



Tazekent (Diyadin, Ağrı) Travertenlerinin Oluşum Koşulları ve İlk İklimsel Kanıtları
Formation Conditions of Tazekent (Diyadin, Ağrı) Travertines and First Climatic Evidence

Çetin Yeşilova^{1,} , Şükriye Başak Yeğen² 

¹ Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 65080 Tuşba/Van, Türkiye

² Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 65080 Tuşba/Van, Türkiye

• Geliş/Received: 21.07.2024 • Düzeltmiş Metin Geliş/Revised Manuscript Received: 10.09.2024 • Kabul/Accepted: 10.09.2024
 • Çevrimiçi Yayın/Available online: 27.11.2024 • Baskı/Printed:

Araştırma Makalesi/Research Article

Türkiye Jeol. Bül. / Geol. Bull. Turkey

Öz: Tazekent Köyü, Doğu Anadolu Bölgesinde, Ağrı iline bağlı Diyadin ilçesinde yer almaktadır. Bölge, kaplıcaları ve zengin traverten ve tufa oluşumları ile ön plana çıkmaktadır. Bu çalışmada, Tazekent köyü travertenlerinin jeolojik evrimini belirleyerek, oluşumları sırasındaki iklimsel değişimlere ışık tutmak amaçlanmıştır. Yapılan sedimentolojik incelemeler sonucunda travertenler 7 fasiyese ayırılmıştır. Travertenlerden alınan örneklerden ince kesitler yapılmış, SEM incelemeleri gerçekleştirilmiş ve Paleotopraklardan alınan örnekler üzerinde XRD analizi yapılmıştır. Yapılan analiz ve incelemeler sonucunda, Tazekent Köyü travertenlerinin sırt tipi traverten morfolojisinde ve yamaç ortamında oluştuğu, oluşumları zamanında, genel olarak kurak sıcak iklim koşullarının hüküm sürdüğü tespit edilmiştir. Aynı zamanda, bölgenin aktif bir zonda olduğu, travertenlerin, tektonizma ve volkanizma ile eş zamanlı oluştuğu ve günümüzde de halen oluşmaya devam ettiği tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Diyadin, fasiyes, iklim, Tazekent Köyü, traverten.

Abstract: Tazekent village is located in the Diyadin district of Ağrı province in Eastern Anatolia. The region is notable for its hot springs and rich travertine and tufa formations. In this study, the aim was to determine the geological evolution of the Tazekent travertines and shed light on the climatic changes during their formation. As a result of sedimentological examinations, the travertines were differentiated into 7 facies. Thin sections were made from samples taken from travertines, SEM examinations were carried out and XRD analysis was performed on samples taken from paleosoils. As a result of the analysis and examinations, Tazekent travertines were determined to have formed with ridge type travertine morphology and in a slope environment, and that, generally hot and dry, sometimes cold, climate conditions prevailed during their formation. It was determined that the region is an active zone, the travertines formed simultaneously with tectonism and volcanism, and they continue to form today.

Keywords: Climate, Diyadin, facies, Tazekent village, travertine.

GİRİŞ

Travertenler; jeolojik özellikleri, görsellikleri ve doğal taş potansiyelleri göz önüne alındığında, oldukça değerli bir kayaç grubunu temsil ederler. Farklı morfolojik sınıflamaları, farklı litofasiyes sınıflamalarına sahip olmaları nedeniyle, bölgesel ve daha detay alanların çalışılmasında oldukça büyük öneme sahiptirler. Bu nedenle,

travertenlerle ilgili yapılan çalışmalar oldukça fazladır (Guo ve Riding, 1998; Pentecost, 2005). Travertenleri oluşturan hidrotermal akışkanın, yüzeye taşınmasında, faylar oldukça önemli yere sahiptir (Sibson vd., 1975). Bu da, travertenlerin faylarla doğrudan ilişkili olduğunu göstermektedir (Barnes vd., 1978). Günümüzde, yapılan çalışmalar incelendiğinde, traverten oluşumlarının

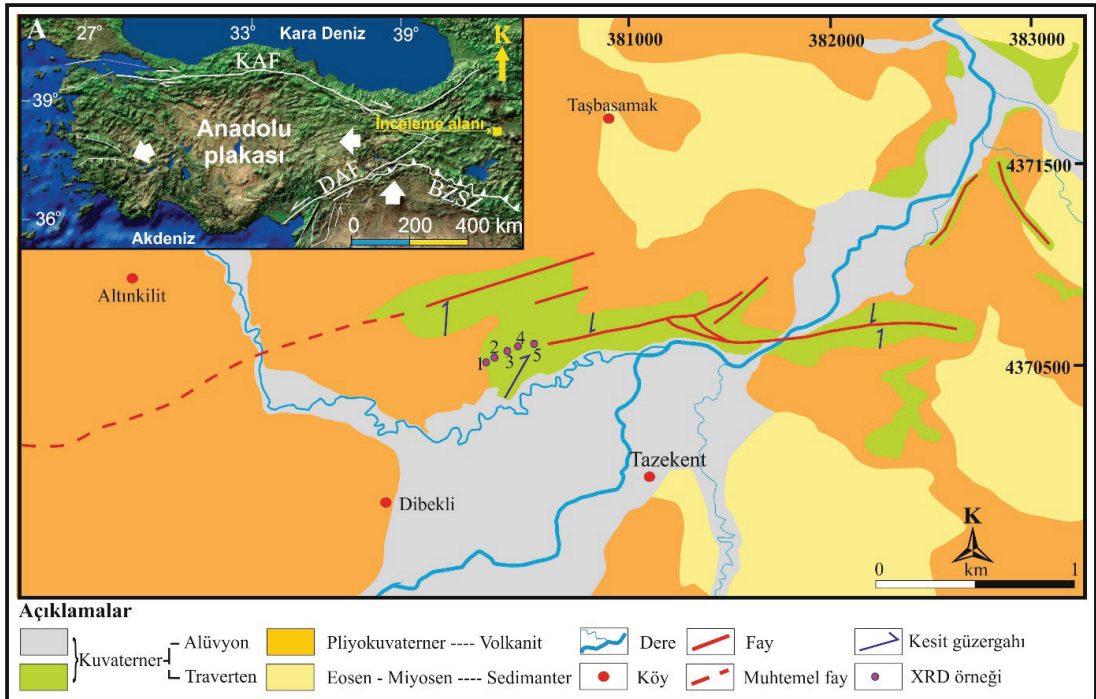
birçoğu Pleyistosen'den günümüze kadar geçen sürede oluşmuş ya da halen oluşmaya devam etmektedir (Guo ve Riding, 1998; Pentecost ve Tortora, 1989; Altunel ve Hancock, 1996; Özkul vd., 2002; 2010; Mesci vd., 2008; 2013; Alçıçek vd., 2017; Henchiri vd., 2017; Yeşilova vd., 2015a; 2015b; 2019; 2021; Yeşilova, 2022). Travertenler bu özelliklerinden dolayı neotektonik rejimin açıklanmasında oldukça önemli bir rol üstlenmektedir (Altunel, 1996). Dolayısıyla, çalışma alanındaki travertenler hem bölge hem de çevresi açısından oldukça önemlidir.

İnceleme alanının içinde bulunduğu Doğu Anadolu Bölgesi, Üst Kretase'den günümüze sıkışmalı bir rejime sahiptir (Mc Kenzie, 1972; Le Pichon vd., 1973; Morelli, 1978). Bölge, D-B yönlü uzamalı, K-G yönlü sıkışmalı bir tektonik rejime sahiptir (Şaroğlu ve Yılmaz, 1986; Koçyiğit, 2013). Tüm bu tektonik hareketlilik sonucunda, Doğu Anadolu'da kabuğun kısalıp yükselmesi meydana gelmiştir (Şaroğlu ve Yılmaz, 1984;

1986). Yine bu tektonik rejim, birçok sağ ve sol yönlü fay ile açılma çatlakları ve bindirmelerin oluşmasını sağlamıştır (Şaroğlu ve Yılmaz, 1984).

Tazekent Travertenlerinin içerisinde yer aldığı Doğu Anadolu platosu 19 milyon yıl öncesinden başlayan sıkışma (kıta kıta çarpışması) rejiminin (Gülyüz vd., 2019) bir ürünü olarak gelişmiştir. Ancak bölgeye son şeklini, bu sıkışma rejiminin sonuçlarından biri olan etkili volkanizma vermiştir. Bölgede hüküm süren bu tektonik rejim sonucunda bölgede birçok fay gelişmiş (Şaroğlu ve Yılmaz, 1986; Koçyiğit, 2013), bu faylar neticesinde havzada çok sayıda traverten oluşmuştur.

Bu çalışmanın amacı, Tazekent köyü travertenlerinin jeolojik evrimini belirleyerek, oluşumu sırasındaki iklimsel verileri ve tektonizmayaışık tutmaktır. Bu amaçla, arazi çalışmaları yapılmış, örnekler alınmış ve bu örnekler üzerinde, sedimantolojik, mineralojik ve petrografik analizler yapılmıştır.



Şekil 1. Çalışma alanının jeoloji haritası (Yeğen, 2021'den değiştirilmiştir).

Figure 1. Location and geological map of the study area (modified from Yeğen, 2021).

JEOLOJİ

İnceleme alanının tabanını Eosen-Miyosen yaşlı sedimanter kayalar oluşturmaktadır. Bu kayaların üzerine uyumsuz olarak, Pliyokuvaterner volkanitler, Kuvaterner traverten ve güncel alüvyonlar gelmektedir (Mutlu vd., 2013; Pasvanoğlu, 2013; Sürmeli, 2014; Kardaş, 2019; Kıyadeh, 2019; Yeğen, 2021) (Şekil 1). Bölgedeki traverten ve alüvyon oluşumu günümüzde de devam etmektedir.

Eosen – Miyosen sedimanter istif, tabanda, Eosen yaşlı, şelf-yamaç ortamlarını temsil eden, çamurtaşı, kumtaşı, çakıltası ile başlamaktadır (Kıyadeh, 2019). Bu çökellerin üzerine, aynı ortamını temsil eden, Miyosen- Pliyosen yaşlı, çakıltası, kumtaşı, çamurtaşı ve kireçtaşı birimleri ardalanmalı olarak gelmektedir (Kıyadeh, 2019).

Pliyo-Kuvaterner yaşlı volkanitler, sırasıyla, trakiandezit, ignimbirit, bazalt, ignimbirit, tuf ve ayrılmamış karasal birimler olarak tanımlanmaktadır (Mutlu vd., 2013; Pasvanoğlu, 2013; Sürmeli, 2014; Kardaş, 2019; Kıyadeh, 2019). Bu çalışmada, daha önce birçok çalışan tarafından ayrıntılı incelenen bu birimler, volkanitler adı altında incelenecektir. Bu birimlerin yaşlı, Pliyo-Kuvaterner olarak kabul edilmektedir (Kardaş, 2019). Arazide, Altinkilit-Dibekli-Tazekent köyleri hattının güneybatısında bazaltlar, Taşbasamak köyü ve çevresinde ayrılmamış volkanitler ile tüfler yayılım göstermektedir. Tazekent Köyü kuzeydoğusunda, tuf, ignimbirit ve riyolitler; Ulukent Köyü ve çevresinde ise, ignimbirit ve bazaltlar gözlemlenmektedir. İncelemenin ana konusunu oluşturan Tazekent Köyü travertenleri bu volkanitlerin üzerine uyumsuz olarak gelmektedir. İnceleme alanındaki travertenler 215.16 – 10 ka arasında oluşmuş olan sırt tipi travertenlerdir (Sürmeli, 2014; Yeğen, 2021). Ancak yapılan detaylı saha çalışmalarında, travertenlerin günümüzde de oluşumlarını devam ettirdiği gözlemlenmiştir. Bölgede sırt tipi ve dom tipi traverten oluşumları dikkat çekmektedir.

Bu çalışmada sırt tipi travertenler çalışılmıştır. İnceleme alanındaki travertenler, K50D ve K80D doğrultularındaki açılma çatlakları ve bu çatlaklardan yüzeye çıkan sular tarafından oluşmaktadır (Yeğen, 2021). Krem bej renkli ve çoğunluğu parlak, ince kristallidir. Tüm bu birimleri, uyumsuz olarak güncel alüvyonlar gelmektedir (Şekil 1).

METODOLOJİ

Çalışma, Tazekent, Dibekli, Taşbasamak köyleri ile Tazekent Kaplıcalar Bölgesi arasında kalan bölgede yapılmıştır. Arazi çalışmalarında, 4 stratigrafik kesit ölçülmüştür. Kesitler, traverteni oluşturan kanatları dik kesecek şekilde her bir kanattan 2 adet olacak şekilde ölçülmüştür. Kesit alımı sırasında, travertenleri en iyi şekilde temsil edecek yerlerden 125 adet örnek alınmıştır. Bu örneklerden, 110 tanesi ince kesit, 10 tanesi SEM (Taramalı Elektron Mikroskop) ve 5 tanesi (paleotoprak) XRD (X-ışını Difraksiyonu) analizi için hazırlanmıştır.

İnce kesit çalışmaları Dokuz Eylül Üniversitesi, Torbalı Meslek Yüksek Okulu, ince kesit laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. SEM çalışmaları, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Bilim Uygulama ve Araştırma Merkezinde (BUAM) yapılmıştır. Bu çalışmada iletken yüzey sağlanması için numuneler öncelikle 75 saniye boyunca Q150R cihazı ile Au/Pd ile kaplanmıştır. Daha sonra numunelerin morfolojik analizleri için Zeiss Sigma 300 marka alan emisyonlu taramalı elektron mikroskobu (FE-SEM) ile görüntüler alınmıştır. Görüntüleme işlemi ikincil elektronlar (SE) ile 10 kV hızlandırma voltajında yapılmaktadır. XRD (X-ray Diffraction) analizi için travertenlerden derlenen 5 adet paleotoprak numunesi kullanılmıştır. Numuneler Ankara Üniversitesi Yer Bilimleri Merkezinde (YEBİM) analiz edilmiştir. X-ışını Difraksiyon Spektroskopisi, gama ışınından daha zayıf ancak ultraviyole ışıdan daha bir ışın kullanılarak

yapılan analizlerdir. X-Işını Difraksiyonunda, esas olan mineral tanımlamasıdır. Böylelikle kayaç içerisindeki tüm mineraller tanımlanmış olur. Bu yöntem, özellikle kil minerallerini tanımlamada kesin sonuçlar vermektedir. X-Ray Difraksiyon Spektroskopisinde analiz sonuçları grafiksel olarak elde edilir. Bu grafiklerden faydalanılarak yarı kantitatif hesap yapılmıştır. Yapılan tüm analizlerin sonucu incelenerek travertenlerin kökeni ve gelişimi hakkında yoruma gidilmiştir.

BULGULAR

Bu bölüm sedimantoloji ve mineraloji – petrografi başlıkları adı altında incelenecektir.

Sedimantoloji

Yapılan arazi çalışmaları sonucunda Tazekent Köyü travertenleri 7 fasiyes ayırtlanmıştır. Bu fasiyesler;

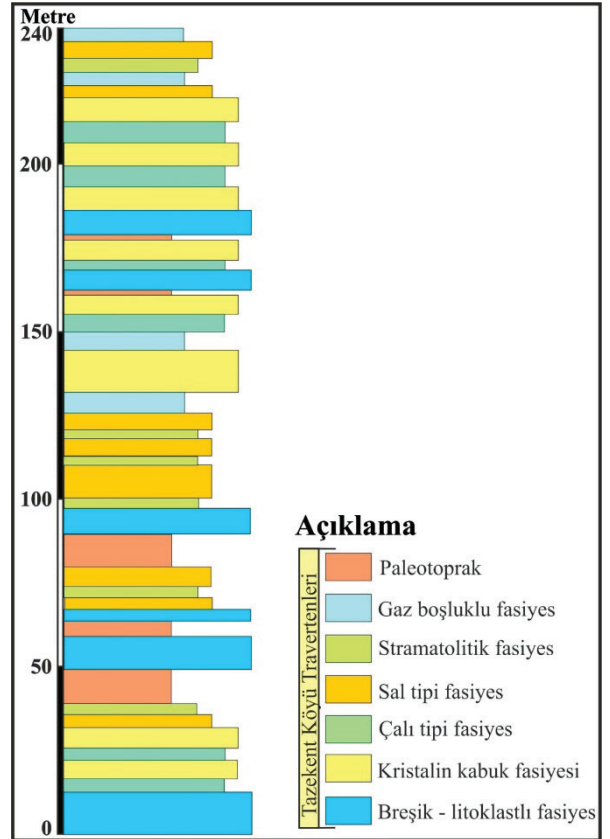
1. Breşik-litoklastlı fasiyes,
2. Kristalin kabuk fasiyesi,
3. Çalı tipi fasiyes,
4. Sal tipi fasiyes,
5. Stromatolitik fasiyes,
6. Gaz boşluklu fasiyes,

7. Paleotoprak fasiyesi, tüm bu fasiyesler ayrıntılı olarak incelenmiş ve bu fasiyesler ışığında, Tazekent Köyü travertenlerinin evrimine ışık tutulmaya çalışılmıştır (Şekil 2).

Breşik-litoklastlı fasiyes

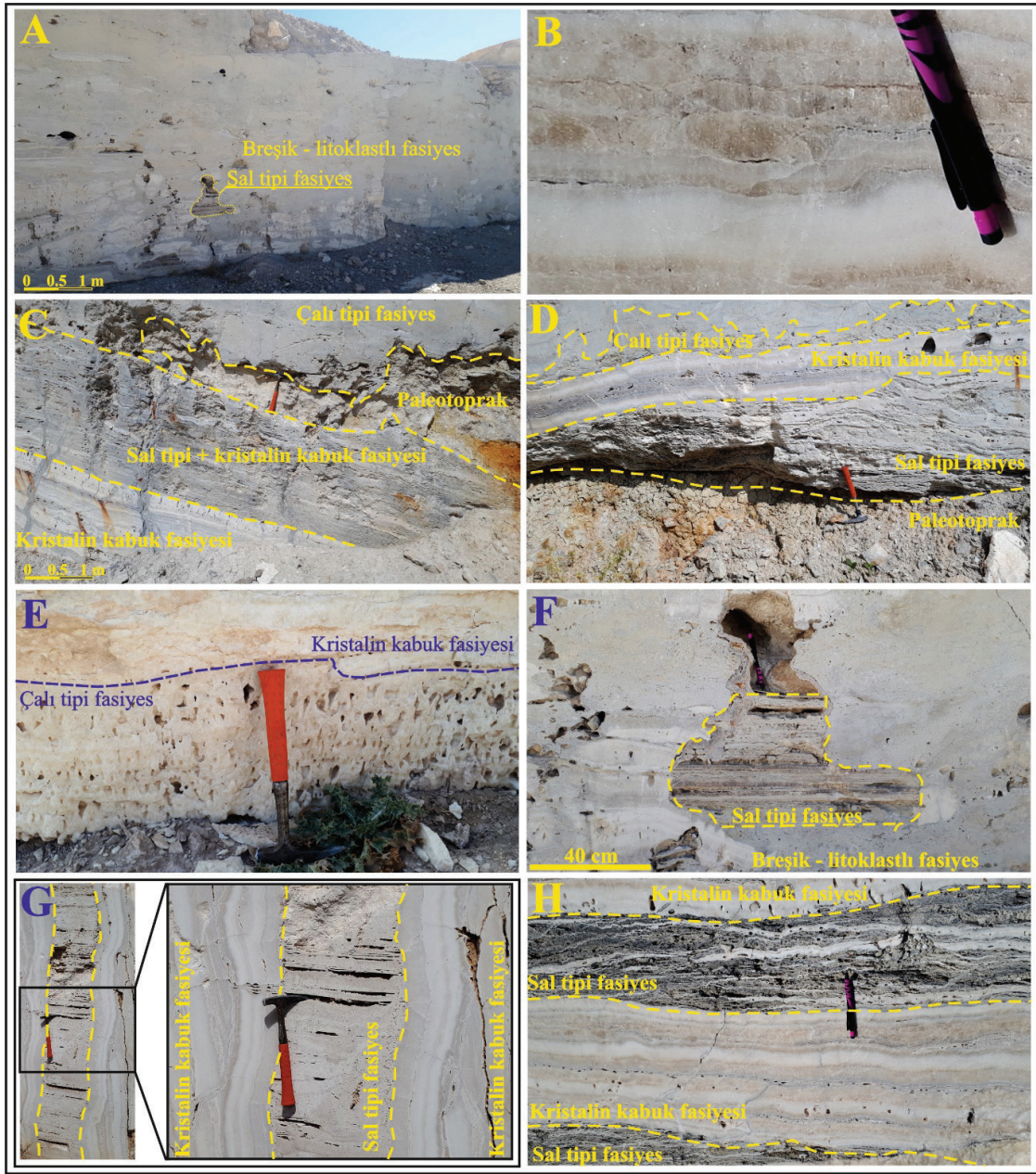
Fasiyes, Tazekent Köyü traverteni boyunca 6 kez tekrarlanmaktadır. Tabanda, volkanitler ve Eosen-Miyosen sedimanter kayaçlarına ait blok ve çakıllar içeren fasiyes, daha üst seviyelerde, travertene ait çakıl ve blok boyu malzeme içermektedir (Şekil 3 A). Krem-bej renklidir. Tabaka kalınlıkları en

altta gözlemlenen breşik-litoklastlı fasiyeste, 40-200 cm arası değişirken, daha üstteki fasiyeslerde, 60-450 cm arası değişmektedir (Şekil 3A). Çakıllar, tabandaki fasiyeste yuvarlağa yakın iken, diğer seviyelerdeki fasiyeslerde, köşeli olarak gözlemlenmektedir.



Şekil 2. Tazekent Köyü travertenlerinin fasiyeslerini gösterir kolon kesit (Yeğen, 2021'den değiştirilmiştir).

Figure 2. Columnar section showing the facies of Tazekent travertines (modified from Yeğen, 2021).



Şekil 3. A) Breşik-litoklastlı traverten fasiyesi. İçerisindeki karstik boşluklarda sal tipi fasiyes ikincil olarak çökelmiştir. B) Kristalin kabuk fasiyesi. C) Kristalin kabuk fasiyesi ve diğer fasiyeslerle ilişkisi. D) Bodur çalılarından oluşan, gri renkli, çalı tipi fasiyes ve diğer fasiyelerin birlikteliği. E) Beyaz renkli, aragonitik yapıdaki çalı tipi fasiyes. F) Boşlukları ve (G) açılan çatlağı dolduran ikincil sal tipi fasiyes oluşumları. H) Sal tipi fasiyes arazi görünümü.

Figure 3. A) Lithoclast-breccia facies. Paper-thin raft type facies was deposited secondarily in karstic cavities. B) Crystalline crust facies. C) Crystalline crust facies and its relationship with other facies. D) Gray colored, shrub type facies consisting of dwarf shrubs and the association with other facies. E) White colored, aragonitic shrub type facies. F) Secondary paper-thin raft type facies filling the cavities, (G) the opened crack and H) Paper-thin raft type facies field view.

Kristalin kabuk fasiyesi

Tazekent Köyü travertenini içerisinde, en çok tekrar eden(8)fasiyeslerinbaşında gelmektedir(Şekil3B). Gri-bej-beyaz rengi ile dikkat çekicidir. Katman kalınlığı, 0,4-25 cm arasında değişmektedir. Masif ve gözeneksiz yapı gözlemlenmektedir. Tazekent Köyü travertenleri içinde, travertenini oluşturan çatlakların içi ve su taşıma kanalları kristalin kabuk fasiyesinden oluşmaktadır. Bununla birlikte diğer fasiyeslerle ardalanmalı bir şekilde tabakalı olarak da bulunmaktadır (Şekil 3C). Sürmeli (2014), bu fasiyesin oniks olarak işletildiğini ifade etmektedir.

Çalı tipi fasiyes

Kristalin kabul fasiyesi ile beraber kesitte en fazla tekrar eden fasiyestir. Kısa çalı veya bodur çalı litolojilerinin gözlemlendiği, kalın katmanlı, gri renkli traverten istifleri olarak tanımlanmaktadır (Şekil 3D). Ancak beyaz renkli, aragonit yapıda ve yukarı doğru büyüyen bitki kalıpları şeklinde de gözlemlenmek mümkündür (Şekil 3E).

Sal tipi fasiyes

Sal tipi fasiyes, ince laminadan ince tabakaya değişen kalınlıklarda, krem bej renklidir. Arazide 3 şekilde rastlamak mümkündür. Boşlukları doldurur şekilde (i) (Şekil 3F) açılma çatlaklarını doldurur şekilde (ii) (Şekil 3G). Bu tarz oluşumlar, traverten oluşumundan sonra gelişen, tektonizma ve karstlaşma süreçleri oluşan yarık ve boşluklarda çökelim olarak gerçekleşmektedir. Bu bağlamda ikincil traverten oluşum olarak adlandırabilir. Traverten oluşumu sırasında tabakalı veya laminalı bir şekilde, gerçekleşmektedir (iii) (Şekil 3D ve H).

Stromatolitik fasiyes

Riding (2008), Stromatolitler için üç özel tip kabuk önermiştir. Bu üç tip otijenik karbonat kabuğunun

tümü, çeşitli zamanlarda stromatolitler olarak tarif edilen tabakalı tortuları (hem biyojenik hem de abiyojenik) oluşturabilir (Riding, 2008). Bu üç tip kabuk sırasıyla, (i) spary kabuk, (ii) hibrit kabuk ve (iii) ince taneli kabuktan oluşmaktadır. İnceleme alanındaki stromatolitlerde bu üç tip kabuğu da gözlemlenmek mümkündür (Şekil 4A). Spary kabuk (tipik olarak düzenli, hatta katmanlama ve spary mikrofabrik) abiyojenik olarak kabul edilir ve stromatolit olarak kabul edilmez. Bunu için önerilen tanım: Stromatolitler makroskopik olarak katmanlı orojeniktir ara katmanlı abiojenik çökelti içeren veya içermeyen mikrobiyal çökeltilerdir. Stromatolitler bu nedenle mikrobiyal ve hibrit tipleri içerir, kubbe oluşturabilirler ve aynı zamanda yaygın olarak tabaka benzeri kütleler halinde meydana gelir (Kalkowsky, 1908; Burne ve Moore 1987; Riding, 1999).

İnceleme alanında gözlemlenen stromatolitlerin birçoğu, Steele (1825), tarafından tarif edilen ve Hall (1883), tarafından Cryptozoon proliferum olarak adlandırılan stromatolit türüne aittir (Şekil 4B).

Gaz boşluklu fasiyes

İnceleme alanında en az gözlemlenen fasiyestir. Alınan kesitin üstüne yakın bölgelerde gözlemlenmektedir. Bu bağlamda traverten oluşumunun sonlara doğru uçucu bileşenlerce oldukça doygun olduğunu göstermektedir. Orta-kalın katmanlı, gri-kahverengi renklidir (Şekil 4C).

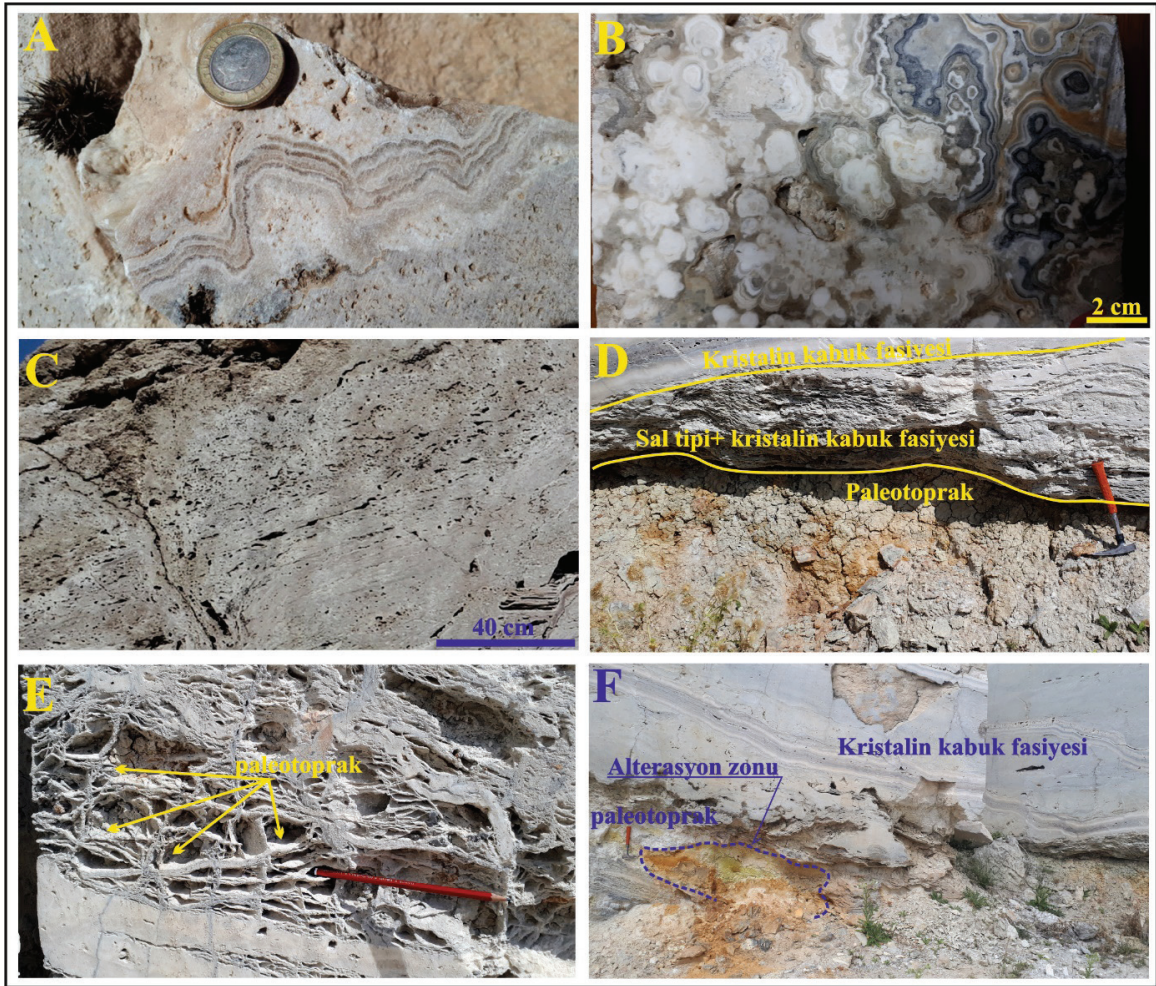
Paleotoprak fasiyesi

İnceleme alanındaki paleotopraklar 2 şekilde gözlemlenmektedir. (i) Kafes yapılı travertenler ile birlikte, kafeslerin içinde (Şekil 4D), (ii) boşluk veya tabakalar arasında belirli bir düzey olarak (Şekil 4E) gözlemlenmektedir. Paleotopraklar aynı zamanda yüksek oranda kükürt ve sülfür alterasyon zonlarını işaret eder (Şekil 4F).

Mineraloji - Petrografi

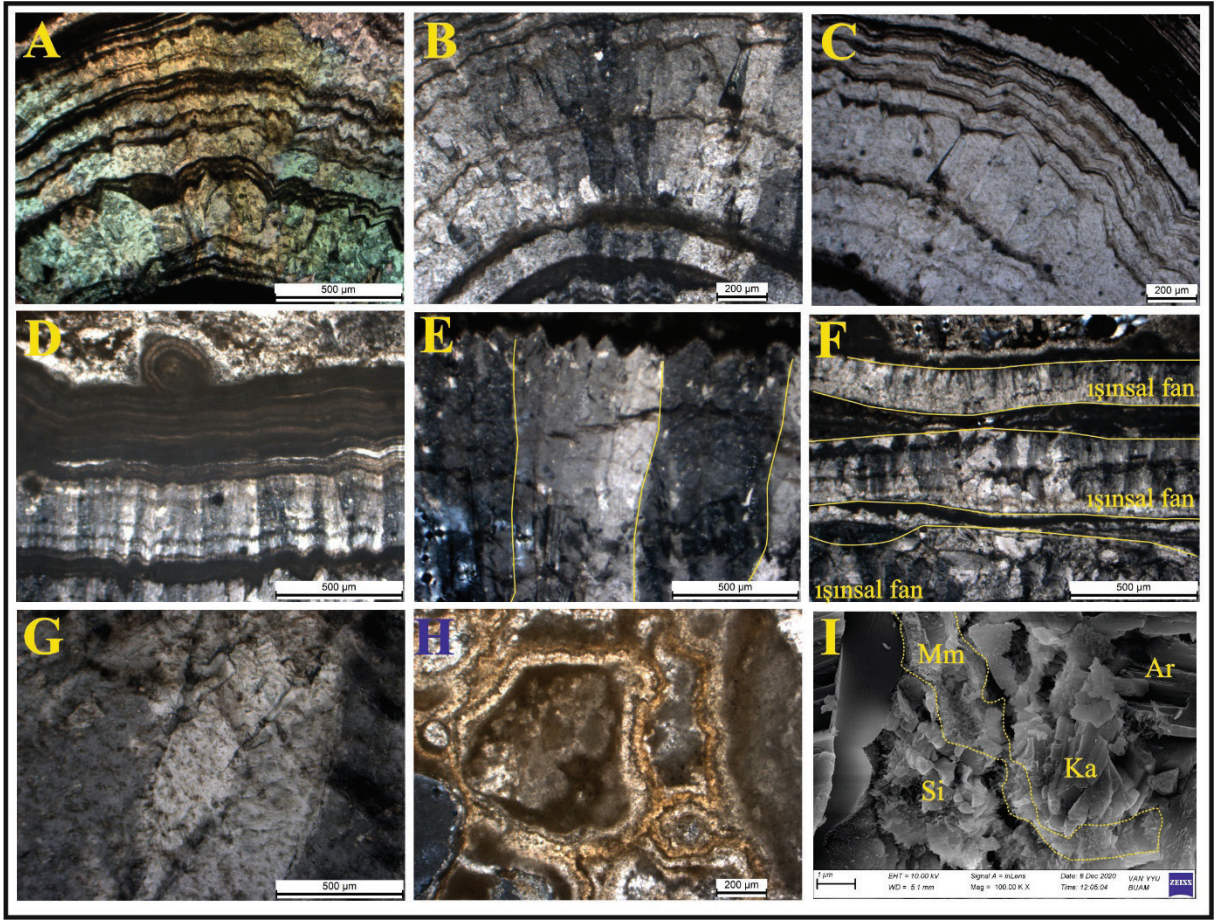
Stromatolitler, Riding (2009)'in belirttiği üç kabuk (ince taneli, hibrit ve spary kabuk) türünü de yansıtmaktadır. Spary kabuk, çok ince bantlar halinde mikritik matlar içermektedir. Bu mikritik malzemeler kalın sparitik malzemelerin arasında yer almaktadır (Şekil 5A). Her bir sparitik kabuk içindeki sparitik kristalleri büyüme düzlemine dik olacak şekilde elipsoidal yarı küreler şeklinde

gelişmektedir ve sparitik kabuk arasında çok ince bile olsa bir mikritik bant bulunmaktadır (Şekil 5B). Hibrit kabuklar, hem sparitik kabuklardan hem de ince taneli kabuktan oluşmuştur (Şekil 5C). Bu kabuklar yaklaşık olarak aynı kalınlıkladırlar. Ancak bazen ince taneli kabuğun, bazen de spary kabuğun daha kalın olduğu yarı hibrit kabuklar da mevcuttur (Şekil 5D). Bu kabuk türünde mikritik bantlar üst üste gelirken sparitik kabuklar arasında yine ince taneli matlar gelmektedir.



Şekil 4. A) Stromatolitler, spary ve ince taneli kabuğun bir arada gözlemlendiği hibrit kabuk. B) Hall (1883), tarafından *Cryptozoon proliferum* olarak adlandırılan stromatolit türü. C) Üst seviyelerde gözlemlenen gaz boşuklu fasies. D) Kafes yapısı içerisindeki ve tabakalar arası şekildeki (E) paleotoprak oluşumları.

Figure 4. A) *Stromatolite*. Hybrid crust where, sparry and fine-grained crust are observed together. B) *Stromatolite species* named as *Cryptozoon proliferum* by Hall (1883). C) Gas-bubble facies observed at upper levels. D) Paleosol formations within the lattice structure and in the form of interlayers (E).



Şekil 5. A) Kalın spary kabuk arasındaki ince mikrobiyal matlar. B) Spary kabuk aynı zamanda çökelme eksenine dik kalsit kristal fanlarından oluşmaktadır. C) Spary ve ince taneli taneli kabuğun bir arada olduğu hibrit kabuk, Hibrit kabukta, kabuk kalınlıkları değişken olduğu gibi kimi durumlarda kabuk kalınlıkları yaklaşık aynıdır D). E) Kristalin kabuk fasiyesini oluşturan, çökelme düzlemine dik kalsit kristalleri. F) Yaklaşık eşit boylardaki ışınal fanlar. G) Çalı tipi fasiyesteki, birden fazla yaprakтан yayılan dalların oluşturduğu çalı büyümesi. H) yaprakların enine kesitindeki ooid benzeri yapılar. I) Oniks travertenin SEM görüntüsü, kesit kuvars aragonite ile birlikte bol miktarda silisyum içerir. (Kısaltmalar: Ar: aragonit, Ka: kalsiyum, Mm: mikrobiyal mat, Si: silisyum).

Figure 5. A) Thin microbial mats between thick sparry crust. B) Sparry crust also consists of calcite crystal fans perpendicular to the axis of deposition. C) Hybrid crust where sparry and fine-grained crust are together. In hybrid crust, crust thicknesses are variable, and in some cases, crust thicknesses are approximately the same. D). E) Calcite crystals perpendicular to the plane of deposition, forming the crystalline crust facies. F) Radial fans of approximately equal length. G) Shrub growth formed by branches radiating from more than one leaf in the shrub-type facies. H) Ooid-like structures in the cross-section of leaves. I) SEM image of onyx travertine, section contains abundant silicon together with quartz aragonite. (Abbreviations: Ar: aragonite, Ka: calcium, Mm: microbial mat, Si: silicon).

Kristalin kabuk fasiyesini oluşturan, çökelme düzlemine dik kalsit kristallerinin üst yüzeyleri konkoidal yapı da fanlardan oluşmaktadır. (Bknz. Şekil 5B). Düzgün yapıda, aralarında boşluk bırakmayacak şekilde kompakt olarak gelişen

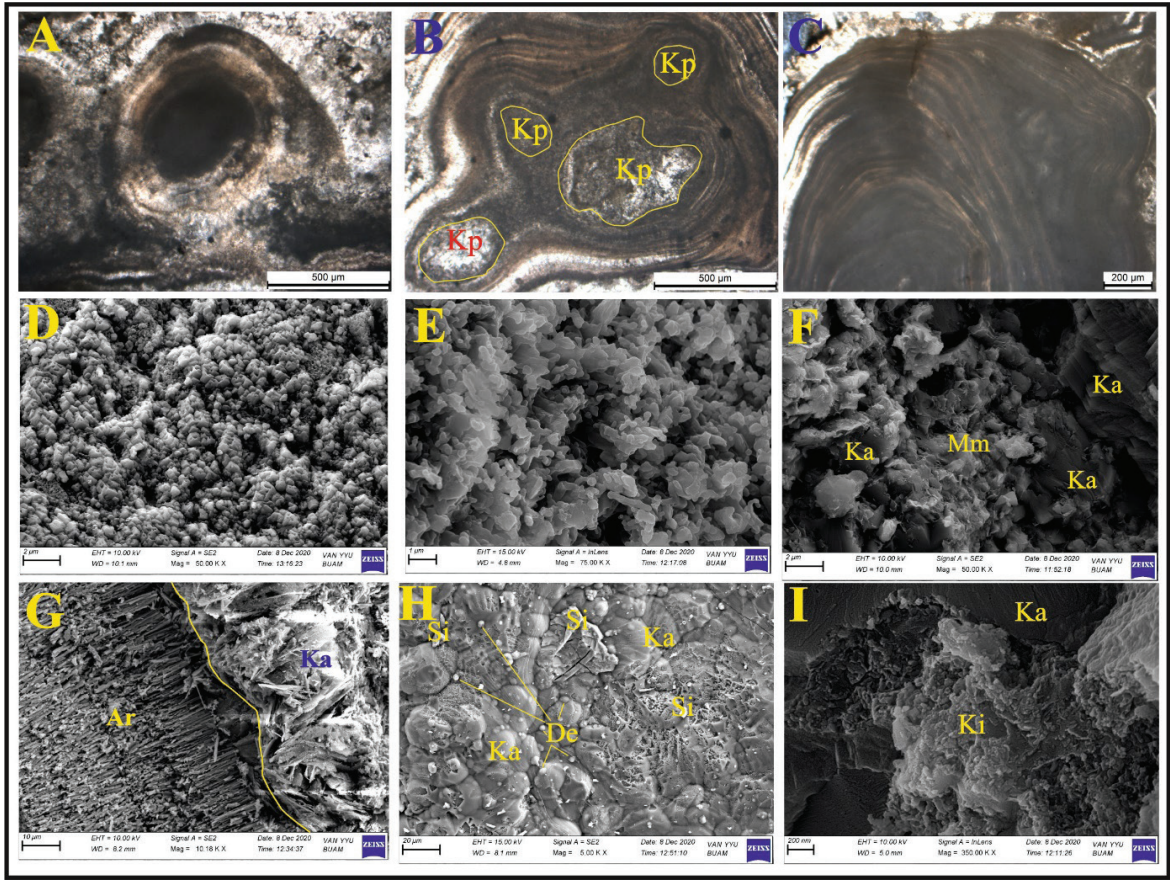
bu kalsit kristalleri, ince kesitte, uzamaya dik olarak, kristalleri kesen ince laminasyonlara sahip uzun kristal katmanlardan oluşur (Şekil 5E). Bu ince laminasyonlar, yukarı doğru dışbükey olan ve fan tabanından yukarı doğru gelişen büyüme

çizgileridir. Art arda gelişen ışınal fanlar yaklaşık eşit boylardadır (Şekil 5F)

Çalı tipi fasiyesi, incelenen kesitlerde, çalı büyümesi birden fazla yapraktan yayılan dalların oluşturduğu çalı büyümesi şeklinde gözlenmektedir (Şekil 5G). Yaprakların boyuna kesilmiş kesitleri incelendiğinde ooid benzeri yapılar gözlemlenmektedir (Şekil 5H). Bu yapıların ortasında kalsit mineralleri, etrafında

ise çürümüş olan bakteri hücreleri yer almaktadır (Şekil 5I).

Breşik litoklast fasiyesini oluşturan litoklastları, yine travertenden aşınan taneler oluşturmaktadır. Fasiyesi içerisinde yer yer ooid (Şekil 6A) ve onkoid tanelerine rastlanmaktadır (Şekil 6B). Ooidlerin çekirdeğindeki taneleri kristalin kabuk fasiyesinden türemiş çakıllar oluşturmaktadır.



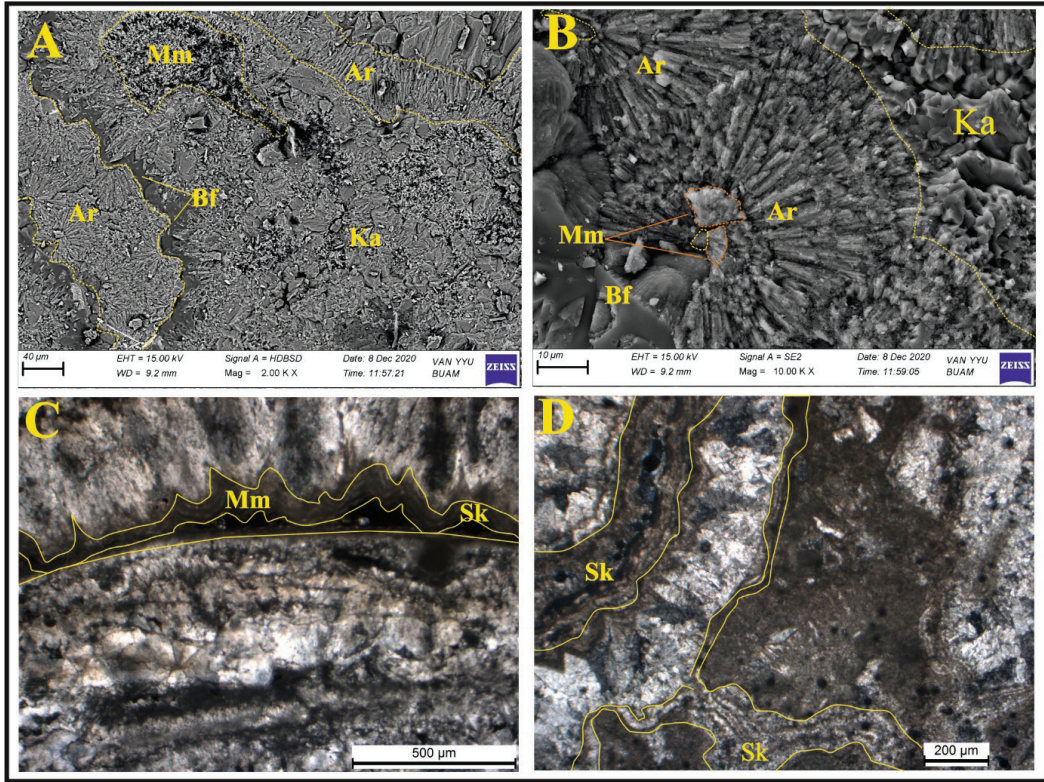
Şekil 6. A) Breşik – litoklastlı fasiyesi içerisindeki, ooid ve **(B)** onkoid taneleri. **(C)** İnce taneli kabuk. **(D)** İnce taneli mikrobiyal mat ve Spary kabuk matı **(E).** **(F)** Kalsit kristallerinin arasında gözlemlenen mikrobiyal malzeme, **(G)** bu malzeme kalsit aragonit sınırında gözlemlenmemektedir. **(H)** Oniks travertenler duru kalsit ve aragonit kristallerinden oluşmaktadır, **(I)** ancak katmanlar arası bazı durumlarda killi malzemeler ihtiva edebilmektedir. (Kısaltmalar: Fe: demir, Ka: kalsit, Kp: kayaç parçası, Mm: Mikrobiyal mat, Si: silisyum).

Figure 6. A) Ooid and **(B)** onkoid grains within brecciated - lithoclast facies. **(C)** Fine-grained crust. **(D)** Fine-grained microbial mat and sparry crust mat **(E).** **(F)** Microbial material observed between calcite crystals, **(G)** This material cannot be observed at the calcite-aragonite boundary. **(H)** Onyx travertines consist of clear calcite and aragonite crystals, **(I)** In some cases, clayey materials may be present between the layers. (Abbreviations: Fe: iron, Ka: calcite, Kp: rock fragment, Mm: Microbial mat, Si: silicon).

İnce taneli kabuklar ise üst üste birikmiş, mikritik matlardan meydana gelmektedir (Şekil 6C). SEM görüntülerinde ince taneli mikrobiyal kabuk matları, gri beyaz renkli, ince taneli ve iç içe geçmiş görünürken (Şekil 6D), spari kabuk matları ise daha duru, iri taneli ve daha açık renkli görünmektedir (Şekil 6E). Bir stromatolit istifi tek bir kabuk yerine bu üç kabuğun harmanlanması sonucu oluşmaktadır. SEM görüntüleri incelendiğinde kalsit kristallerinin arasında, çoğunlukla mikrobiyal malzeme görülmektedir (Şekil 6F). Bu mikrobiyal matlar,

kalsit levhalarının uç kısımlarına yerleşerek bir örtü gibi levhaların üstünü örtmektedir ve kalsit aragonit sınırında gözlenmemektedir (Şekil 6G)

Tazekent Köyü Traverten istifi yoğun miktarda killi malzeme ve kuvars içermektedir. Silisyum traverten bünyesinde yoğun miktarda bulunması sonucu bölge oniks bakımından oldukça zengin hale gelmiştir (Şekil 6H). Kuvarslar genelde demirle birlikte traverten bünyesi içerisinde yer alırken (Şekil 6I) killer daha çok ikincil oluşumlar olarak yerleşim göstermektedir.

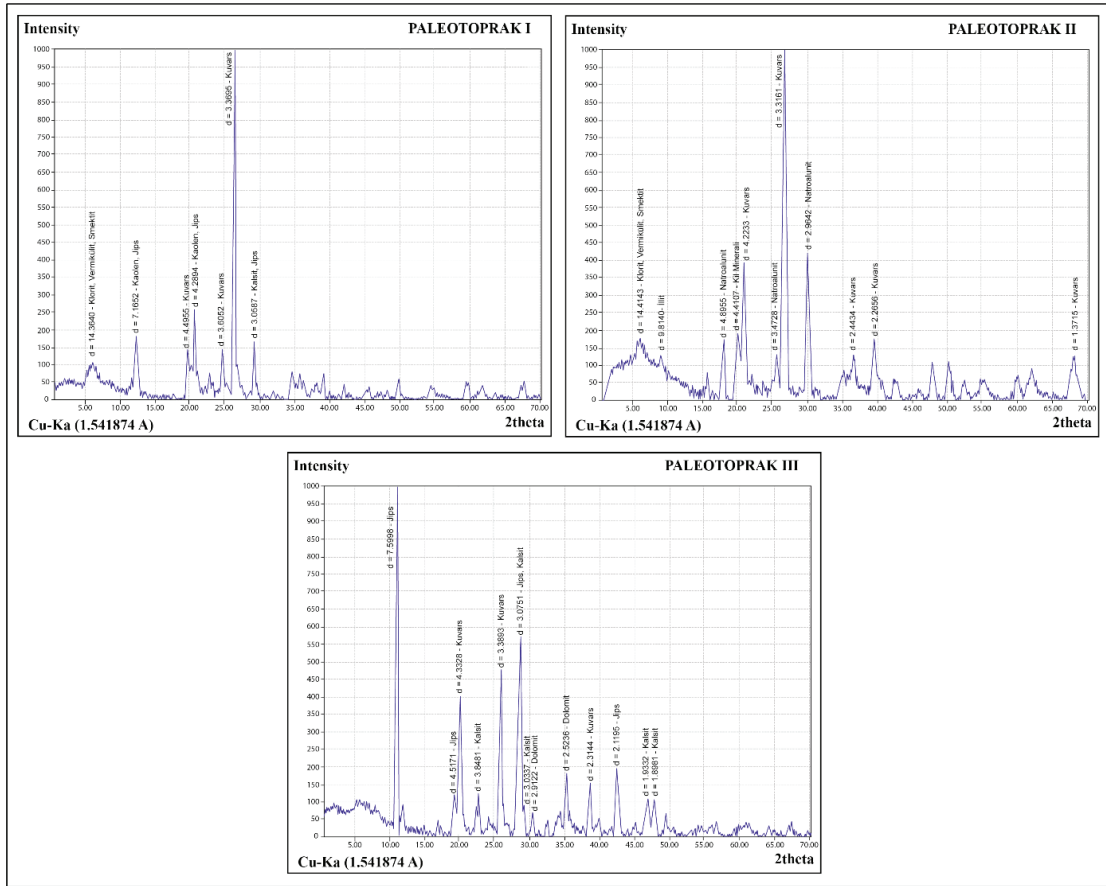


Şekil 7. A, B Sivri uçlu aragonit kristallerine (Ar) sahip sferolitler, mikrobiyal matlar (Mm) ve kalsit kristalleri (Ka), bu sferolitlerin merkezinde çoğu zaman bakteri fosilleri (Bf) bulunmaktadır. **C**) Kristalin kabuk fasiyesinde gözlemlenen iri kristalli kalsit demetlerinden oluşan traverten parçaları (Kp). Bu traverten parçaları da kristalin kabuk fasiyesinden oluşmaktadır. **D**) kristalin kabuk fasiyesinde gözlemlenen sutaşıma kanalları (Sk). Kanalların etrafında oluşan iri kalsit kristalleri dikkat çekicidir.

Figure 7. A, B Spherulites with pointed aragonite crystals (Ar), microbial mats (Mm), calcite crystals (Ka), and bacterial fossils (Bf) are often found in the center of these spherulites. **C**) Travertine fragments consisting of large crystalline calcite bundles observed in the crystalline crust facies (Kp). These travertine fragments also consist of the crystalline crust facies. **D**) Water transport channels observed in the crystalline crust facies (Sk). The large calcite crystals forming around the channels are remarkable.

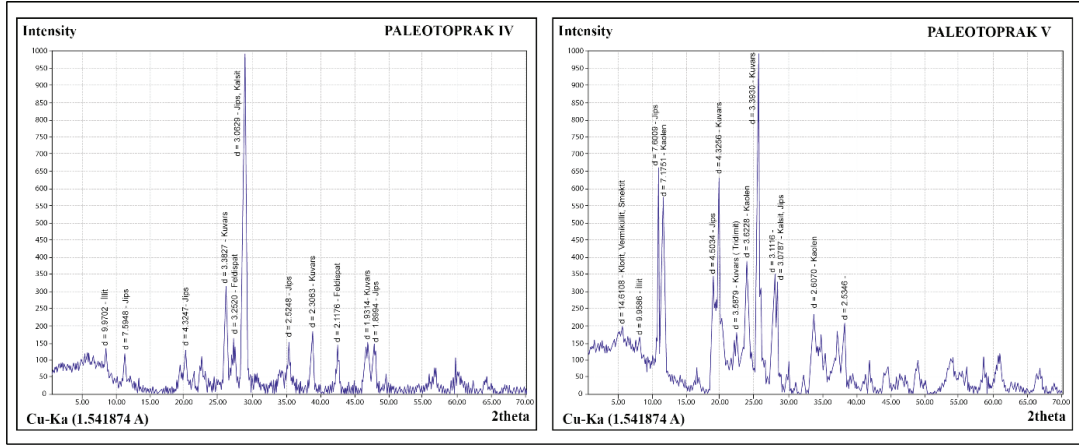
Bazı gayzerler ve sıcak su kaynaklarında, silisli, manganez, alüminyum ve demir açısından zengin minerallerle birlikte yoğun karbonat birikimleri gözlemlenmektedir (Chafetz vd., 2018). Bu kaynak alanlarda çok iyi gelişmiş öz kristalli aragonit tanelerine çok sık rastlanmaktadır (Chafetz vd., 2018). Bazı durumlarda ise, sivri uçlu aragonit kristallerine sahip bazı sferolitler vardır (Şekil 7A). Bu sferolitleri içeren ve radyal olarak dizilmiş aragonit kristallerinin merkezlerinde değişik şekilli (küresel, eliptik ila çubuk) kümeleri bulunur (Şekil 7B). Bu parçacıklar, daha önce laboratuvar deneyleri sırasında küresel karbonat çökeltileri oluşturduğu gözlenen bakteri gövdelerine benzer boyut ve şekillere sahiptir (Chafetz, 1986; Buczynski ve Chafetz, 1991;

Chafetz ve Buczynski, 1992; Rivadeneyra vd., 2006a ve 2006b) bu çalışmada da gözlemlenen ve aragonit sferolitlerinin merkezinde yer alan bu taneler bakteriyel fosiller olduğu düşünülmektedir. Çoğu durumda saf aragonit kristalleri çekirdek bölgesinin yüzeyinden yayılmaktadır. Ancak bazı sferolitlerde geçiş bölgesi vardır ve geçiş bölgesi sergileyen bu sferolitlerde, çekirdeğe en yakın başlangıçta çökelmiş aragonit kristallerinin, çekirdeğin bir parçası olan bazı bakteri fosillerini kapladığı gözlemlenebilmektedir (Chafetz vd., 2018). Kristalin kabuk fasiyesinde, suları taşıyan, mikro kanalcıklar gözlemlenmektedir (Şekil 7C ve D). Bu mikro kanalların içi yine, kristalin kabuk fasiyesinden oluşmaktadır.



Şekil 8. Kolon kesitteki sırasıyla, alttan üste doğru, 1, 2, 3 nolu paleotoprak örneklerinin XRD analiz sonuçları.

Figure 8. XRD analysis results for paleosol samples 1, 2, and 3 in the column section, from bottom to top, respectively.



Şekil 9. Kolon kesitteki sırasıyla, alttan üste doğru, 4 ve 5 nolu paleotoprak örneklerinin XRD analiz sonuçları.

Figure 9. XRD analysis results for paleosol samples 4 and 5 in the columnar section, from bottom to top, respectively.

İnceleme alanındaki 5 paleotoprak fasiyesinden alınan örneklerin X-ışını kırınım analizlerinde; kil, karbonat, kuvars, jips, feldspat ve dolomit piklerinin yaygın olduğu gözlenmiştir (Şekil 8 ve 9). 5 örnekte de baskın olarak kuvars, jips, illit, vermiküllit, klorit ve smektit mineralleri bulunmaktadır. Kuvars minerali, 4,4955 – 1,9314 A° pik değerlikleri arasında, klorit vermiküllit, smektit mineralleri, 14,6108 – 14,3640 A° pik değerlikleri arasında izlenmektedir. Bunların dışında en çok izlenen minerallerden olan, jips minerali, 7.1652 – 1.8994 A° pik değerlikleri arasında ve illit minerali ise, 9,9586 – 9,8140 A° pik değerlikleri arasında gözlemlenmiştir. Paleotoprak 3 örneğinde gözlemlenen dolomit minerali, 2,2536 – 2,9122 A° pik değerlikleri arasındadır. Yine paleotoprak 4 örneğinde, 2,1176 – 3,2520 A° pik değerlikleri arasında feldspat mineralleri gözlemlenmektedir. Bu örneklerin dışında, 3,0337 – 3,0787 A° pik değerlikleri arasında kalsit minerallerine rastlanmıştır (Şekil 8 ve 9).

TARTIŞMA

Taramalı elektron mikroskobu (SEM) görüntüsünde gözlemlenen mikrobiyal matlar ve siyanobakteri filamentleri, tüf çökeltisindeki canlı aktivitenin bir örneğidir (Özkul vd., 2002; Tlili

vd., 2021). İnceleme alanındaki stromatolitler, travertenler üzerinde canlı aktivitesini oluşturacak gösel alanların geliştiğini göstermektedir. Bu stromatolitlerin sürekli yukarı doğru büyüyen bir sistemde büyümesi, mevcut göl seviyesinin sürekli yükseldiğini göstermektedir (Martin-Bello vd., 2019). Yine, yarık ve karstik boşluklar, açılmanın devam ettiğini, bu alanlarda gelişen sal tipi fasiyes, traverten çökelişi olduğunu göstermektedir. Kristalin kabuki fasiyesinin, duru kalsitlerden ve eşit boylu fanlardan oluşması, bu kasiyesin kaynak alanda ve yamaç ortamında oluştuğunu göstermektedir (Özkul vd., 2001; Barilaro vd., 2011). Breşik-litoklastlı fasiyeste gözlemlenen blok boyutu malzemenin köşeli olması bunların taşınmadığını ve koparıldıkları yerin hemen dibinde çökeldiklerini göstermektedir. Bölgede traverten oluşumu ile eş zamanlı gerçekleşen volkanizma gerek travertenleri oluşturan termal sularda gerekse paleosol fasiyesindeki zengin mineralleşmede etkin bir rol üstlenmiştir (Mutlu vd., 2013; Pasvanoğlu, 2013; Sürmeli, 2014; Kardaş, 2019; Kıyadeh, 2019; Yeşilova vd., 2021; Yeşilova, 2022). Bununla birlikte bölgede günümüzde de etkin olan kaplıca sistemi bölgedeki mağmatik faaliyetlerin günümüzde de etkili olduğunu göstermektedir. Gerek kırıklı çatlaklı yapı gerek bu yapıları dolduran sal tipi fasiyesler, travertenlerin uzak yamaçlarında

oluşan gösel alanlar ve breşik-lioklastlı fasiyesin çakıl içeriği travertenlerin oluşum esnasında sadece volkanizmanın değil tektonizmanın da yoğun bir şekilde gerçekleştiğini göstermektedir (Gradziński., 2010).

XRD analizleri paleotoprakları anlamının en güzel yoludur (Tabor ve Meyers, 2015). Tüm paleosol örnekleri kurak ve soğuk iklimleri göstermektedir. Tüm örneklerde gözlemlenen kuvars, klorit mineralleri bu durumu doğrulamaktadır (Singer vd., 1994; Southard ve Miller, 1996; Tabor ve Meyers, 2015). Ancak, kuvars ve klorit minerallerinin tüm kırıntılı, olgunlaşmamış paleosollerde gözlemlendiği bilinmektedir (Southard ve Miller, 1996; Thomas vd., 2011; Tabor ve Meyers, 2015). Paleotoprak 1-2 ve 5 örneklerinde gözlemlenen klorit, vermikülit ve smektit mineralleri, bu 3 örneğin de kurak ve soğuk iklim şartlarında olduğunu göstermektedir (bakınız Şekil 9 ve 10) (Sheldon ve Tabor, 2009). Yine paleotoprak 3-4 örneklerinde gözlemlenen dolomit ve feldispat mineralleri de bu örneklerin kurak ve soğuk iklim koşullarında gerçekleştiğini ıspatlamaktadır (Sheldon ve Tabor, 2009; Babechuk ve Kamber 2013; Tabor ve Meyers, 2015). Ancak yine bu örneklerde gözlemlenen (paleotoprak 3-4) örneklerinde yoğun miktarda gözlemlenen jips ve kalsit mineralleri kurak iklimi doğrulamakla birlikte sıcaklığın nispeten ılıman geçtiğini göstermektedir (Sheldon ve Tabor, 2009; Tabor ve Meyers, 2015). Tüm veriler ışığında; paleotoprak 1-2-5 örnekleri kurak ve soğuk iklim koşullarını, paleotoprak 3-4 örnekleri ise kurak ve sıcak iklim koşullarını göstermektedir. Bu fasiyes birlikteliği hemen hemen her paleosol fasiyesinin üzerinde görülmektedir. Kristalin kabuk fasiyesi gelişimi, genel olarak bunun olduğu alanlarda nispeten daha sıcak su ve kaynağı gösterir (örneğin, Guo ve Riding, 1998). Bu fasiyes ilişkisi, hızlı su akışı nedeniyle sınırlı biyolojik aktivite ile gelişir (Guo ve Riding, 1998). İnce kesitte gözlenen çökeltme seviyesine dik olan ince ve uzun kristalin kalsit demetleri bu durumu doğrulamaktadır (örneğin, Barilaro vd., 2011). Yine ışın-kristal fanların eşit

uzunlukta ve aynı büyüme hızında olması, ortam koşullarının ve su akış hızının sabit olduğunu göstermektedir. (Örneğin, Özkul vd., 2001; Barilaro vd., 2011). Ooidleri oluşturan eş merkezli berrak kalsit halkaları yüksek su enerjisini gösterir. Bütün bu açıklamalar, bu fasiyeslerin yamaç ortamında biriktiğini doğrulamaktadır.

Tüm XRD, SEM çalışmaları ile incekesit örneklerinde gözlemlenen mineraller ve mineral parajenezleri birbirleriyle uyumlu olduğu tespit edilmiştir.

SONUÇ

Tazekent Köyü Travertenleri, 215,16 ka'dan günümüze değin geçen sürede, bir açılma çatlağından yüzeye taşınan CaCO₃ açısından zengin olan sıcak sular tarafından, yer yer sabit, yer yer yüksek bir akış hızında ve yamaç ortamında oluşmuştur. Oluşumları zamanında, genel olarak kurak ve sıcak iklim koşulları hüküm sürse de zaman zaman soğuk iklim koşullarının da egemen olduğu gözlemlenmektedir. İleride ayrıntılı yaş verileriyle bu iklim dönemlerinin buzul ve buzul arası dönemlerle korelasyonu yapılmalıdır.

Bölgede güncel traverten oluşumları, sıcak su çıkışları ve gayzerler gözlenmektedir. Bu bağlamda, bölge tektonik olarak aktif bir zondadır. Travertenler, volkanik ve tektonik aktivite ile eş zamanlı oluşum göstermiştir.

EXTENDED SUMMARY

Diyadin (Ağrı, Turkey) has an important place in the Eastern Anatolia region due to its thermal springs. The study covers the ridge-type travertine formations in Tazekent village and its immediate surroundings, where thermal activities are most intense, 10 km northeast of Diyadin. In this study, the aim was to determine the geological evolution of the Tazekent travertines and shed light on the climatic changes during their formation. The basement of the study area comprises Eocene-Miocene sedimentary rocks. These rocks are

unconformably overlain by Pliocene volcanics, Quaternary travertines and recent alluvium. Travertine and alluvium formation still continue in the region today. Within the scope of field studies, 125 samples were taken, with 110 of these samples used for thin section, 10 for scanning electron microscope (SEM) and 5 (paleosol) for X-ray diffraction (XRD) analysis. As a result of the field studies, the travertines of Tazekent village were differentiated into 7 facies. These facies are;

1. Brecciated-lithoclastic facies,
2. Crystalline crust facies,
3. Shrub type facies,
4. Paper thin raft type facies,
5. Stromatolitic facies,
6. Bubble-coated void facies,
7. Paleosol facies.


The Tazekent Travertines formed by hot waters rich in CaCO_3 carried to the surface from an opening crack, in a period from 215.16 ka to the present day, at constant but sometimes high flow rate and in a slope environment. Although hot and dry climate conditions generally prevailed during the time of their formation, it was observed that cold climate conditions also prevailed from time to time. In future studies, these climate periods should be correlated with glacial and interglacial periods with detailed age data. Current travertine formation, hot water outlets and geysers are observed in the region; in this context, the region is a tectonically active zone. Travertines formed simultaneously with volcanic and tectonic activity.

KATKI BELİRTME

Bu çalışma, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsünde yapılmış, “Tazekent Köyü (Diyadin, Ağrı) Travertenlerinin Jeolojik Özellikleri” isimli yüksek lisans tez projesinden üretilmiştir. Tez, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimince “FYL-2019-8450” nolu proje olarak desteklenmiştir.

ORCID

Çetin Yeşilova  <https://orcid.org/0000-0002-8884-0842>

Şükriye Başak Yeğen  <https://orcid.org/0009-0003-0077-7223>

KAYNAKLAR / REFERENCES

- Alcicek, M. C., Alcicek, H., Altunel, E., Arenas, C., Bons, P., Brogi, A., Capezzuoli, E., de Riese, T., Della Porta, G., Gandin, A., Guo, L., Jones, B., Karabacak, V., Kershaw, S., Liotta, D., Mindszenty, A., Pedley, M., Ronchi, P., Swennen, R. & Temiz, U. (2017). Comment on “First records of syndiagenetic non-tectonic folding in Quaternary thermogene travertines caused by hydrothermal incremental veining” by Billi vd. *Tectonophysics*, 721, 491–500.
- Altunel, E. (1996). Pamukkale travertenlerinin morfolojik özellikleri, yaşları ve neotektonik önemleri. *Bulletin of the Mineral Research and Exploration (MTA Dergisi)*, 118, 47-64.
- Altunel, E. & Hancock, P. L. (1996). Structural attributes of travertine filled extensional fissures in the Pamukkale plateau, western Turkey. *International Geology Review*, 38, 768-777. <https://doi.org/10.1080/00206819709465360>
- Babechuk, M. G. & Kamber, B. S. (2013). The Flin Flon paleosol revisited. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 50(12), 1223-1243. <https://doi.org/10.1139/cjes-2013-0076>
- Barilaro, F., Della Porta, G., Ripamonti, M. & Capezzuoli, E. (2011). Petrographic and Facies Analysis of Pleistocene Travertines in Southern Tuscany, Central Italy. AAPG Search and Discovery Article. 90124. 2011 AAPG Annual Convention and Exhibition, April 10-13, 2011, Houston, Texas.
- Barnes, I., Irwin, W. P. & White, D. E. (1978). *Global distribution of carbondioxide discharges, and major zones of seismicity*. U.S. Geological Survey, Water-Resources Investigations, 78-39, Open-File Report.
- Buczynski, C. & Chafetz, H.S. (1991). Habit of bacterially induced precipitates of calcium carbonate and the influence of medium viscosity on mineralogy. *Journal of Sedimentary Petrology*, 61, 226–233. <https://doi.org/10.1306/D42676DB-2B26-11D7-8648000102C1865D>
- Burne, R. V. & Moore, L. S. (1987). Microbialites; organosedimentary deposits of benthic microbial communities. *Palaos*, 2(3), 241-254.
- Chafetz, H. S. (1986). Marine peloids: a product of bacterially induced precipitation of calcite. *Journal of Sedimentary Petrology*, 56, 812–817.

- Chafetz, H. S. & Buczynski, C. (1992). Bacterially induced lithification of microbial mats. *Palaios*, 7, 277-293.
- Chafetz, H., Barth, J., Cook, M., Guo, X., & Zhou, J. (2018). Origins of carbonate spherulites: implications for Brazilian Aptian pre-salt reservoir. *Sedimentary Geology*, 365: 21-33. <https://doi.org/10.1016/j.sedgeo.2017.12.024>
- Gradziński, M. (2010). Factors controlling growth of modern tufa: results of a field experiment. *Geological Society Special Publications*, 336, 143-191. <https://doi.org/10.1144/SP336.8>
- Guo, L. & Riding, R. (1998). Hot spring travertine facies and sequence Late Pleistocene, Rapolano Terme, Italy. *Sedimentology*, 45, 163-180.
- Gülyüz, E., Özkaptan, M., Kaymakci, N., Persano, C. & Stuart, F. M. (2019). Kinematic and thermal evolution of the Haymana Basin, a fore-arc to foreland basin in Central Anatolia (Turkey). *Tectonophysics*, 766, 326-339. <https://doi.org/10.1016/j.tecto.2019.06.020>
- Hall, J. (1883). Cryptozoon n.g.: Cryptozoon proliferum n.sp. N.Y. *State Mus. Ann. Rep.*, (36): plate 6.
- Henchiri, M., Ben Ahmed, W., Brogi, A., Alçiçek, M. C. & Benassi, R. (2017). Evolution of Pleistocene travertine depositional system from terraced slope to fissure-ridge in a mixed travertine-alluvial succession (Jebel El Mida, Gafsa, southern Tunisia). *Geodinamica Acta*, 29 (1): 20-41.
- Kalkowsky, E. (1908). Oolith und Stromatolith im norddeutschen Buntsandstein. *Zeitschrift der deutschen geologischen. Gesellschaft*, 68-125.
- Kardaş, S. (2019). *Diyadin (Ağrı) Kuzeyinin Tektonik Özellikleri ve Jeotermal Potansiyeli*. Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Fen Bilimleri Enstitüsü, Van.
- Kıyadeh, A. A. H. (2019). *Diyadin (Ağrı) Güneyinin Tektonik Özellikleri ve Jeotermal Potansiyeli* (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Van.
- Koçyiğit, A. (2013). *New Field And Seismic Data About The Intraplate Strike-Slip Deformation in Van Region. East Anatolian Plateau. E. Turkey*. Middle East Technical University. Department of Geological Engineering. Active Tectonics and Earthquake Research Lab.. TR-06800 Ankara. Turkey.
- Le Pichon, X., Francheteau, J. & Bonnin, J. (1973). *Plate Tectonics: Developments in Geotectonics*. 6. Elsevier Science Ltd., Amsterdam. 300.
- Martin-Bello, L., Arenas, C. & Jones, B. (2019). Lacustrine stromatolites: Useful structures for environmental interpretation – an example from the Miocene Ebro Basin. *Sedimentology*, 66, 2098-2133. <https://doi.org/10.1111/sed.12577>
- Mesci, B.L., Gürsoy, H. & Tatar, O. (2008). The Evolution of Travertine Masses in the Sivas Area (Central Turkey) and Their Relationship to Active Tectonics. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 17, 219-240.
- Mesci, B. L., Tatar, O., Piper, J. D. A., Gürsoy, H., Altunel, E., Crowley, S. (2013). The efficacy of travertine as a palaeoenvironmental indicator: palaeomagnetic study of neotectonic examples from Denizli, Turkey. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 22, 191-203.
- Mc Kenzie, D. P. (1972). Active tectonics of Mediterranean region. *Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society*, 30, 109-158.
- Morelli, C. (1978). Eastern Mediterranean: geophysical results and implications. *Tectonophysics*, 46, 333-346.
- Mutlu, H., Aydın, H. & Kazancı, A. (2013). Diyardin (Ağrı) jeotermal sahasına yönelik jeokimyasal ve izotopik bulgular. *11. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi Jeotermal Enerji Semineri*. 17-20 Nisan 2013, İzmir. 47-67.
- Özkul, M., Alçiçek, M. C., Heybeli, H., Semiz, B. & Erten, H. (2001). Depositional features of Denizli hot spring travertines and their appraisalment in view marbling. *III. Turkey Marble Symposium (Mersem '2001) Proceeding Book, (in Turkish with English Abstract)*, (pp.: 57- 72), Afyon, Turkey.
- Özkul, M., Varol, B. ve Alçiçek, M. C. (2002). Denizli travertenlerinin petrografik özellikleri ve depolanma ortamları. *Bulletin of the Mineral Research and Exploration (MTA Dergisi)*, 125, 13-29.
- Özkul, M., Gökgöz, A. & Horvatinčić, N. (2010). Depositional properties and geochemistry of Holocene perched springline tufa deposits and associated spring waters: a case study from the Denizli province, Western Turkey. In Pedley, H.M. (Ed.), *Tufas and 65 Speleothems: Unravelling the Microbial and Physical Controls: The Geological Society, London. Special Publications*, 336, 245-262.
- Pasvanoğlu, S. (2013). Hydrogeochemistry of thermal and mineralized waters in the Diyardin (Ağrı) area, Eastern Turkey. *Applied Geochemistry*, 38, 70-81. <https://doi.org/10.1016/j.apgeochem.2013.08.010>
- Pentecost, A. & Tortora, P. (1989). Bagni di Tivoli, Lazio; a modern travertine depositing site and its associated microorganisms. *Bolletino della Societa Geologica Italiana*, 108: 315-324.

- Pentecost, A. (2005). *Travertine*. Berlin, Springer-Verlag.
- Riding, R. (1999). The term stromatolite: towards an essential definition. *Lethaia*, 32(4): 321-330.
- Riding, R. (2008). Abiogenic, microbial and hybrid authigenic carbonate crusts: components of Precambrian stromatolites. *Geologia Croatica*, 61(2-3): 73-103.
- Riding, R. (2009). An atmospheric stimulus for cyanobacterial-bioinduced calcification ca. 350 million years ago?. *Palaios*, 24(10), 685-696. <https://doi.org/10.2110/palo.2009.p09-033r>
- Rivadeneira, M. A., Martin-Algarra, A., Sanchez-Roman, M., Sanchez-Navas, A. & Martin-Ramos, J. D. (2006a). Carbonate and phosphate precipitation by *Chromohalobacter marismortui*. *Geomicrobiology Journal*, 23, 1-13.
- Rivadeneira, M. A., Delgado, R., Parraga, J., Ramos-Cormenzana, A. & Delgado, G. (2006b). Precipitation of minerals by 22 species of moderately halophilic bacteria in artificial marine saltsmedia: influence of salt concentration. *Folia Microbiologica*, 51: 445-453.
- Sheldon, N. D., Tabor, N. J. (2009). Quantitative paleoenvironmental and paleoclimatic reconstruction using paleosols. *Earth-Science Reviews*, 95, 1-52. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2009.03.004>
- Sibson, R. H., Moore, J. McM. & Rankin, A. H. (1975). Seismic pumping - a hydrothermal fluid transport mechanism. *Journal of the Geological Society*, 131, 653-659. <https://doi.org/10.1144/gsjgs.131.6.0653>
- Singer, A., Wieder, M. & Gvirtzman, G. (1994). Paleoclimate deduced from some early Jurassic basalt-derived paleosols from northern Israel. *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology*, 111, 73-82
- Southard, A. R. & Miller, R. W. (1996). Parent material-clay relations in some northern Utah soils. *Soil Science Society of America Journal*, 30, 97-101.
- Steele, J. H. (1825). ART. III.--A Description of the Oolitic Formation lately discovered in the county of Saratoga, and state of NewYork. *American Journal of Science and Arts* 9(1), 16.
- Sürmeli, H. E. (2014). *Diyadin (Ağrı) Travertenlerinin Gelişimi Morfolojik ve Aktif Tektonik Özellikleri* (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Cumhuriyet Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sivas.
- Şaroğlu, F. ve Yılmaz, Y. (1984). Doğu Anadolu'nun Neo-Tektoniği ve İlgili Magmatizması. *Ketin Sempozyumu*. Ankara, 149-162.
- Şaroğlu, F. ve Yılmaz, Y. (1986). Doğu Anadolu'da neotektonik dönemdeki jeolojik evrim ve havza modelleri. *Bulletin of the Mineral Research and Exploration (MTA Dergisi)*: 73-94. https://dergi.mta.gov.tr/dosyalar/images/mtadergi/makaleler/tr/20150624104936_488_227e49c9.pdf
- Tabor, N. J. & Myers, T. S. (2015). Paleosols as indicators of paleoenvironment and paleoclimate. *Annual Reviews Earth Science*, 43, 333-361.
- Thomas, S. G., Tabor, N. J., Yang, W., Myers, T. S., Yang, Y. & Wang, D. (2011). Paleosol stratigraphy across the Permian-Triassic boundary, Bogda Mountains, NW China: implications for palaeoenvironmental transition through Earth's largest mass extinction. *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology*. 308, 41-64. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2010.10.037>
- Tlili, F., Ayari, A. & Regaya, K. (2021). Bio-mineral needle fiber calcite (NFC) in Tunisian Pleistocene calcretes (topology and crystallization). *Journal of Earth System Science*, 130, 1-16. <https://doi.org/10.1007/s12040-020-01528-4>
- Yeğen, Ş.B. (2021). *Tazekent Köyü (Diyadin, Ağrı) Travertenlerinin Jeolojik Özellikleri* (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Van Yüzcüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Van.
- Yeşilova, Ç., Güngör Yeşilova, P. ve Açlan, M. (2015a). Edremit (Van) Travertenlerinin Fasiyes Analizi (in Turkish). 68. *Türkiye Jeoloji Kurultayı*, 578-579, Ankara, Türkiye
- Yeşilova, Ç., Üner, S., Güngör Yeşilova, P., Açlan, M. ve Alırız, M. G. (2015b). Kuvaterner Yaşlı Edremit Travertenleri'nin Fasiyes Özellikleri ve Oluşum Ortamları (Van Gölü Havzası-Doğu Anadolu) (in Turkish). *Traverten-Tufa Çalıştayı* (54-55 s.) Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Denizli.
- Yeşilova, Ç. (2019). Preliminary approach to paleogeographic properties of Edremit (Van) Travertines, eastern Turkey. *IESCA*, 60p. 7-11 October 2019, İzmir.
- Yeşilova, Ç., Güngör-Yeşilova, P., Açlan, M., Tsai-Luen, Y. & Chuan-Chou, S. (2021). U-Th ages and Facies Properties of Edremit Travertine/Tufas, Van, Eastern Anatolia: Implications of Neo-tectonic for the region. *Geological Quarterly*, 65(2), 1 - 20.
- Yeşilova, Ç. (2022). Climatic and tectonic effects on the origin and evolution of the Dereiçi travertines (the Başkale Basin, Eastern Türkiye), and neotectonic implications. *Geological Quarterly*, 66, 1-20. <http://dx.doi.org/10.7306/gq.1659>