buldan ilçesinin 8,6 km BKB'sında, deniz seviyesinden 1.156 m yüksekte yer alır. Uzunluğu KKD istikametinde 1,47 km, genişliği 0,54 km'dir. Yayla Gölü'nün tabanında ve çevresindeki yükseltilerde Menderes Masifi'nin gnays, şist gibi metamorfitleri yüzeyler (Gökgöz, 2004). Gölde, tabanında alınan karot örneklerinden Santorini Volkanı'nın günümüzden 17,684 ± 63 yıl öncesine ait patlama izlerine rastlanmıştır (Doğan vd., 2024).



Şekil 33. Denizli'deki bazı göllerden arazi görünümleri. (**a**) Kartal Gölü (Beyağaç ilçesi) (foto: Sunay Kalınkara), (**b**) Işıklı Gölü (Çivril), arka planda Akdağ (foto: M. Ali Koralay).

Figure 33. *Field images of lakes in Denizli. (**a**) Kartal Lake (Beyagac district), photo: Sunay Kalınkara. (**b**) Işıklı Lake, Çivril, with Akdağ in the background (photo: M. Ali Koralay).*

Bu izlerin söz konusu tarihlerde B. Menderes vadisi yerleşimleri için önemli bir doğal afet olabileceği yorumları yapılmıştır (Doğan vd., 2024).

Göl, başta Buldan ilçesi olmak üzere, ilin diğer ilçeleri ve çevre illerden sıkça ziyaret edilen bir alandır. Doğa yürüyüşleri, kuş gözlemcileri, bisiklet ve motosiklet turları için gözde bir destinasyondur. Denizli Traverten Projesi'nin de olası jeositlerinden birisi olması düşünülmektedir.

TARTIŞMA ve SONUÇLAR

Denizli ilinin jeoçeşitliliği başlıca Menderes Masifi, Likya Napları, Oligosen Molası, Neojen ve Kuvaterner karasal istifleri ve oluşumları içinde yer alır. Menderes Metamorfik Masifi'nden 2 adet, Likya Napları'ndan 1 adet, Oligosen molas istifinden 1 adet, Neojen karasal istifinden 1 adet ve Kuvaterner 'den 9 adet olmak üzere toplam 19 adet jeoçeşitlilik unsuru belirlenmiştir. Görüldüğü gibi Denizli'deki jeoçeşitliliğin çoğu Kuvaterner dönemine aittir ve bunların da büyük bir kısmı jeotermal alanlar, traverten ve tufa oluşumlarıyla ilişkilidir (Çizelge 1).

Uluslararası Yerbilimleri Birliği (IUGS) Dünya'nın İlk 100 Jeolojik Miras alanını belirlerken jeomiras alanlarını/jeositleri Yerbilimleri tarihi, Stratigrafi ve sedimantoloji, Paleontolojik değerler, Mağmatik ve metamorfik jeositler, Volkanolojik jeositler, Tektonik jeositler, Mineralojik değerler, Jeomorfolojik sitler, aktif jeolojik süreçler ve mühendislik jeolojisi şeklinde gruplandırılmıştır (IUGS, 2022). Ayni anlayış Türkiye'nin İlk 100 Jeolojik Mirası'nı belirlerken de dikkate alınmıştır. Denizli'nin jeolojik mirasının ve/veya jeositlerinin IUGS kategorilerine en fazla *'Jeomorfolojik sitler, aktif jeolojik süreçler ve mühendislik jeolojisi'* kategorisinde toplandığı görülmektedir (Çizelge 1).

Bu çalışmadan Denizli İlinin jeoçeşitliliği, jeolojik mirası, önemli jeositleri ve temas noktaları ile ilgili elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir.

- Denizli ilinin jeoçeşitliliği Prekambriyen'den günümüze geniş bir zaman aralığına yayılmıştır. Jeoçeşitliliğin en fazla Kuvaterner'de yoğunlaştığı görülmektedir. Bunların da önemli bir kısmı traverten oluşum alanlarıdır. Diğer jeositler Menderes Masifi, Likya Napları, Oligosen Molası, Neojen havza dolgusu ve Miyo-Pliyosen volkanizması ile ilişkilidir.

Çizelge 1. Denizli ili jeositlerinin IUGS (Uluslararası Yerbilimleri Biriliği) kategorilerine göre dağılımı.
Table 1. *Distribution of Denizli province geosites according to IUGS categories.*

	International Union of Geological Sciences kategorileri								
Jeositler	**Yerbilimleri tarihi**	**Stratigrafi ve sedimantoloji**	**Paleontolojik değerler**	**Mağmatik ve metamorfik jeositler**	**Volkanolojik jeositler**	**Tektonik jeositler**	**Mineralojik değerler**	**Jeomorfoloji ve aktif jeolojik süreçler , Mühendislik Jeolojisi**	
Buldan Metamorfitleri				X					
Kızılyer Geç Triyas evaporitleri		X							
Denizli Oligosen Molası		X							
Denizli Paratetis mollüsk faunası		X							
Denizli Volkanitleri					X				
Denizli Traverteni		X							
Pamukkale Travertenleri								X	
Tekkehamamları								X	
Kaklık Mağarası								X	
Güney şelalesi								X	
Gökpınar vadisi								X	
Pınarbaşı kaynağı								X	
Kısık kanyonu								X	
Babadağ heyelanı								X	
Menteşe heyelanı								X	
Honaz Fayı						X			
Babadağ Fayı						X			
Pamukkale Fayı						X			
Denizli İnsanı			X						
Babadağ									
Üst Miyosen Paratetis mollüsk faunası			X						
Mahmutgazi fosil lokalitesi			X						
Gökpınar mikromemeli fosil lokalitesi			X						
Antik traverten ve mermer ocakları									

- Belirlenen jeositler uluslararası, ulusal, bölgesel olmak üzere farklı kategorilerde yer almaktadır.
- Buldan ilçesinde tanımlanan jeositler, ilin en yaşlı kayaçları olan Menderes masifi'nin gnaysları ve şistleri ile ilişkilidir.
- Likya Napları içindeki Geç Triyas karbonat-evaporit oluşumları ulusal ve uluslararası ölçekte önem arzeden bir jeolojik miras unsurudur.
- İlde yaygın olarak yüzeylenen Oligosen Molası Türkiye'nin İlk 100 Jeosit listesinde yer almıştır.
- Denizli Neojen Havzası, Geç Miyosen Paratetis mollüsk faunasıyla diğer komşu havzalardan farklı özellikler taşır. Dolayısı ile Paratetis mollüsk faunası ilin paleontolojik jeoçeşitliliğini oluşturan bileşenlerden birisidir.
- Dünya'nın İlk 100 Jeolojik Miras Alanları arasında yer alan 'Pamukkale Travertenleri' şüphesiz ilin uluslararası ölçekte en prestijli jeositidir.
- Diğer taraftan, IUGS tarafından Küresel Mirastaş olarak onaylanan *'Denizli Traverteni'*, ilin önemli jeolojik miraslarından birisidir. Yine travertenler içinde bulunan *Homo erectus* insansı fosili de ulusal ve uluslararası ölçekte ilin diğer önemli bir jeolojik mirasıdır.
- Önümüzdeki yıllarda yapılacak yeni çalışmalarla ilin jeoçeşitliliği, jeolojik mirası ve jeosit alanları daha net bir şekilde ortaya konulabilir ve eldeki listeye yenileri eklenebilir.
- Bu çalışmada belirtilen ilin jeoçeşitliliği ve öneri jeositleri, hepsi olmasa da en azından bazıları, kurulması düşünülen *'Denizli Traverten Jeoparkı'* nın temel yapı taşları arasında olacaktır.

EXTENDED SUMMARY

Denizli province, with a surface area of 12,134 km² in southwest Türkiye, has high geodiversity. The geodiversity of the province, which is spread over nineteen districts, is distributed from old to young within the Menderes Massif, Lycian Nappes, Oligocene molasse, Neogene continental deposits, Neogene volcanics and Quaternary formations. The gneisses and accompanying metamorphic schists of the Menderes Massif located near the Buldan District are probably the oldest rocks in both the region and Türkiye (Koralay et al., 2022). One geosite (Süleymanlı Yayla Lake) and two points of interest (Yayla road gneisses and Deliktaş Rock Tomb) were identified in the Buldan district. The Late Triassic carbonate-evaporite nappe slice within the Lycian Nappes, with emplacement occurring particularly in the Late Cretaceous-Eocene period and continuing in the Oligocene, is one of the rare outcrops of this unit in the province. Unfortunately, it has lost its integrity since gypsum mining is currently carried out by private companies in this locality.

During the Oligocene period when nappe emplacements continued, continental-shallow marine molasse successions extending from Dinar-Dazkırı (Afyon) in the northeast to Datça (Muğla) in the southwest are widespread within Denizli province (Ilgar et al., 2024). The Denizli Oligocene molasse is among the First 100 Geological heritage areas of Türkiye. In the Denizli Oligocene molasse, a geosite area was proposed in the Cankurtaran area on the Denizli-Muğla route within the scope of this study. However, it is possible to identify a few more points of interest.

The Neogene sedimentary fill of the Denizli Basin is unique and has different characteristics compared to other graben fills in Western Türkiye. One of these characteristics is the Late Miocene Paratethyan mollusc fauna (e.g., Didacna sp. and its four species; Wesselingh et al., 2008). The geodiversity elements from the Neogene period

are closely related to basin fills, horst-graben structures, normal faults, extensional fractures and the extensional tectonics that gave rise to them. Especially in the Quaternary, canyons, caves, landslides, geothermal areas, hot springs, a wide variety of travertine deposits, lakes and wetlands stand out in the geodiversity of the province.

Acıgöl, Işıklı Lake, Yayla Lake and Kartal Lake are lakes and wetlands that are prominent in Denizli. The lakes, mostly well-studied scientifically, shed light on the Holocene activity of Santorini and other volcanic centres in the Eastern Mediterranean. Moreover, they are recreational areas, suitable for educational purposes, outdoor sports and festivals. Therefore, they are geological heritage areas with regional, national and even international significance.

The Pamukkale Travertines, which are the most prominent among the geodiversity sites in Denizli, are listed among the International Union of Geological Sciences (IUGS) First 100 Geological Heritage areas in the World. In addition, Denizli Travertine was approved as IUGS global heritage stone in August 2024. In this context, 'travertine' was chosen as the main theme for the Denizli geopark studies carried out by taking into account seven districts with higher geodiversity in the first establishment phase.

Some of Denizli's geodiversity consists of structural elements related to extensional tectonics (Topal, 2012; Hançer, 2013; Özkaymak, 2015; *Topal and Özkul, 2018). The most prominent of these are normal faults (for example, Honaz Fault, Babadağ Fault and Pamukkale Fault), springs (Pınarbaşı spring), landslides (Menteşe and Gündoğdu landslides) and travertine formations located in fault zones. Some faults, such as Honaz Fault and Pamukkale Fault, are seismically active and have produced earthquakes during the historical and instrumental periods (Kumsar et al., 2015). Points of interest and landslide areas on fault lines in the region are convenient places to raise awareness of natural disasters in society and for geoscience education.*

Apart from tectonic origins, there are also geodiversity elements such as lakes, wetlands and canyons within the borders of Denizli province. These areas are suitable for sustainable tourism (geotourism, ecotourism) and rural development activities. In fact, the interest of visitors in these places has been increasing in recent years.

In short, a significant portion of the geodiversity of the Denizli province has been included in this article, though the entire geodiversity has not been covered. New sites will be added to the current list with new studies to be conducted in future years.

KATKI BELİRTME

Denizli Travertenleri üzerindeki araştırmaların çoğu, Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu-TÜBİTAK ve PAÜ BAP'tan M. Özkul'a sağlanan desteklerle (Proje No. YDABÇAG-198Y100 ve ÇAYDAG 106Y207) gerçekleştirilmiştir.

ORCID

Mehmet Özkul https://orcid.org/0000-0002-0949-4225
Arzu Gül https://orcid.org/0000-0002-4998-1917
Barış Semiz https://orcid.org/0000-0003-1263-4599
Tamer Koralay https://orcid.org/0000-0002-8353-3501
Savaş Topal https://orcid.org/0000-0001-7451-6606
Ali Gökgöz https://orcid.org/0000-0002-5238-0207
Hülya Özen https://orcid.org/0009-0006-1507-1719
Hüseyin Erten https://orcid.org/0000-0003-1537-2416
Mete Hançer https://orcid.org/0000-0002-9706-9359
Halil Kumsar https://orcid.org/0000-0001-8051-2150

KAYNAKLAR / *REFERENCES*

Akgün, F. & Sözbilir, H. (2001). A palynostratigraphic approach to the SW Anatolian molasse basin: Kale-Tavas molasse and Denizli molasse. *Geodinamica*

Acta, 14, 71–93. https://doi.org/10.1016/S0985-3111(00)01054-8

Aksever, F. ve Büyükşahin, S. (2015). Işıklı Gölü'nü (Çivril/Denizli) Besleyen Su Kaynaklarının Hidrojeokimyasal Özellikleri. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 6(*2), 55-64.

Alçiçek, H., Özkul, M. ve Varol, B. (2003). Kızılyer evaporitleri ve çatlak dolgusu jipslerde elementel kükürt oluşumu (GD Denizli, Türkiye). *Proc. of 14th International Petroleum and Natural Gas Congress and Exhibition of Turkey*, pp. 86-94, Ankara, 12-14 Mayıs 2003.

Alçiçek, H., Varol, B. & Özkul, M. (2007). Sedimentary facies, depositional environments and palaeogeographic evolution of the Neogene Denizli Basin of SW Anatolia. *Sedimentary Geololgy, 202,* 596–637. https://doi.org/10.1016/j.sedgeo.2007.06.002

Alçiçek, H., Bülbül, A., Alçiçek, M. C. & Yavuzer, İ. (2016a), Hydrogeochemistry of the Thermal Waters from the Pamukkale and Karahayıt Geothermal Fields (Denizli Basin, Southwestern Anatolia, Turkey). *European Geothermal Congress 2016*, Strasbourg, France, 19–24 September.

Alçiçek, H., Bülbül, A. & Alçiçek, M. C. (2016b). Hydrogeochemistry of the thermal waters from the Yenice Geothermal Field (Denizli Basin, Southwestern Anatolia, Turkey). *Journal of Volcanology and Geothermal Research, 309,* 118–138. https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2015.10.025

Alçiçek, H., Bülbül A., Brogi, A., Liotta, D., Ruggieri, G., Capezzuoli, E., Meccheri, M., Yavuzer, İ. & Alçiçek, M. C. (2018). Origin, Evolution and Geothermometry of the Thermal Waters in the Gölemezli Geothermal Field, Denizli Basin (SW Anatolia, Turkey). *Journal of Volcanology and Geothermal Researches, 349,* 1–30. https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2017.07.021

Alçiçek, H., Bülbül, A., Yavuzer, İ. & Alçiçek, M. C. (2019). Origin and Evolution of the Thermal Waters from the Pamukkale Geothermal Field (Denizli Basin, SW Anatolia, Turkey): Insights from Hydrogeochemistry and Geothermometry. *Journal of Volcanology and Geothermal Research, 372,* 48–70. https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2018.09.011

Alçiçek, H., Spina, A., Cirilli, S., Yılmaz, İ. Ö., Capezzuoli, E., Brogi, A., Liotta, D. & Alçiçek, M. C. (2024). Sedimentary facies and depositional environments of the Upper Triassic carbonate-evaporite succession in the Honaz Mountain Range (SW Anatolia, Turkey). *EGU General Assembly 2024*. Vienna, Austria, 14–19 April 2024, EGU24-8260. https://doi.org/10.5194/egusphere-egu24-8260

Allaby, M. (2008). *A Dictionary of Earth Sciences*. Oxford University Press, 3rd edition.

Altunel, E. & Hancock, P. L. (1993). Morphology and structural setting of Quaternary travertines at Pamukkale. *Geological Journal, 28,* 335–346.

Andrews, J. E. (2007). Palaeoclimatic records from stable isotopes in riverine tufas: Synthesis and review. *Earth-Science Reviews 75*(1-4), 85–104. https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2005.08.002

Arenas, C., Vázquez-Urbez, M., Pardo, G. & Sancho, C. (2014). Sedimentology and depositional architecture of tufas deposited in stepped fluvial systems of changing slope: Lessons from the Quaternary Añamaza valley (Iberian Range, Spain). *Sedimentology, 61,* 133-171. https://doi.org/10.1111/sed.12053

Avşar, Ö. & Altuntaş, G. (2017). Hydrogeochemical evaluation of Umut geothermal field (SW Turkey). *Environ Earth Sciences,* 76, 582, https://doi.org/doi 10.1007/s12665-017-6929-6

Baykara, M. O. (2014). *Güneybatı Anadolu'da Mağara Çökellerinin İncelenmesi ve Paleoiklimsel Değerlendirmeleri* [Yayımlanmamış Doktora Tezi]. Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Bozkaya, G., Bozkaya, Ö. & Akın, T. (2024). Stable isotope geochemistry evidences from fossil carbonate and sulfur minerals on the origin of geothermal water, Kızıldere Geothermal Field, Western Turkey, *Geochemistry,* https://doi.org/10.1016/j.chemer.2024.126089

Bozkuş, C., Kumsar, H., Özkul, M. 6 Hançer, M. (2001). Seismicity of active Honaz fault under an extensional tectonic regime. In O.Ö. Dora, İ. Özgenç, H. Sözbilir (Eds.), *Proceedings of International Earth Science Colloquium on the Aegean Region*, (pp. 7–16). Dokuz Eylül University, İzmir, Turkey.

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., Andrade, C., Azeredo, A., Barriga, F. J. A. S., Cachao, 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., Picarra, 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. *Episodes, 28*(3), 177-186 https://doi.org/10.18814/epiiugs/2005/v28i3/004

Brogi, A., Capezzuoli, E., Alçiçek, M. C. & Gandin, A. (2014). Evolution of a fault-controlled fissure-ridge type travertine deposit in the western Anatolia extensional province: The Çukurbağ fissure-ridge (Pamukkale, Turkey). *Journal of the Geological Society 171,* 425–441. https://doi.org/10.1144/jgs2013-034

Brogi, A., Alçiçek, M. C., Yalçıner, C. Ç., Capezzuoli, E., Liotta, D., Meccheri, M., Rimondi V., Ruggieri, G., Gandin, A., Boschi C., Büyüksaraç, A., Alçiçek, H., Bülbül, A., Baykara, M. O. & Shen, C.-C. (2016). Hydrothermal fluids circulation and travertine deposition in an active tectonic setting: Insights from the Kamara geothermal area (western Anatolia, Turkey). *Tectonophysics, 680,* 211–232. https://doi.org/10.1016/j.tecto.2016.05.003

Bülbül, A. (2000). *Kamara ve Çizmeli (Yenice-Buldan) sıcak ve mineralli sularının hidrojeolojisi* [yayımlanmamış yüksek lisans tezi]. Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Büyükmeriç, Y. (2017). Kale-Tavas ve Acıpayam Havzalarında Erken Miyosen çökellerinin mollusk biyostratigrafisi (Denizli, GB Türkiye). *Maden Tetkik ve Arama Dergisi, 155,* 49–73. https://doi.org/10.19111/bulletinofmre.305166

Canpolat, E., Çılğın, Z. ve Bayrakdar, C. (2020). Jeomorfoturizm potansiyeli bakımından Emecik kanyonu – şelalesi (Çameli, Denizli). *Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi, 5,* 64–86. https://doi.org/10.46453/jader.784270

Ceylan, M. A. (2000). The recreational importance of the Güney waterfall. *Doğu Coğrafya Dergisi, 3,* 61–76.

Chafetz, H. S., Srdoc, D. & Horvatincic, N. (1994). Early diagenesis of Plitvice Lakes waterfall and barrier travertine deposits. *Geographie Physique Et Quaternaire, 48(3),* 247-255.

Claes, H., Soete, J., Van Noten, K., El Desouky, H., Marques Erthal, M., Vanhaecke, F., Özkul, M. & Swennen, R. (2015). Sedimentology, three dimensional geobody reconstruction and carbon dioxide origin of Pleistocene travertine deposits in the Ballık area (south-west Turkey). *Sedimentology, 62*(5), 1408–1445. https://doi.org/10.1111/sed.12188

Collins, A. S. & Robertson, A. H. F. (1999). Evolution of the Lycian Allochthon, western Turkey, as a north-facing Late Palaeozoic to Mesozoic rift and passive continental margin. *Geological Journal, 34,* 107–138.

Collins, A. S. & Robertson, A. H. F. (2003). Kinematic evidence for Late Mesozoic-Miocene emplacement of the Lycian allochthon over the Western Anatolide belt, SW Turkey. *Geological Journal, 38*(3-4), 295–310. https://doi.org/10.1002/gj.957

Çağdaş, G. (2020). *Gökpınar (Denizli) Karbonatlı Kaynak Çökellerinin Sedimantolojik İncelenmesi* [Yayımlanmamış Yüksek Lisans tezi]. Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Çakır, Z. (1999). Along-strike discontinuity of active normal faults and its influence on quaternary travertine deposition: examples from western Turkey. *Turkish Journal Earth Sciences, 8,* 67–80.

Çelik, S. B. (2012). *Babadağ (Denizli) İlçesindeki Yamaç Duraysızlığının Çok Parametreli İzleme Teknikleri, Fiziksel Model Deneyleri ve Matematiksel Yöntemlerle İncelenmesi* [Yayımlanmamış Doktora Tezi]. Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Çevik, S.Y. (2003). *Babadağ (Denizli) İlçesindeki Kütle Hareketinin Nedenleri, Mekanizması ve Modellemesi Üzerine Bir Araştırma.* [Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi]. Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Dabkowski, J., Royle, S.H., Antoine, P., Marca-Bell, A. & Andrews, J. E. (2015). High-resolution $\delta^{18}O$ seasonality record in a French Eemian tufa stromatolite (Caours, Somme Basin). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology 438,* 277–284. https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2015.08.017

D'Andria F., (2003). *Arkeoloji Rehberi Hierapolis (Pamukkale).* Ege Yayınları, İstanbul.

De Filippis, L., Faccenna, C., Billi, A., Anzalone, E., Brilli, M., Özkul, 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

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

Doğan, M., Özdemir, Y., Bozkurt, Y., & Şenkul, Ç. (2024). Discovery and environmental implications of Santorini tephras (Cape Riva and Minoan) in sediments of Lake Yayla (West Anatolia). *The Holocene, 35*(1), *3-17.* https://doi.org/10.1177/09596836241275007

Ehling, A., Kaur, G., Jackson, P. N. W., Cassar, J. Del Lama, E. A. & Heldal, T. (Eds) (2024). *The First 55 IUGS Heritage Stones*, (pp. 254). International Union of Geological Sciences.

Elitez, İ., Yaltırak, C. & Sunal, G. (2018). A new chronostratigraphy (^{40}Ar-^{39}Ar and U-Pb dating) for the middle section of the Burdur-Fethiye shear zone, SW Turkey (eastern Mediterranean). *Turkish Journal of Earth Sciences, 27,* 405–420. https://doi.org/10.3906/yer-1803-14

Elmas, G., Seyitoğlu, G., Kazancı, N. & Işık, V. (2019). Syn-sedimentary tectonic markings in the Oligocene Datça-Kale-Acıgöl basin, Western Anatolia. *Bulletin of the Mineral Research and Exploration 160,* 1–20. https://doi.org/10.19111/bulletinofmre.478093

Emeis, K. C., Richnow, H. H., & Kempe, S. (1987). Travertine formation in Plitvice National Park, Yugoslavia: chemical versus biological control. *Sedimentology, 34*(4)595–609. https://doi.org/10.1111/j.1365-3091.1987.tb00789.x

Engin, B., Aydaş, C., Özkul, M., Zeyrek, C. T., Büyüm, M. & Gül, A. (2010). ESR dating of stalagmite from Keloğlan cave in the southwestern part of Turkey. *Radiation Effects & Defects in Solids: Incorporating Plasma Science & Plasma Technology, 165*(12), 944–957. https://doi.org/10.1080/10420151003631936

Ercan, T., Günay, E. ve Baş, H. (1983). Denizli volkanitlerinin petrolojisi ve plaka tektoniği açısından bölgesel yorumu. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, 26*(1), 153–160. https://www.jmo.org.tr/resimler/ekler/3bc530ac79fa1ca_ek.pdf

Erdoğan, B. & Güngör, T. (2004). The problem of the core-cover boundary of the Menderes Massive and an emplacement mechanism for regionally extensive gneissic granites, western Anatolia (Turkey). *Turkish Journal of Earth Sciences, 13,* 15–36.

Erten H. (2017). A new genus and species of Muridae (Rodentia) from the Quaternary deposits of the Denizli Basin, South-western Turkey. *Palaeontologia Electronica, 20,* 1-7.

Erten, H. (2018). Spalax denizliensis sp. nov. (Spalacidae, Rodentia) from an Early Pleistocene-aged locality in the Denizli Basin (southwestern Turkey). *Turkish Journal of Zoology, 42,* 62-67. https://doi.org/10.3906/zoo-1707-35

Erten, H., Sen, Ş. & Özkul, M. (2005). Pleistocene mammals from travertine deposits of the Denizli basin (SW Turkey). *Annales de Paléontologie, 91,* 267–278.

Erten, H., Sen, S. & Görmüs, M. (2014). Middle and late Miocene Cricetidae (Rodentia, Mammalia) from Denizli Basin **(**southwestern Turkey) and a new species of Megacricetodon. *Journal of Paleontology, 88*(3), 504–518. https://doi.org/10.1666/13-060

Erten, H., Sen, S. & Sagular, E. K. (2016). Miocene and early Pleistocene rodents (Mammalia) from Denizli Basin (southwestern Turkey) and a new species of fossil Mus. *Journal of Vertebrate Paleontology, 36,* 1. https://doi.org/10.1080/02724634.2015.1054036

Gökgöz, F. (2004). *Buldan yöresi (Denizli) metamorfik kayaçlarının mineralojik, petrografik ve jeokimyasal incelenmesi* [Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi]. Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Gökgöz, A. ve Semerci, A. B. (2023). Pınarbaşı karst kaynağı'nın (Denizli) boşalım hidrodinamiği ve hidrojeokimyasal özelliklerinin değerlendirmesi. *Afyon Kocatepe Üniversitesi. Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi 23*(3), 780–796.

Gül, A. ve Özkul, M. (Ed.ler) (2022). *Denizli'nin Jeolojik Mirası Çalıstayı. Bildiri özleri kitabı.* ISBN: 978-605-71611-2-3.

Gül, A. ve Özkul, M. (2023a). 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. ve Özkul, M. (2023b). Çameli İlçesi'nin Jeolojik Değerleri ve Jeoturizm Potansiyeli. *Çameli Sempozyumu Bildiriler Kitabı.* 05–08 Ekim 2022 Çameli, Denizli Büyükşehir Belediyesi Kültür Yayınları, No: 208.

Gülecal-Pektaş, Y. & Temel, M. (2017). A Window to the Subsurface: Microbial Diversity in Hot Springs of a Sulfidic Cave (Kaklik, Turkey). *Geomicrobiology Journal, 34*(4), 374–384. https://doi.org/10.1080/01490451.2016.1204374

Gündoğan, İ., Helvacı, C. & Sözbilir, H. (2008). Gypsiferous carbonates at Honaz Dağı (Denizli): first documentation of Triassic gypsum in western Turkey and its tectonic significance. *Journal of Asian Earth Sciences, 32,* 49–65.

Gürbüz, A., Boyraz, S. & Ismael, M. T. (2012). Plio-Quaternary development of the Baklan–Dinar graben: implications for cross-graben formation in SW Turkey. *International Geology Review, 54*(1), 33–50. https://doi.org/10.1080/00206814.2010.496543

Hakyemez, H. Y. (1989). Kale-Kurbalık (GB Denizli) bölgesindeki Senozoyik yaşlı çökel kayaların jeolojisi ve stratigrafisi. *Maden Tetkik ve Arama Dergisi, 109,* 9–21.

Hançer, M. (2013). Study of the structural evolution of the Babadağ-Honaz and Pamukkale fault zones and related earthquake risk potential of the Buldan region in SW Anatolia, east of the Mediterranean. *Journal of Earth Science, 24*(3), 397–409. https://doi.org/10.1007/s12583-013-0333-2

Haytoğlu, E. (2018). Denizli kenti'nin elektrik tarihine bir bakış (1924-1954). *Belgi Dergisi, 2*(16), 896 – 927.

Helvacı, C. (1995). Stratigraphy, Mineralogy, and Genesis of the Bigadiç Borate Deposits, Western Turkey. *Economic Geology, 90,* 1237–1260. https://doi.org/10.2113/gsecongeo.90.5.1237

Helvacı, C., Alçiçek, M. C., Gündoğan, İ. & Gemici, Ü. (2013). Tectonosedimentary development and palaeoenvironmental changes in the Acıgöl shallow-perennial playa-lake basin, SW Anatolia, Turkey. *Turkish Journal of Earth Sciences, 22,* 173–190. https://doi.org/10.3906/yer-1112-5

Homewood, P., Allen, P. A. & Williams, G. D. (1986). Dynamics of the Molasse Basin of Western Switzerland. In P. A. Allen, & P. Homewood (Eds.), *Foreland Basins*, (pp. 199-217). Wiley Online Library, International Association of Sedimentologists, Special Publication. https://doi:10.1002/9781444303810

Horvatinčić, N., Özkul, M., Gökgöz, A. & Barešic´, J. (2005). Isotopic and geochemical investigation of tufa in Denizli province, Turkey. In M. Özkul, S. Yağız, & B. Jones, (Eds.), *Proceedings of International Symposium on Travertine, Geochemistry and Hydrogeology Session* (pp. 162–170). ISBN: 975-6992-11-5.

Ilgar, A., Nemec, W. Tuncay, E. Alçiçek, M. C., Hakyemez, A., Bozkurt, A., Çiner, A. & Ergen, A. (2024). The coeval development of conglomeratic, shoal–water and Gilbert-type deltas in the post-orogenic extensional Çardak Basin, SW Türkiye: implications for accommodation and sediment supply. *Mediterranean Geoscience Reviews,* https://doi.org/10.1007/s42990-024-00130-w

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.

IUGS, (2024, 20 Aralık). International Union of Geological Sciences. Designations, Stones. https://iugs-geoheritage.org/designations-stones/

İnaner, H., Sümer, Ö. & Akbulut, M. (2019). New geosite candidates at the western termination of the Büyük Menderes graben and their importance on science education. *Geoheritage, 11*(4), 1291–1305. https://doi.org/10.1007/s12371-019-00406-w

İnci, U. (1998). Lignite and carbonate deposition in Middle Lignite succession of the Soma Formation,

Soma coalfield, western Turkey. *International Journal of Coal Geology, 37,* 287–313. https://doi.org/10.1016/S0166-5162(98)00010-x

İslamoğlu, Y. & Hakyemez, A. (2010). Oligocene History of the Çardak-Dazkırı Sub-basin (Denizli, SW Turkey): Integrated Molluscan and Planktonic Foraminiferal Biostratigraphy. *Turkish Journal of Earth Sciences, 19,* 473–496. https://doi.org/10.3906/yer-0907-19

Ismael, M. T. (2009). *Işıklı göl (Çivril, Denizli) tortullarının sedimantolojik incelenmesi*. [Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi]. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Kappelman, J., Alçicek, M. C., Kazanci, N., Schultz, M., Özkul, M. & Sen, S. (2008). Brief communication: 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

Karayigit, A. İ, Atalay, M., Oskay, R. G. & Bulut, Y. (2020). Variations in elemental and mineralogical compositions of Late Oligocene, Early and Middle Miocene coal seams in the Kale-Tavas Molasse sub-basin, SW Turkey. *International Journal of Coal Geology 218,* Article 103366. https://doi.org/10.1016/j.coal.2019.103366

Kazancı, N., Boyraz, S., Özkul, M., Alçiçek, M. C. & Kadıoğlu, Y. K. (2012). Late Holocene terrestrial tephra record at western Anatolia, Turkey: Possible evidence of an explosive eruption outside Santorini in the eastern Mediterranean. *Global and Planetary Change, 80,* 36–50. https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2011.09.007

Kazancı, N., Şaroğlu, F. ve Suludere, Y. (2015). Jeolojik Miras ve Türkiye Jeositleri Çatı Listesi. *Maden Tetkik ve Arama Dergisi,* 151, 263-272. https://doi.org/10.19111/bmre.39701

Kazancı, N., Erdem Özgen, N. ve Erturaç, M. K. (2017). Kültürel jeoloji ve Jeolojik Miras; Yerbilimlerinin Yeni Açılımları. *Türkiye Jeoloji Bülteni, 60*(1), 1–16. https://doi.org/10.25288/tjb.297797

Kaymakçı, N. (2006). Kinematic development and paleostress analysis of the Denizli Basin (Western Turkey): implications of spatial variation of relative paleostress magnitudes and orientations. *Journal of Asian Earth Sciences, 27,* 207–222. https://doi.org/10.1016/j.jseaes.2005.03.003

Kaypak, B. & Gökkaya, G. (2012). 3-D imaging of the upper crust beneath the Denizli eothermal region by local earthquake tomography, western Turkey. *Journal of Volcanology and Geothermal Research, 211–212,* 47–60. https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2011.10.006

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 calcitewater fractionation. *Sedimentary Geology, 238,* 191–212. https://doi.org/10.1016/j.sedgeo.2011.04.015

Koçyiğit, A. (2005). The Denizli graben–horst system and the eastern limit of western Anatolian continental extension: basin-fill, structure, deformational mode, throw amount and episodic evolutionary history, SW Turkey. *Geodinamica Acta, 18,* 167–208. https://doi.org/10.3166/ga.18.167-208

Koralay, T. (2017). Archaeometric characterization of the recently discovered Yenişehir Marble Quarry in the Denizli region. In: Eds. Ismaelli T, Scardozzi G (eds) Ancient Quarries and Building Sites in Asia Minor, Research on Hierapolis in Phrygia and other cities in south-western Anatolia: *Archaeology, archaeometry, conservation.* 119–130. http://dx.doi.org/10.4475/819.

Koralay, T. & Kılınçarslan, S. (2015). Minero-petrographic and isotopic characterization of two antique marble quarries in the Denizli region (western Anatolia, Turkey). *Periodico di Mineralogia, 84*(2), 263–288. https://doi.org/10.2451/2015PM0013

Koralay, O. E, Dora, Ö., Chen, F., Satır, M. & Candan, O. (2004). Geochemistry and Geochronology of Orthogneisses in the Derbent (Alaşehir) Area, Eastern Part of the Ödemiş- Kiraz Submassif, Menderes Massif: Pan-African Magmatic Activity. *Turkish Journal of Earth Sciences, 13,* 37–61.

Koralay, O. E., Candan, O., Chen, F., Akal, C., Oberhansli, R., Satır, M. & Dora, O. Ö. (2012). Pan-African magmatism in the Menderes Massif: geochronological data from leucocratic tourmaline orthogneisses in westerm Turkey. *International Journal of Earth Sciences, 101,* 2055–2081. https://doi.org/10.1007/s00531-012-0775-2

Koralay, T., Baykara, M. O., Deniz, K, Kadıoğlu, Y. K., Duman, B. & Shen, C-C. (2018) Multi-Isotope Investigations for Scientific Characterisation and Provenance Implication of Banded Travertines

from Tripolis Antique City (Denizli–Turkey). *Environmental Archaeology, 24*(3), 317-336. https://doi.org/10.1080/14614103.2018.1498164

Koralay, O. E., Candan, O., Uzel, B., Chen, F. & Collins, A. S. (2022). Menderes Masifi'nin Bozdağ (Ödemiş) Bölgesinde Gözlenen ~ 630 My Yaşli Asidik/ Bazik Metamagmatikler. A. Gül ve M. Özkul (Ed.ler) *Denizli'nin Jeolojik Mirası Çalıştayı, Bildiriler kitabı*, (s. 12–14).

Köroğlu, F. & Kandemir, R. (2019). Vulnerable Geosites of Çayırbağı-Çalköy (Düzköy-Trabzon) in the Eastern Black Sea Region of NE Turkey and Their Geotourism Potential. *Geoheritage, 11,* 1101–1111. https://doi.org/10.1007/s12371-019-00358-1

Köroğlu, F. (2024). Cehennem Deresi Canyon(s): Outstanding Geomorphology, Geoheritage, and Geotourism Assets, Ardanuç (Artvin), Eastern Black Sea/NE Türkiye. *Geoheritage 16,* Article 87. https://doi.org/10.1007/s12371-024-00997-z

Kumsar, H. & Aydan, Ö. (2021). An integrated study on the stability assessment and partial collapse of the Kaklık karstic cave (Denizli, Turkey). *Bulletin of Engineering Geology and the Environment, 80,* 221–238. https://doi.org/10.1007/s10064-020-01926-4

Kumsar, H., Aydan, Ö., Şimşek, C. & D'Andria, F. (2016a). 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,* 519–536. https://doi.org/10.1007/s10064-015-0791-0

Kumsar, H., Aydan, Ö., Tano, H., Çelik, S. B. & Ulusay, R. (2016b). An integrated geomechanical investigation, multi-parameter monitoring and analyses of Babadağ-Gündoğdu creep-like landslide. *Rock Mechanics and Rock Engineering, 49,* 2277–2299. https://doi.org/10.1007/s00603-015-0826-7

Martín-Algarra, A., Martín-Martín, M., Andreo, B., Julia, R. & Gonzalez-Gomez, C. (2003). Sedimentary patterns in perched spring travertines near Granada (Spain) as indicators of the paleohydrological and palaeoclimatical evolution of a karst massif. *Sedimentary Geology, 161*, 217–228.

Nazik, L. (1998). *Keloğlan Mağarası araştırma raporu mimari ve elektrifikasyon uygulama projesi*. Jeoloji Etütleri Dairesi Başkanlığı, MTA Ankara (yayımlanmamış).

Nazik, A., Akyıldız, M. ve Şeker Zor, E. (Ed.ler) (2021). *Adana'nın Jeolojik Mirası Çalıştayı. Bildiri özleri kitabı*, ISBN: 978-625-7653-33-6.

Okay, A. İ. (1989). Denizli'nin güneyinde Menderes masifi. *Maden Tetkik ve Arama Dergisi 109*, 45–48.

Özkaymak, Ç. (2015). Tectonic analysis of the Honaz Fault (western Anatolia) using geomorphic indices and the regional implications. *Geodinamica Acta, 27*(2–3), 110-129. https://doi.org/10.1080/09853111.2014.957504

Özkul, M., Varol, B. ve Alçiçek, M. C. (2002). Denizli Travertenleri'nin Petrografik Özellikleri ve Depolanma Ortamları. *MTA Dergisi, 125,* 13–29.

Özkul, M., Topal, S., Alçiçek, M. C., Erten, H. ve Gül, A. (2003). Keloğlan Mağarası'nın Jeolojik Konumu ve Oluşumu**.** *I. Acıpayam Sempozyumu*. Acıpayam, Denizli, 1–3 Kasım 2003.

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: H.M. Pedley (Ed.), *Tufas and Speleothems: Unravelling the Microbial and Physical Controls,* (pp. 245–262). *Special Publications, 336*. The Geological Society London. https://doi.org/10.1144/SP336.13

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. (2019). Markalaşmış bir doğaltaş: Denizli Traverteni. *Mavi Gezegen, 26,* 71–78.

Özkul, M., Gül, A., Koralay, T., Özen, H., Semiz, B. & Duman, B. (2024a). 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., Gökgöz, A. ve Semiz, B. (2024b). Denizli'nin jeotermal kaynakları, ilgili jeositler ve termal turizm potansiyeli. S. Bertan (Ed.), *Termal Turizm ve Termal Kent: Denizli*. Detay Yayıncılık, Ankara, ISBN: 978-605-254-936-0, 145–168.

Pandolfi, L. & Erten, H. (2017). Stephanorhinus hundsheimensis (Mammalia, Rhinocerotidae) from the late early Pleistocene deposits of the Denizli Basin (Anatolia, Turkey) *Geobios, 50,* 65–73. https://doi.org/10.1016/j.geobios.2016.10.002

Pfanz, H., Yüce, G., Gülbay, A.H. & Gökgöz, A. (2019). Deadly CO_2 Gases in the Plutonium of Hierapolis (Denizli, Turkey). *Archaeological and Anthropological Sciences, 11,* 1359–1371. https://doi.org/10.1007/s12520-018-0599-5

Piccardi, L. (2007). The AD 60 Denizli Basin earthquake and the apparition of Archangel Michael at Colossae (Aegean Turkey). In L. Piccardi & W. B., Masse (Eds.), *Myth and Geology (pp. 95–105). Geological Society of London, Special Publications, 273*. https://doi.org/10.1144/gsl.sp.2007.273.01.08

ProGeo Group. (1998). A first attemt at a geosites framework for Europe -an lUGS 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

Richter, D. V. & Besenecker, H. (1983). Subrecent high-Sr aragonite ooids from hot springs near Tekke Ilica (Turkey). In T.M. Perty (Ed.), *Coated Grains*, (pp. 154–162). Springer-Verlag. https://doi.org/10.1007/978-3-642-68869-0

Saraç, G. (2003). *Türkiye Omurgalı Fosil Yatakları [Vertebrate Fossil Localities of Turkey]* (Rapor No. 10609). Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü., Ankara, Türkiye (Yayımlanmamış rapor).

Scardozzi, G. (2019). The Provenance of marbles and alabasters used in the monuments of Hierapolis in Phrygia (Turkey): New ınformation from a systematic review and integration of archaeological and archaeometric data. *Heritage, 2,* 519–552. https://doi.org/10.3390/heritage2010035

Scardozzi, G., Brilli, M. & Giustini, F. (2019). Calcite alabaster artifacts from Hierapolis in Phrygia, Turkey: Provenance determination using carbon and oxygen stable isotopes. *Geoarchaeology, 34,* 169–186. https://doi.org/10.1002/gea.21699

Scoon, R. (2021). The Hierapolis-Pamukkale Archaeological and Geosite, Southwest Turkey. (Report number: Geotraveller 23). The Geotraveller. Springer. https://doi.org/10.13140/RG.2.1.1761.4567

Semiz, B. (2003). *Denizli Volkanitlerinin Jeolojik, Petrografik ve Petrokimyasal Olarak İncelenmesi.* [Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi]. Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Semiz, B., Çoban, H., Roden, M.F., Özpınar, Y., Flower, M. F. J. & McGregor, H. (2012). Mineral composition in cognate inclusions in Late Miocene–Early Pliocene potassic lamprophyres with affinities to lamproites from the Denizli region, Western Anatolia, Turkey: Implications for uppermost mantle processes in a back-arc setting. *Lithos 134–135,* 253–272. https://doi.org/10.1016/j.lithos.2012.01.005

Sönmezoğlu, R., Doğan, N. M. & Kumsar, H. (2024). Evaluation of the bacterial diversity and current travertine strength of Kaklik cave in Honaz, Denizli**,** Türkiye. *Carbonates Evaporites, 39,* Article 94. https://doi.org/10.1007/s13146-024-01006-8

Sözbilir, H. (2005). Oligo-Miocene extension in the Lycian orogen: evidence from the Lycian molasse basin, SW Turkey, *Geodinamica Acta 18,* 255–282. https://doi.org/10.3166/ga.18.255-282

Sun, S. (1990). *Denizli Uşak arasının jeolojisi ve linyit olanakları, Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü*. Rapor No. 9985, Ankara, Türkiye (Yayımlanmamış rapor).

Şimşek, Ş. (1984). Denizli-Sarayköy-Buldan alanının jeolojisi ve jeotermal enerji olanakları. *İstanbul Üniversitesi Yer Bilimleri Dergisi, **3***, 145-162.

Şimşek, Ş. (1985). Geothermal Model of Denizli, Sarayköy-Buldan Area. *Geothermics, 14 (2–3),* 393–417. https://doi.org/10.1016/0375-6505(85)90078-1

Şimşek, Ş. (2003). Hydrogeological and Isotopic Survey of Geothermal Fields in the Buyuk Menderes Graben, Turkey, *Geothermics, 32,* 669–678. https://doi.org/10.1016/S0375-6505(03)00072-5

Şimşek, Ş., Günay, G., Elhatip, H. & Ekmekci, M. (2000). Environmental protection of geothermal waters and travertines at Pamukkale, Turkey. *Geothermics, 29*, 557–572. https://doi.org/10.1016/S0375-6505(00)00022-5

Şimşek, C. ve Özdemir, M. T. (2019). Lidya Bölgesi'nde Bir Frig Kaya Mezarı: Karaköy Deliktaş Kaya Mezarı, In A. Erön ve E. Erdan (Ed. ler), *Doğudan Batıya 70. Yaşında Serap Yaylalı'ya Sunulan Yazılar* (s.151-166). Bilgin Kültür Sanat Şti. Ltd., Ankara.

Topal, S. (2012). *Denizli Havzasındaki Fayların Tektonik Jeomorfolojisi* [Yayımlanmamış Doktora Tezi]. Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Topal, S. & Özkul M. (2018). Determination of relative tectonic activity of the Honaz fault (SW Turkey) using geomorphic indices. *Pamukkale University Journal of Engineering Sciences, 24(*6), 1200–1208. https://doi.org/10.5505/pajes.2017.18199

Tuncer, K. (2021). Aydoğdu, Kızılca, Ovacık ve Kırkoluk Polyelerinin (Tavas, Denizli) Morfometrik Özellikleri ve Jeomorfolojik Evrimi. *Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi, 7,* 82–108. https://doi.org/10.46453/jader.974102

Tuncer, K. (2023). Likya Napları Bölgesinde Epijenik Buruk Düdeni ve Gümüşdere Obruğunun (Tavas, Denizli) Jeomorfolojik Özellikleri ve Gelişimi. *Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi, 10,* 91–109. https://doi.org/10.46453/jader.1233907

URL 1. *International Union of Geological Sciences (IUGS)*. https://iugs-geoheritage.org/geoheritage_stones/denizli-travertine/

URL 2. *International Union of Geological Sciences (IUGS)*. https://iugs-geoheritage.org/designations-stones/

URL 3. (Erişim tarihi: 2024 22 Ekim). *Beyağaç Belediyesi*. https://www.beyagac.bel.tr/

Van Noten, K., Topal, S., Baykara, M. O., 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

Wesselingh, F. P., Alçiçek, H. & Magyar, I. (2008). A Late Miocene Paratethyan mollusc fauna from the Denizli Basin (southwestern Anatolia, Turkey) and its regional palaeobiogeographic implications. *Geobios, 41,* 861–879. https://doi.org/10.1016/j.geobios.2008.07.003

Yalçın, M. N., Gürpınar, O., Altınok, Y., Özer, N., Özler, M., Hoşgörmez, H., Ündül, Ö., Yeşiladalı, Ö. B., Şenyuva, T., Gözübol, A. M., Dalgıç, S., Tuğrul, A., Zarif, H. ve Korkanç, M. (2004). Buldan (Denizli) Yöresinin Temel Jeolojik Özellikleri ve Jeolojik Miras Envanteri. *TÜBA Kültür Envanteri Dergisi, 2,* 169–186.

Yıldız, S. ve Ustaoğlu, M. R. (2016). Denizli'deki dağ göllerinin Oligochaeta (Annelida) faunası üzerine gözlemler. *Ege Su Ürünleri Dergisi, 33(2),* 89–96. https://doi.org/10.12714/egejfas.2016.33.2.01