



## URGANLI (MANİSA) TRAVERTENLERİNİN MORFOLOJİK ÖZELLİKLERİ VE TEKTONİZMA İLE İLİŞKİSİ

Zülfü DEMİRKIRAN<sup>1</sup>, Hakan ELÇİ<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup> Dokuz Eylül Üniversitesi, Torbalı Meslek Yüksekokulu, Sondaj Teknolojisi Programı, İzmir, Türkiye

<sup>2</sup> Dokuz Eylül Üniversitesi, Torbalı Meslek Yüksekokulu, Geoteknik Programı, İzmir, Türkiye

### Anahtar Kelimeler

*Traverten,  
Traverten Tektoniği,  
Jeotermal.*

### Öz

Bu çalışmada Urganlı (Manisa) yöresinde çökelmeye devam eden termojen kökenli traverten çökelleri morfolojik özelliklerine göre ayrılmış ve tektonizma ile olan ilişkisi ortaya konulmuştur. Urganlı termojen kökenli traverten çökelleri morfolojik özellikleri dikkate alınarak; tabakalı, fay önü, damar tipi, tümsek-teraz tipi, sırt tipi ve kanal tipi travertenler olarak altı sınıfa ayrılmıştır. Bölgedeki tüm traverten morfolojileri fayların kontrolünde gelişmiştir. Saha gözlemlerinden elde edilen veriler sahanın traverten oluşum başlangıcında Kuzey-Güney yönlü bir genişlemenin varlığını ortaya koymaktadır. Sonraki dönemde bu genişleme Doğu-Batı yönlü gelişerek Kuzey-Güney doğrultulu traverten damarlarının çökelimine neden olmuştur. Yakın geçmişte ise Kuzey-Güney yönlü genişleme etkisini sürdürdüğünü Doğu-Batı doğrultulu sırt tipi travertenlerin gelişimiyle anlaşılmaktadır. Derin elektrik sondaj ve mekanik sondaj verileri ile temel (Paleozoyik-Mezozoyik) Paleo-morfolojisi incelendiğinde yine Kuzey-Güney ve Doğu-Batı faylarının etkisinde çalışma alanının kuzey batısına doğru yükseldiği, güneydoğusuna doğru düştüğü saptanmıştır.

## MORPHOLOGICAL FEATURES OF THE URGANLI (MANİSA) TRAVERTINES AND THEIR RELATIONSHIP WITH TECTONISM

### Keywords

*Travertine,  
Travertine Tectonics,  
Geothermal.*

### Abstract

In this study, thermogeneous travertines that continue to be deposited in the Urganlı (Manisa) region are distinguished according to their morphological features and their relationship with tectonism is revealed. Considering the morphological features of the thermogene travertine deposits in the Urganlı; It is divided into six classes as bedded, fault-sided, vein type, mound-terrace type, ridge type and channel type travertines. All travertine morphologies in the region developed under the control of faults. Data obtained from field observations reveal the existence of a North-South directional expansion at the beginning of the travertine formation of the field. In a later period, this expansion developed in East-West direction and caused the precipitation of travertine veins in North-South direction. In the recent past, it is understood with the development of East-West oriented ridge type travertines that North-South directional expansion continues. When the vertical electrical sounding and drilling data and the Paleo morphology of the foundation (Paleozoic-Mesozoic) were examined, it was determined that the study area rose towards the northwest and decreased towards the southeast under the influence of the North-South and East-West faults.

### Alıntı / Cite

Demirkıran, Z., Elçi, H., (2022). Urganlı (Manisa) Travertenlerinin Morfolojik Özellikleri ve Tektonizma ile ilişkisi, Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 10(3), 1027-1042.

### Yazar Kimliği / Author ID (ORCID Number)

Z. Demirkıran, 0000-0001-9507-2864  
H. Elçi, 0000-0003-2945-2548

### Makale Süreci / Article Process

<b>Başvuru Tarihi / Submission Date</b>	14.02.2022
<b>Revizyon Tarihi / Revision Date</b>	24.03.2022
<b>Kabul Tarihi / Accepted Date</b>	27.03.2022
<b>Yayın Tarihi / Published Date</b>	30.09.2022

\* İlgili yazar / Corresponding author: hakan.elci@deu.edu.tr +90-232-853-1828

## 1. Giriş (Introduction)

Traverten terimini genel olarak karasal alanların içinde ya da kenarlarında, nehirlerde, göllerde ve mağaralarda oluşmuş bütün denizel olmayan karbonat çökellerini ifade eder (Sanders ve Freidman, 1967). Daha detaylı tanımında ise termal sudan çökelmiş karbonatlar için "termojen kökenli travertenler", atmosferik koşullarda soğuk sulardan çökelen karbonatlar için "meteojen" ayrımı yapılmıştır (Pentacost, 1995). Bir başka ayrımda da, termal sudan çökelen karbonatlar için "traverten", soğuk sulardan mikrobiyal faaliyetle çökelen karbonatlar için ise "tufa" terimlerini kullanmışlardır (Ford ve Pedley, 1996; Yeşilova vd., 2019; Yeşilova vd., 2021). Travertenin oluşumu, karbonatı çökeltken akışkanın sıcaklığı, rejimi, karbonatın çökeldeği ortamın morfolojik özellikleri, akışkanın kimyası gibi faktörlerin kontrolündedir (Pentacost; 1995, Ford ve Pedley, 1996) Travertenin oluşumundaki bu çeşitlilik, travertenin oluşum dönemleri ile ilgili birçok bilgiyi kayıt ederek günümüze ulaşmasını da çok önemli bir rol oynar. Mikrobiyal düzeydeki canlı yaşamı, kabuğun hareketi, jeotermal aktivite ve deprem gibi konularda birçok veri travertenden elde edilmiştir (Altunel ve Hancock, 1993). Traverten birikintileri genellikle normal veya transtansiyonel faylarla ilişkilidir (Hancock vd., 1999; Brogi ve Capezzuoli, 2009; Altunel ve Hancock, 1993; Altunel ve Uysal, 2005).

Termojen kökenli traverten oluşumu için tektonizmanın aktif olması aynı zamanda jeotermal aktivitenin var olması gerekmektedir (Demirkıran, 2000). Tektonik faaliyetlerin etkin olduğu Pamukkale, Urganlı gibi termal kaynakların olduğu bölgelerde kaynaklardan boşalan akışkanlar traverten tiplerinin gelişimine olanak tanır. Termodinamik ve morfolojik koşullar damar, sırt, fay önü, tabakalı, kanal gibi farklı niteliklerde traverten oluşumlarını kontrol eder. Bu çalışmada inceleme alanında gözlenen travertenler morfolojik özelliklerine göre tanımlanmış tektonizma ile ilgileri kurulmuş ve haritalanmıştır. Traverten tipleri yardımıyla sahanın tektonik modeli oluşturulmuştur.

## 2. Kaynak Araştırması (Literature Survey)

Traverten bikarbonatça ( $\text{HCO}_3$ ) doymun suyun uygun termodinamik koşullarda kalsiyum karbonatı ( $\text{CaCO}_3$ ) hızlı bir şekilde çökeltmesi ile oluşur (Demirkıran, 2000). Hızlı çökelim, termal suyun karbondioksitin kısmi basıncının ( $\text{PCO}_2$ ) ani değişimi ile olur. Derinde yüksek olan  $\text{PCO}_2$  kısmi basıncı, akışkan atmosferik koşullara eriştiğinde karbondioksit ( $\text{CO}_2$ ) basıncı atmosferik koşullara eşitleninceye kadar  $\text{CO}_2$  akışkandan hızlı bir şekilde ayrılır. Bu ayrılma suyun bazik özellik kazanmasına yol açar. Superature duruma ulaşan  $\text{CaCO}_3$  hızlı bir şekilde çökerek travertenleri oluşturur. Bu tip traverten oluşumlarına literatürde termojen kökenli travertenler adı verilmiştir (Pentacost, 1995).

$\text{CO}_2$  ayrılması mikrobiyal faaliyet sonucu da olabilir. Mikrobiyal faaliyet sonucu  $\text{CO}_2$  ortamdaki ayrılması ile de ortam bazikleşir, supersature duruma ulaşan  $\text{CaCO}_3$  çökeler ve travertenleri oluşturur. Mikrobiyal faaliyet sonucu oluşan travertende  $\text{CO}_2$  ayrılması diğerinden daha yavaş olduğundan traverten çökelim hızı daha yavaş gerçekleşecektir. Yavaş çökelim nedeniyle travertenlerin gözenekleri az ve laminalanma daha düzgün olur. Ayrıca bu tip travertenler daha homojendir (Demirkıran, 2000). Bu tip traverten oluşumlarına literatürde meteojen kökenli traverten adı verilmiştir (Pentacost, 1995). İnceleme alanındaki traverten oluşumları çoğunluğu termal sularla ilgili olması nedeniyle Termojen kökenli travertenlerdir. Ancak kaynaktan uzak kesimlerde suyun soğuması ile birlikte mikrobiyal faaliyetle birlikte meteojen kökenli oluşumlarda çökebilir.

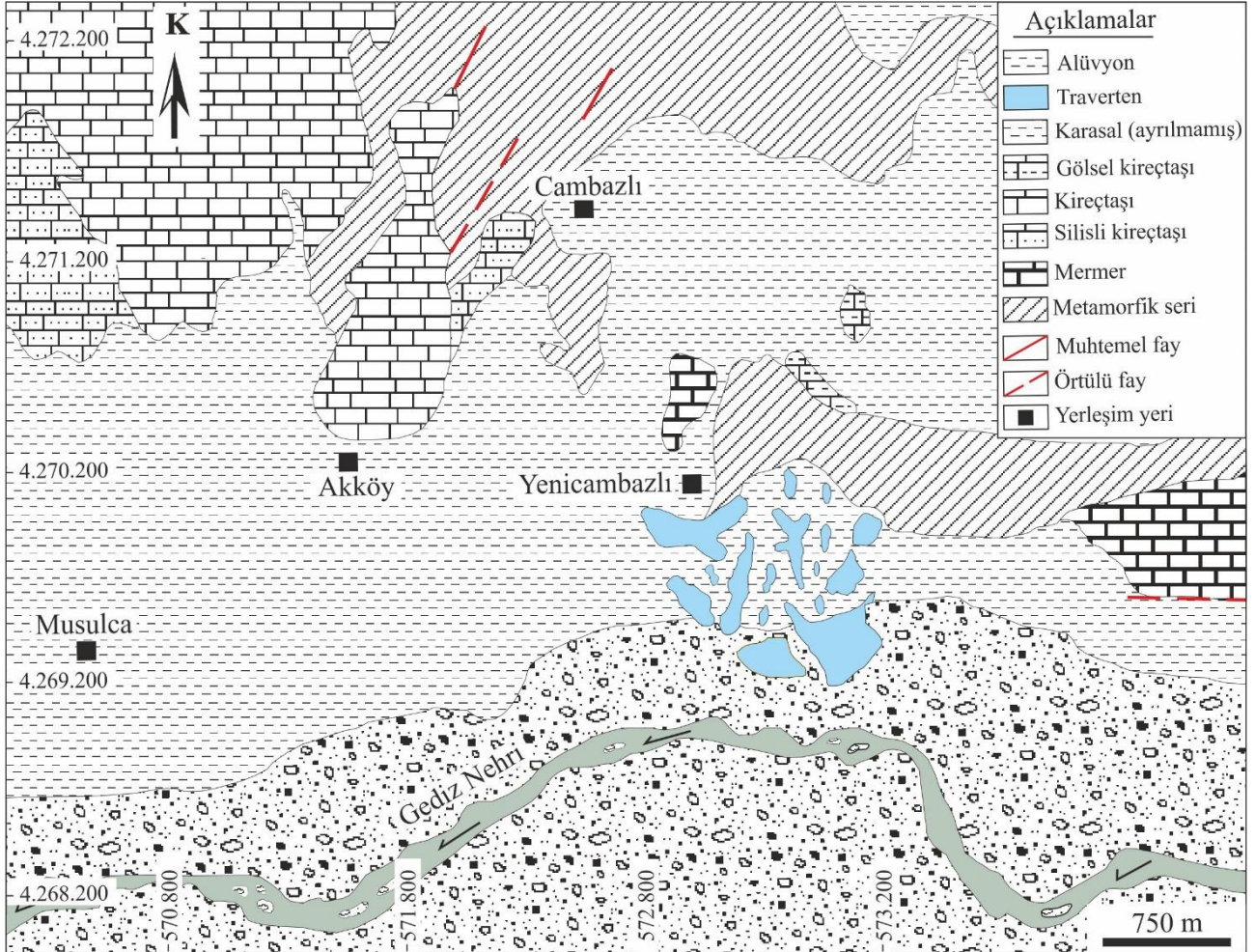
Manisa yöresi travertenlerin kökenine yönelik yapılmış detaylı çalışmalardan biri Salihli bölgesindeki meteojen traverten oluşumlarıdır. Yılmaz (2008), İşintek vd. (2009a), İşintek vd. (2010a) Salihli bölgesinde yer alan traverten istifinin alttan üste doğru gösterdiği karbonat yapı, doku ve karbonat bileşenler gibi kriterleri dikkate alarak, traverten istifinin genel olarak litoral ve sublitoral ortamlarda çökeldeğini, İşintek vd. (2009b), İşintek vd. (2010b) yine benzer şekilde yöredeki traverten çökellerinin sıcak sularla beslenme olasılığının oldukça düşük olduğunu, dolma-boşalma sistemi olmayan, daha geniş ve açık, sığ bir gölsel alanda ve yavaş çökelleme koşullarında oluştuğu belirtilmiştir.

Manisa, Urganlı traverten oluşumları sahip olduğu, litolojik hidrojeolojik ve tektonik özellikleri açısından farklı disiplinlerden birçok araştırmacının dikkatini çekmiş ve araştırılmıştır. Bu araştırmalar çoğunlukla Urganlı travertenlerinin çökeline neden olan jeotermal kaynakların hidrojeokimyasal özellikleri üzerine yoğunlaşmıştır. Farklı araştırmacılar, Urganlı kaplıcaları ve çevresindeki jeotermal kaynaklarından çıkan suların sıcaklığının 42-80° C arasında, pH'larının 6,38-8,54 arasında ve radyoaktivite değerlerinin 0.61-5.1 eman arasında değiştiğini belirtmişlerdir (Çağlar, 1948; Avşaroğlu, 1968; Yenel vd., 1975; Vural, 2009; Büyükşahin, 2016).

Çağlar (1948) jeotermal suların 25-250 mg/l arasında değişen serbest  $\text{CO}_2$  içerdiğini, Avşaroğlu (1968), Yenel (1970), Tarcan (1995), Tarcan ve Filiz (1998), Tarcan vd. (1998), Tarcan vd. (2005), Vural (2009), suların  $\text{CO}_2$  beraber genelde  $\text{Na-HCO}_3$  da içerdiğini belirtmişlerdir. Ercan vd. (1994)  $\text{CO}_2$  organik kökenli olmadığını, Vural

(2009) ise CO<sub>2</sub> kökeninin daha çok denizel kökenli karbonatlardan ya da metamorfik CO<sub>2</sub>'den kaynaklandığını belirtmiştir. Tarcan ve Filiz (1998) HCO<sub>3</sub> zenginleşmesine iyon takasının neden olduğunu belirtmişlerdir. Filiz (1982) ise suların meteorik kökenli olduğunu ve hazne kaya sıcaklığı bakımından elektrik üretimine uygun olmadığını, belirtmişlerdir. Büyüksahin (2016), Urganlı jeotermal alanındaki suların genel olarak Na-HCO<sub>3</sub>, Ca-Mg-HCO<sub>3</sub> tipi sular olarak tanımlamış, bu suları Na+K>Ca>Mg baskın katyonlar ve baskın HCO<sub>3</sub>>Cl>SO<sub>4</sub> anyonlar olarak sınıflandırmıştır. Ayrıca bu suların HCO<sub>3</sub> bakımından zengin olmasını, rezervuar kayaçlarının genellikle karbonat kökenli kayaçlar olmasına ve derin kökenli CO<sub>2</sub> gazının suda çözünmesi ile ilişkilendirmiştir.

Urganlı traverten oluşumlarını ve sıcak su çıkışlarını detaylı şekilde ilk haritalayan Ürgün (1966) olmuştur (Şekil 1 ve Şekil 2). Ceylan (1998) Urganlı traverten çökeline neden olan sıcak suların daha çok kaplıca tesislerinde kullanıldığını belirtmiştir. Yılmaz vd. (2008), 2005-2008 yılları arasında açılan sondaj verileri ışığında Urganlı jeotermal alanında Cambazlı fayı ile ilişkilendirmişlerdir.

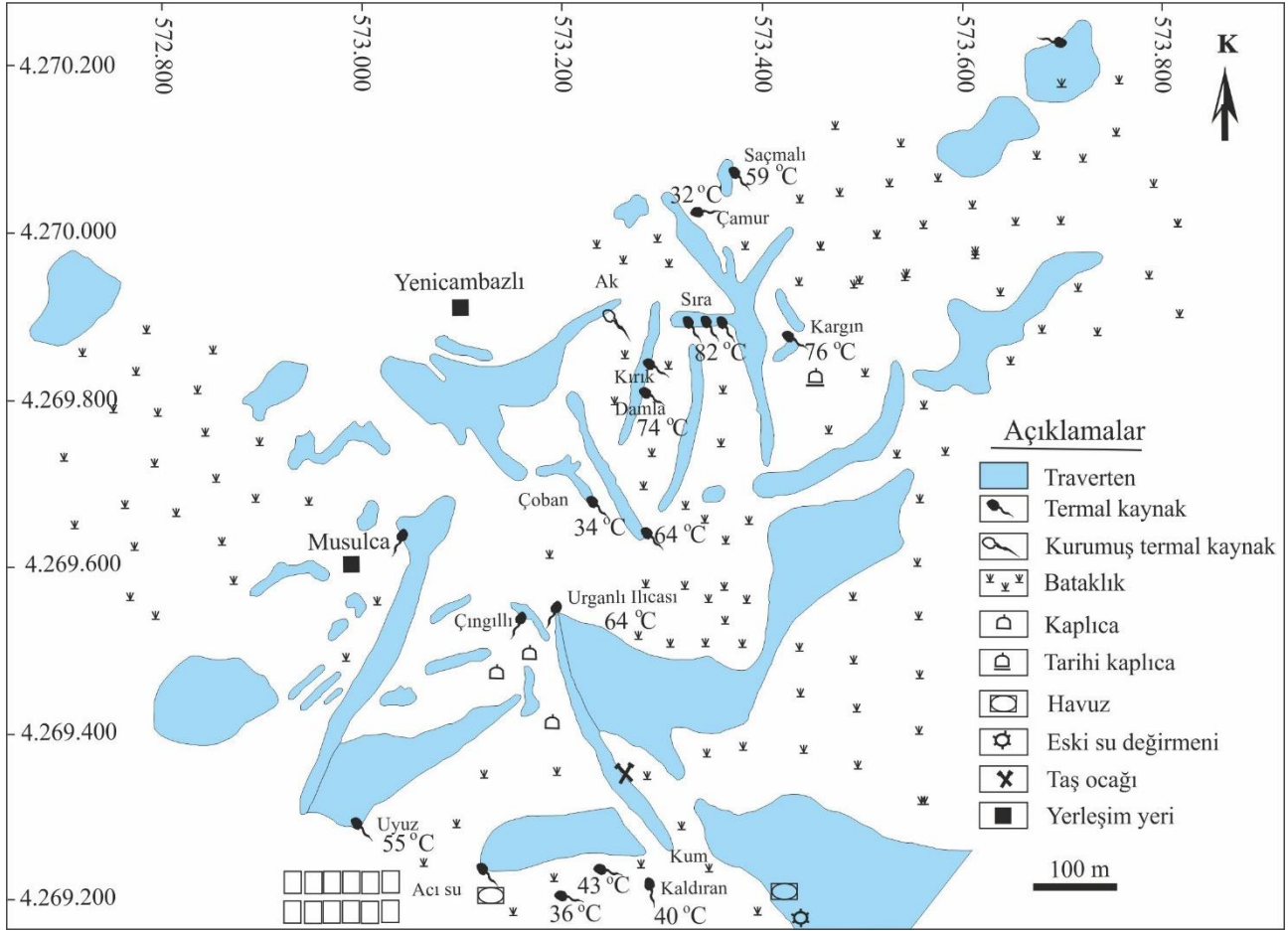


Şekil 1. İnceleme alanı ve yakın çevresinin jeolojisi, Ürgün, 1966.  
(Geology of the study area and its surroundings, Ürgün, 1966)

Selim ve Yanık (2005), Cambazlı köyündeki travertenleri, morfolojik özelliklerine göre sırt tipi traverten olarak tanımlamışlardır. Çatlaklar boyunca yüzeye çıkan sıcak suların, çatlakların her iki tarafında akararak çökmesiyle meydana gelen, 10-60 m arası kalınlıkta, masif, açık sarımsı, bej ve beyaz renkli travertenleri oluşturduğunu, çatlak boyunca çıkan sıcaklıklarının da 34-83°C arasında, pH'lerinin 6-8 arasında değiştiğini belirtmişlerdir. Ek olarak Urganlı travertenlerin, %5-20 boşluklu bir yapıya sahip olduklarını, %45-90 kalsit, %15-20 ikincil kalsit, %5-20 impürite, içerdiğini, kimyasal olarak da % 96,8-97,2 CaCO<sub>3</sub>, %2,2-2,6 MgCO<sub>3</sub>, %0,04-0,05 SiO<sub>2</sub>, %0,4-0,6 asitte çözülmeyen madde içerdiklerini belirtmişlerdir. Urganlı travertenlerini aktif normal listrik bir faya bağlı çatlak sistemlerinden çıkan suların yüzeye bıraktığı çökelimler olarak açıklamışlardır.

Selim ve Yanık (2009), Turgutlu Neojen havzasını oluşturan Gediz Grabeni'nin batı ucunda yer alan Urganlı travertenlerini fiziksel, mineralojik ve petrografik özelliklerine göre iki ana gruba ayrılmış ve traverten çökeline Menderes Masifi'nin Paleozoik birimleri ile Pliyosen yaşlı Kanlıtepe Formasyonu arasındaki faylanmanın neden olduğunu belirtmişlerdir. I. grup travertenleri yatay ve Kuzey Doğu-Güney Batı ve Kuzey Batı-Güney Doğu yönlü,

II. grup travertenler oluşumları da Doğu-Batı yönlü traverten çökelleri olarak tanımlanmışlardır. Urganlı traverten çökeliğini, bölgenin kuzeyinde gelişen aktif bir listrik normal fay ile ilişkilendirerek, kırık sistemlerden yükselen hidrotermal sular tarafından çökeltilmiş fissür-sırt tipi travertenler olarak tanımlanmışlardır.



**Şekil 2.** Urganlı traverten çökelleri ve kaplıcaları, Ürgün, 1966; Ceylan, 1998.  
(Urganlı travertine deposits and thermal springs, Ürgün 1966; Ceylan, 1998)

### 3. Materyal ve Yöntem (Material and Method)

Traverten tipleri litolojik özellikleri, saha çalışmaları ile tanımlanmış, fotoğraflanmış ve haritalanmıştır. Jeotermal su arama amacı ile sahada gerçekleştirilen 35 adet derin elektrik sondaj ve üç adet mekanik sondaj verileri Micromine, (2022) programında değerlendirilerek bölgenin 3 boyutlu tektonik, litolojik ve stratigrafik modelleri oluşturulmuştur.

### 4. Çalışma Alanının Jeolojisi (Geology of the Study Area)

Çalışma alanı Manisa ili Turgutlu ilçesi Urganlı kasabasında, yaklaşık 2 kilometre karelik bir alanı kapsar. Çalışma alanı ve yakın çevresinde litolojik ve stratigrafik özelliklerine göre 8 farklı kaya birimi tanımlanmıştır. Bunlar yaşlıdan genç doğru sırasıyla, Menderes Masifine ait, Paleozoyik yaşlı şistler, mermerler, şist mermer fillit ardalanması ve dolomitik mermerler. Menderes Masifine ait bu kayaların üzerine bindirme ile gelen İzmir-Ankara zonuna ait Mesozoik ofiyolitik kayalar, Tüm bu birimlerin üzerine gelen, çakıltası kumtaşı kiltası çamurtaşı marn ve gölsel kireçtaşlarından oluşan Neojen yaşlı karasal tortullar. Yine tüm birimleri uyumsuzlukla örten, Kuvaterner yaşlı alüvyon ile bu çalışmanın konusunu oluşturan travertenler yer almaktadır. Bu birimler aynı zamanda, yörenin en genç oluşuklarıdır (Karamanderesi, 1972; Akdeniz vd., 1986).

### 5. Tektonizma (Tectonism)

Batı Anadolu'da lokal olarak Orta Oligosen'in sonlarında, bölgesel olarak Erken-Geç Miyosende başlayan Neotektonik Dönem, açılma fayları ve yüksek açılı normal faylarla kontrollü kıtasal sedimanlar, sinsedimenter volkanizma, tansiyonal tektonik rejim altında gelişmiş sinekstensiyonal magmatizmle karakterize olunur (Şengör ve Yılmaz, 1981; Sözbilir, 1989).

Anadolu levhasının batıya hareketinin, Ege ve Anadolu'da Kuzey-Güney yönlü bir gerilme ile karşılandığı görüşü birçok araştırmacı tarafından kabul edilmektedir. Bu Kuzey-Güney yönlü gerilmenin sonucu olarak Doğu-Batı doğrultulu grabenlerin oluşumu ileri sürülmektedir. Grabeni sınırlayan faylar boyunca bölge sismikçe aktiftir. Faylar üzerinde birçok deprem kaydedilmektedir (Şengör ve Yılmaz, 1981; Sözbilir, 1989).

Bölgede genişleme tektoniğinin oluşum yaşı ile ilgili olarak farklı görüşler belirtilmektedir. Genişleme tektoniğinin Geç Miyosenden itibaren başladığı birçok araştırmacı tarafından kabul edilmekle birlikte (Mc Enzie, 1978; Seyitoğlu ve Scot 1991), Batı Anadolu'daki bu genişleme başlangıcını bazı bölgelerde Erken Miyosen'e kadar indirilmektedir (Mc Enzie 1978; Seyitoğlu ve Scot, 1991; Sözbilir, 1997). Neotektonik birimlerin en yaşlı üyesi olarak kabul edilen Geç Miyosen yaşlı Denizli Molası'nın Erken Miyosen yaşlı birimleri uyumsuzlukla örtmüş olması nedeniyle Genişleme tektoniğinin yaşını Geç Miyosen olarak kabul eder.

Yılmaz (2000), Batı Anadolu'nun doğu-batı yönlü genişmesini buna bağlı olarak kuzey-güney yönlü grabenlerin oluşumunu Erken-Geç Miyosen döneminde başlatır. Kuzey güney yönlü graben faylarının yatay ve düşey bileşeni olan oblik atımlı faylar olduğunu belirtir. İlk kuzey güney yönlü genişmenin Geç Miyosen döneminde başlatılmaktadır. Bu dönemde Bozdağ horst'unun buna bağlı olarak horstun kuzeyinde ve güneyinde düşük açılı sıyrılma faylarının bu dönemde geliştiğini belirtir. Geç Miyosen sonundan Erken Pliyosen'e kadar kuzey güney yönlü genişmenin duraksadığını belirtir. Bu dönemde Bozdağ yükselim horstu morfolojik varlığını önemli ölçüde yitirmiş olup bölgesel bir aşınım düzlüğü gelişmiştir. Ege'nin günümüzdeki egemen yapı unsurları olan doğu batı grabenleri ise Geç Miyosen'den sonra olasılıkla Pliyosen sonu- Pleyistosen'de başlatılmaktadır.

Batı Anadolu da Neotektonik dönemle başlayan grabenleşme bölgede jeotermal aktivitenin başlamasını sonuçlanmıştır. Batı Anadolu da başlayan jeotermal aktiviteyle bölgede kalın traverten tabakalarının oluşumu gerçekleşmiştir. Genişleme fayları genellikle yüksek açılı, normal faylar olup Kuzeydoğu-Güneybatı ve Kuzeybatı-güneydoğu doğrultuludurlar. Jeotermal sulara kanal görevi yapmaları nedeniyle traverten oluşumu ve traverten tiplerinin gelişimi açısından önemlidirler.

## 6. Çalışma Alanındaki Traverten Morfolojileri (Travertine Morphologies in the Study Area)

Depolanma alanlarında ortamların morfolojik özelliklerine göre farklı tiplerde traverten oluşumları çökelmiştir. Travertenin depolanma tiplerinde tektonizmanın etkin bir rolü vardır. Damar tipi travertenler bir fay, bir çatlak içerisinde çökelmiş travertenlerdir. Fay önü travertenleri normal fayların çöken bloğunun üzerinde, tabakalı travertenler ise eğimli bir düzlemde çökelmişlerdir. Sırt tipi travertenler bir çatlak üzerinde sırt şeklinde çökelmiş travertenlerdir (Bargar, 1978; Chafetz ve Folk 1984; Altunel ve Hancock, 1993). Kanal tipi travertenler kaynaktan çıkan termal suların cazibesi ile aktığı alanda kanal şeklinde çökelen travertenlerdir (Altunel ve Hancock, 1993). Teras (tümsek) tipi travertenler Eğimli bir alanda çökelmiş teras şeklinde travertenlerdir. İnceleme alanında Damar, fay önü, tabakalı, sırt, kanal, Teras ve tümsek tipi oluşumlar tanımlanmış ve haritalanmıştır (Şekil 3). Sırt ve Kanal tipi travertenler sınırlı alanlarda gelişmişlerdir. Fay önü ve tabakalı travertenler birbirleri ile iç içedir (Şekil 4). Fay önü travertenler, oluşumu itibari ile aktif bir fayın hareketini ifade etmektedir.

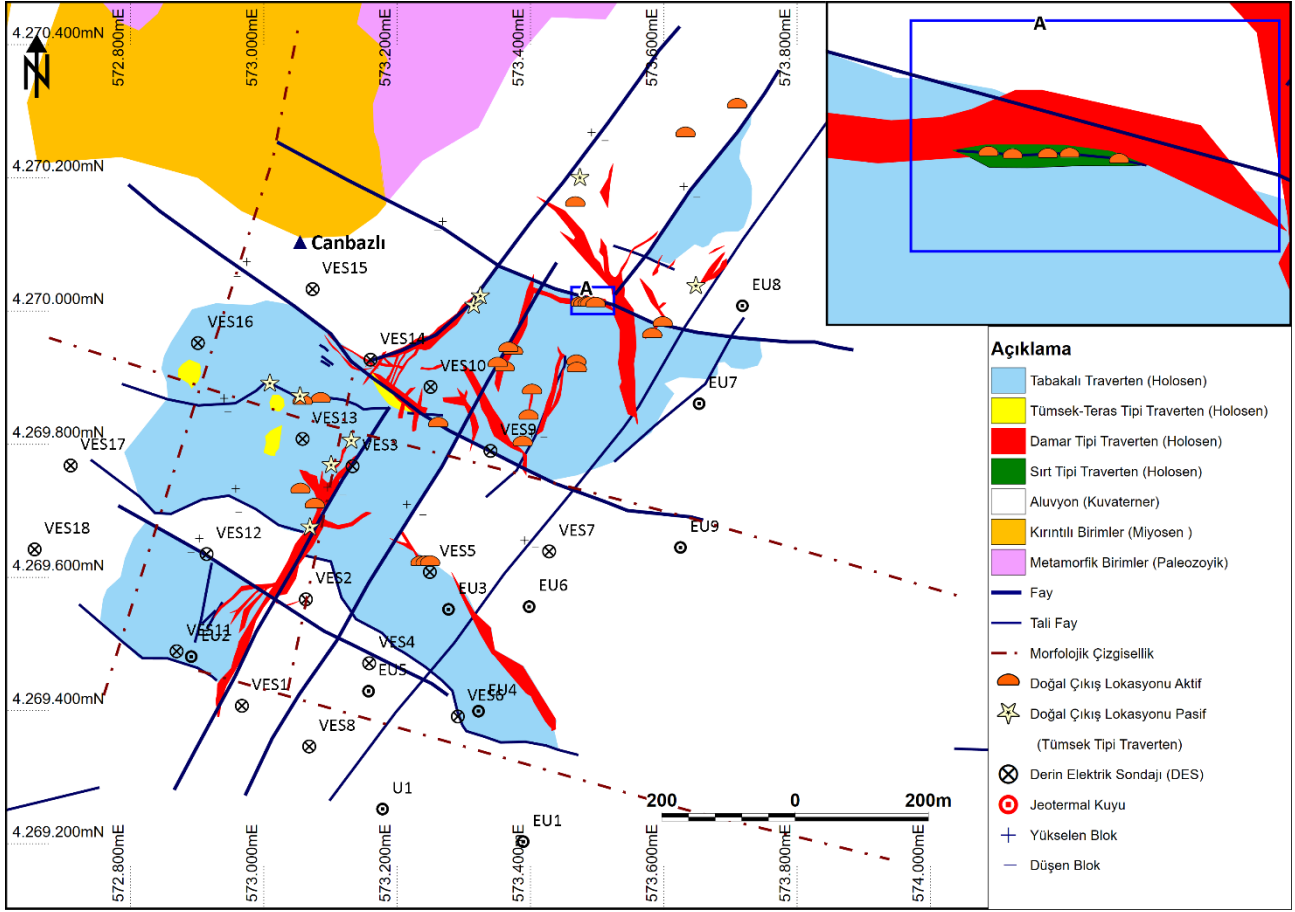
### 6.1. Tabakalı Travertenler (Bedded Type Travertine)

Tabakalı travertenler; çalışma alanında, suyun eğimli düzlem boyunca aktığı yerlerde çökelmiştir (Şekil 4A). Tabakalı travertenler HCO<sub>3</sub> zengin termal suyun eğimli bir düzlem boyunca akışı sırasında, bünyesindeki kalsiyum karbonatı çökeltmesiyle oluşmuşlardır (Demirkiran, 2000). Eğim aşağı akan suyun akım rejimi değişken olması nedeniyle çökeltim hızı da çok değişkendir. Bu nedenle çok düzgün tabakalanma sunmayan bu tip travertenlerde ondüleli bir laminalanma gözlenir (Şekil 4B). Çalışma alanının güneyine doğru kaynaklardan itibaren daha düşük kotlara doğru yersel düzlüklerde çökelmişlerdir. Jeofizik çalışmalarda güneyde ince alüvyon örtünün altında 20 m yer yer 40 m kalınlığa ulaştığı saptanmıştır. Yükselen ve düşen bloğun ya da paleomorfolojinin belirlenmesi açısından ilginçtirler.

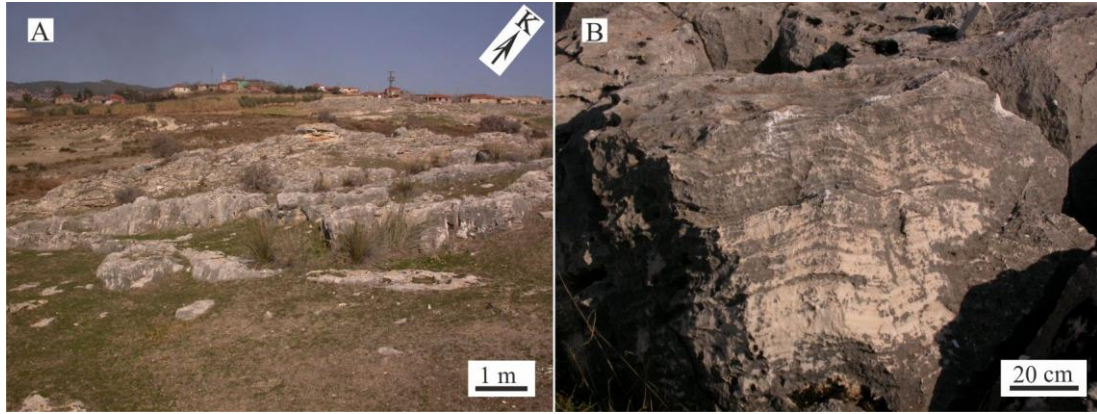
### 6.2. Fay Önü Travertenleri (Range-Front Type Travertine)

Fay önü travertenleri; normal fayın doğrultusu boyunca fayın düşen bloğunun üzerinde gelişir fayın hareketine ve faydan boşalan HCO<sub>3</sub> ç zengin suyun miktarına bağlı olarak fayın düşen bloğunun üzerinde giderek kalınlaşır. Fay önü travertenlerin, tabakalı travertenlerle iç içe olması fayın hareketinin tanımlanması açısından oldukça önem arz etmektedir. Çalışma alanında K10°B ve K30°B konumlu fayların düşen bloklarının üzerinde gözlenmiş olup haritalanmışlardır (Şekil 3 ve Şekil 4A).





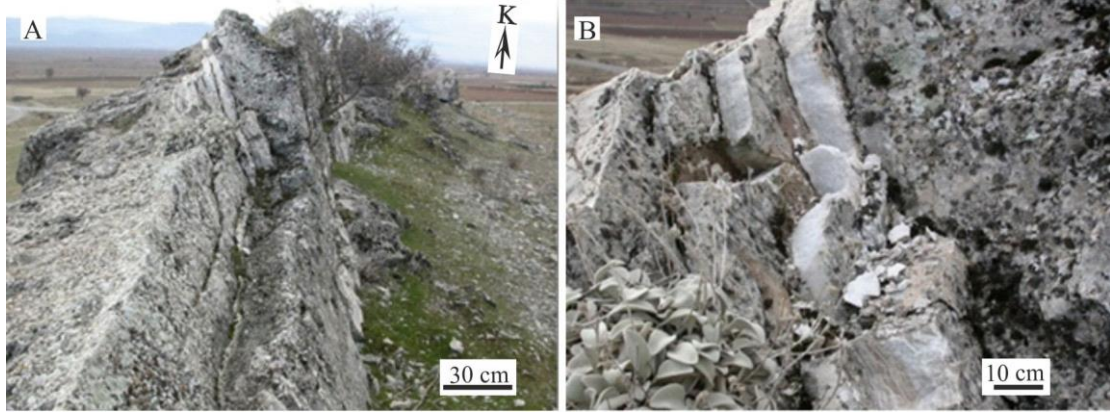
Şekil 3. Urganlı travertenleri ve tektonizma ile ilişkisi (Urganlı travertines and their relationship with tectonism)



Şekil 4. A: Fayönü tabakalı travertenler, B: Tabakalı traverten, ondüleli laminalanma (A:Range front bedded travertines, B: Layered travertine, corrugated lamination)

### 6.3. Damar Tipi Travertenler (Vein Type Travertines)

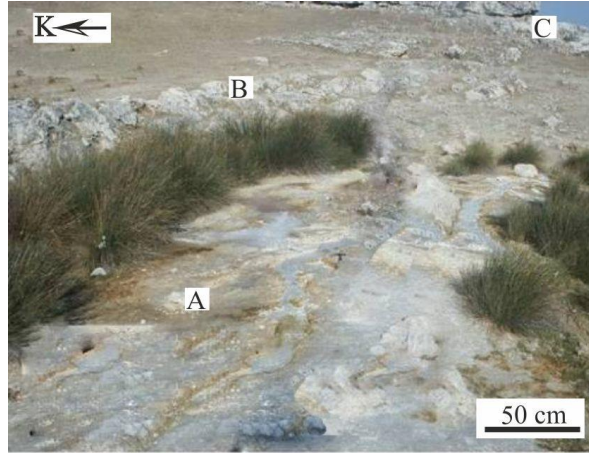
Damar tipi travertenler çalışma alanının hemen hemen her yerinde D-B ( $70^{\circ}$ - $80^{\circ}$ ), KB-GD ( $120^{\circ}$ - $130^{\circ}$ ) ve KD-GB ( $10^{\circ}$ - $30^{\circ}$ ) konumdadır (Şekil 3 ve Şekil 5A). Damar tipi travertenler kırık ya da fay içinde gelişirler. Çoğunlukla aragonit mineralinden yapıldıkları (Demirkıran, 2008). Çalışma alanında Kuzey  $10^{\circ}$  Doğu ve Kuzey  $30^{\circ}$  Batı konumlu 2-5 m kalınlığında ve 20-500 m uzunluğunda yaklaşık 20 adet damar tipi traverten ayrırtlanmış ve haritalanmıştır. Travertende laminalanma kırık düzlemine paralel bantlar şeklindedir (Şekil 5B). Kırığın ya da fayın konumunu ve geometrisini temsil eder.



Şekil 5. A:Damar tipi traverten, B: Damar tipi traverten bantları (A: Vein travertine, B: Vein type travertine bands)

#### 6.4. Sırt Tipi Travertenler (Ridge Type Travertines)

Bir çatlağın doğrultusu boyunca akan termal suların çatlağın her iki tarafına çökeltiltiği traverten tipidir (Altunel, 1996). Sırt tipi travertenler çalışma alanının kuzeydoğusunda sınırlı alanlarda gözlenmiştir (Şekil 3, A). Termal su daha önce çökeltiltiği travertenler üzerinden akarak çatlak doğrultusu boyunca balina sırtı şeklinde sırt oluşturur. Bu tipin gelişebilmesi için çatlağın açılması ve düşeyde bir hareketin olmaması gerekir. Genleşme olmaz ise zamanla çökeltim traverten oluşturan kaynağı kapatır, eğer düşeyde bir hareket olursa fay önü traverten tipi gelişir. Altunel (1996) Denizli de travertenler üzerinde yapmış olduğu bir çalışmada kabuğun açılma hızını hesaplamıştır. Bu tip traverten oluşumu kabuğun gerilim yönlerini vermesi açısından önemlidir. Şekil 6'da çalışma alanında D-B doğrultulu güncel sırt tipi traverten görülür.



Şekil 6. A; Sırt tipi traverten, B; D-B doğrultulu damar tipi traverten, C; K-G doğrultulu damar tipi traverten, (A; Ridge type travertines, B; E-W directional vein type travertine, C; N-E directional vein type travertine)

#### 6.5. Tümsek-Teras Tipi Travertenler (Terraced-Mound Type Travertines)

Tümsek tipi travertenler çalışma alanının kuzeybatısında sınırlı alanlarda oluşmuşlardır (Şekil 7, 8, 9, 10). Bu bölgede tümsek traverten yapıları yer yer teras tipi traverten oluşumu özelliklerini yansıtmaktadırlar (Şekil 9). Teras tipi travertenler eğimli alanlarda oluşurlar. Kaynaktan akan bikarbonatça zengin termal su eğimli alanlarda akarken bir engele çarptığında akım rejimi değişerek (türbülant akım) CO<sub>2</sub> kaçıışı hızlanır bu tip alanda hızlı traverten çökeltimi gerçekleşir zamanla bu traverten çökeltim alanında yay şeklinde set gelişir. Set gerisinde küçük gölsel bir alan oluşur (Şekil 9). Bu gölsel alanda akım rejimi laminar olup dolayısıyla CO<sub>2</sub> kaçıışı türbülant rejime göre daha düzenlidir. Bu düzenli kaçış set gerisinde yani havuz içinde düzgün yatay laminalanmalı traverten geliştirir. Set üzerinde su kalınlığı azaldığı için suyun akım hızı artar hız artınca türbülant akım oluşur. Türbülant akım CO<sub>2</sub> kaçışını artırır. Bu durumda CaCO<sub>3</sub> çökeltim hızı artırarak set üzerinde hızlı bir traverten duvarı gelişimi olur. Set ilerisinde set duvarı boyunca çağlayarak akan suda CO<sub>2</sub> kaçıışı da hızlı olacağından set duvarının önünde ondüleli tabakalanmalı traverten gelişir (Şekil 10).

Tümsek tipi travertenler suyun yamaç aşağı akması sırasında, bünyesinde ki CaCO<sub>3</sub>'ü çökeltilir. Zamanla yamaç önünde tümsek oluşur. Kaynağın debisinin az olması nedeniyle su çağlayarak değil, sızarak akar. Su zamanla oluşan bu tümseği yalayarak akar bu akış tümsek çevresinde ondüleli bir tabakalanma oluşturur. Tümsek üzerinde

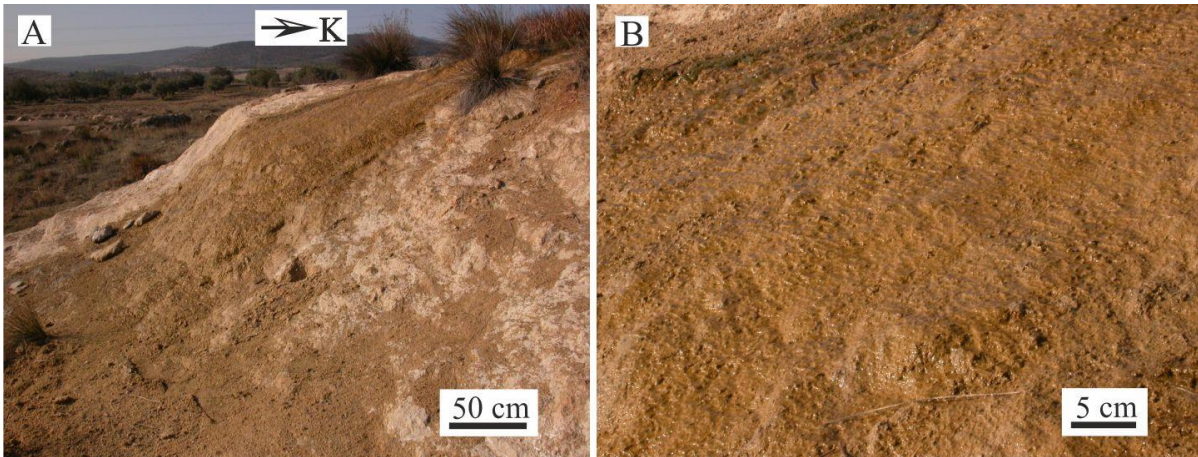


ise kaynak ağzı çıkan termal su kanal tipi traverten oluşturarak cazibesi boyunca akar ve zamanla kaynak ağzı tümsek üzerinde yer değiştirerek tümseğin gelişimini sağlar (Şekil 9, 10).

Bu tip travertenler bir kaynaktan çıkan termal suyun kaynak etrafına traverteni çökeltmesiyle oluşmuşlardır (Şekil 9 ve Şekil 10A). Kaynak tümsek içerisinde sürekli yer değiştirerek tümseğin gelişimini sağlamıştır. Tümsek yüzeyinde suyun yüzeyi yalayarak akması nedeniyle ondüleli bir yapı gelişmiştir (Şekil 10). Hemen kuzeyindeki doğu batı konumlu faya paralel olarak üç farklı alanda geliştiği belirlenmiştir (Şekil 10B). Çalışma alanının bu tümsek ve teras tipi travertenler doğu batı doğrultulu fay zonunun hemen güneyinde oluşmuşlardır Fayın doğrultusunu vermesi açısından ilginçtir (Şekil 3).

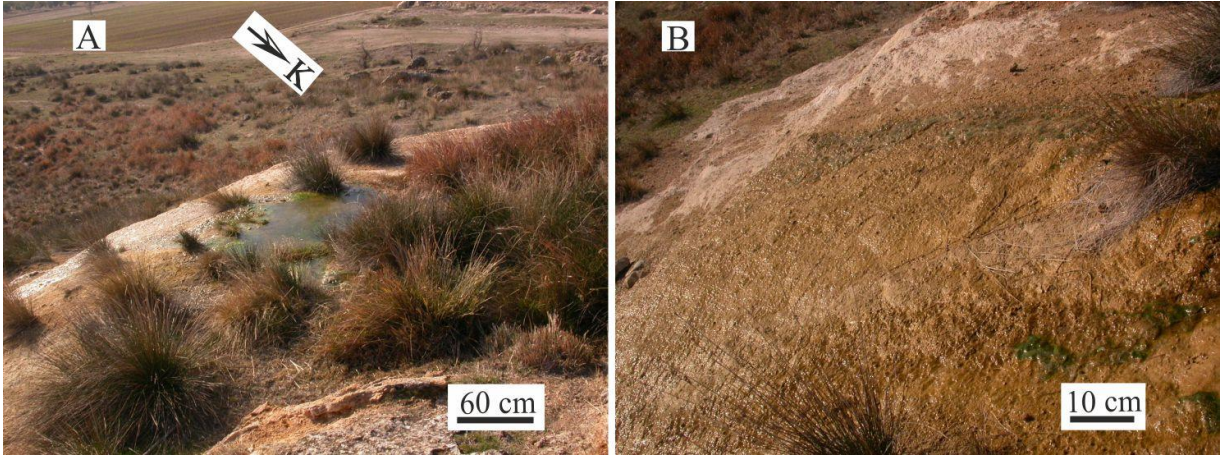


**Şekil 7.** Teras-tümsek tipi traverten. Tümseğin kenarı boyunca set ve set gerisinde de kurumuş teras havuzu görülmektedir. (Terrace-mound type travertine. Along the edge of the mound, the embankment and the dried terrace pool can be seen behind the embankment)

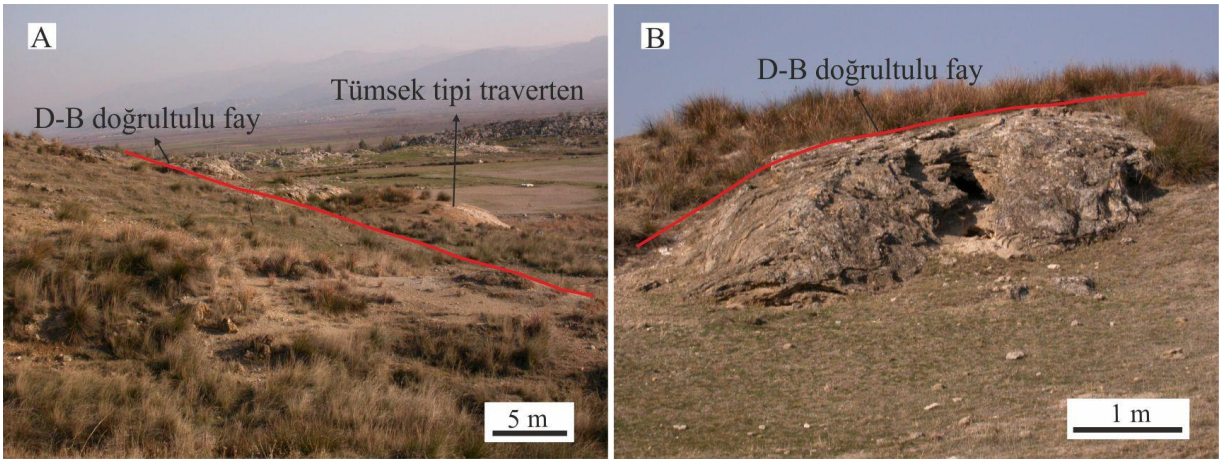


**Şekil 8.** Set önü ondüleli tabakalanma (Set front, corrugated layering)





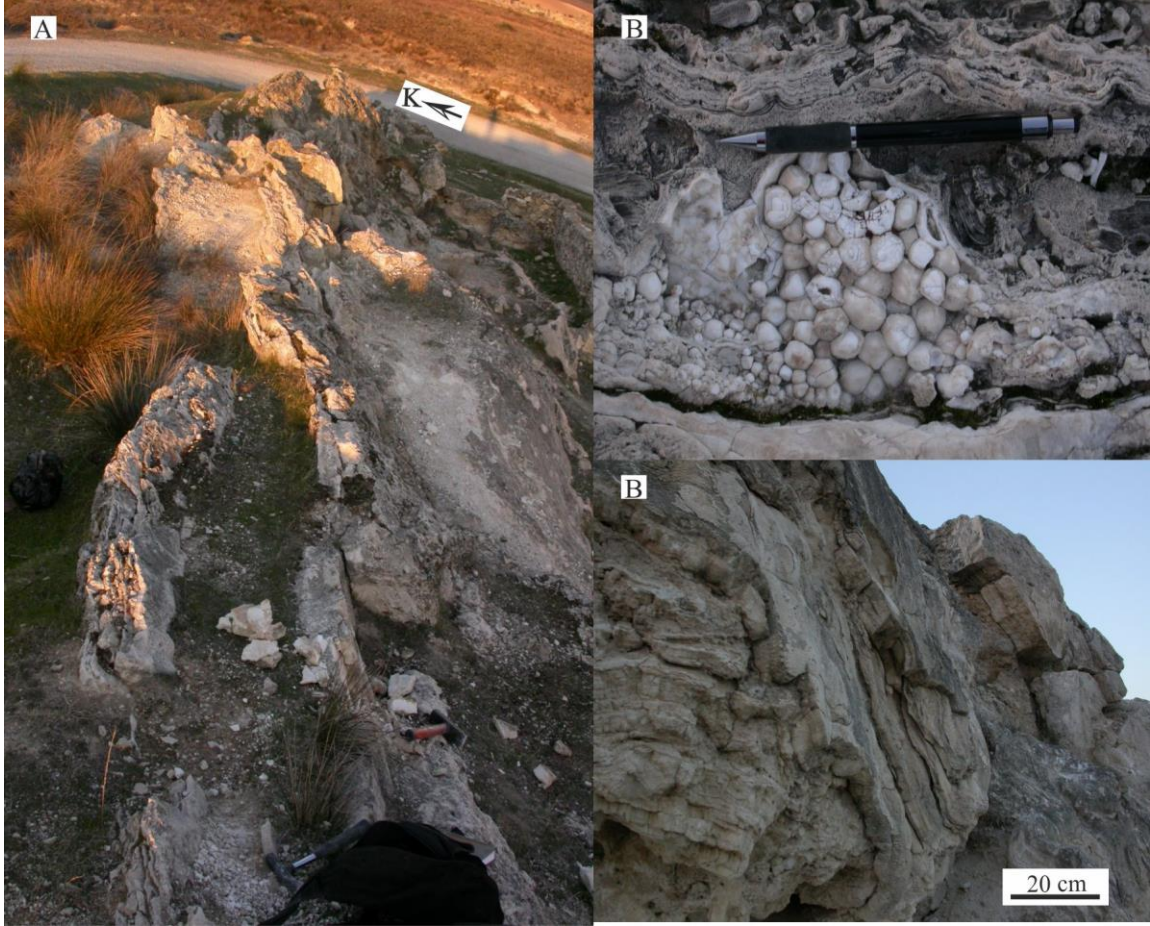
**Şekil 9.** Su debisinin azalmasıyla gelişmiş tümsek. A: Tümsek üzerinde çok düşük debi ile akan kaynak. B: Tümsek duvarı boyunca sızan  $\text{HCO}_3$ 'ça zengin su. (A mound developed with a decrease in water flow. A: Source flowing with very low flow over the mound. B:  $\text{HCO}_3$ -rich water seeping through the mound Wall)



**Şekil 10.** Teras-tümsek tipi traverten (Terraced-mound travertines)

### 6.6. Kanal Tipi Travertenler (Channel Type Travertines)

Bir kaynaktan çıkan termal suyun kendi cazibesi ile aktığı yüzeyde çökeltiği travertenlerdir (Altunel 1996). Suyun akım rejimi kanal içinde lamineli iken kanal duvarlarına yakın kesimde türbülanslıdır. Dolayısıyla kanal merkezinde çökeltim hızı yavaş kanal duvarlarında hızlı olacaktır. Bu nedenle bu tip travertenlerde kanal duvarların da ondüleli bir laminalanma gelişirken, kanal merkezinde çok düzgün laminalanmalı yapı gelişir. Denizli Pamukkale'de olduğu gibi güncel fayların belirlenmesinde önemli olabilirler. Çalışma alanında damar tipi travertenlerin üzerinde (Şekil 11) ve çalışma alanının kuzey doğusunda sınırlı alanlarda gözlenmişlerdir (Şekil 3). Bir kaç  $\text{m}^2$ 'lik bir alanda yayılım gösterdikleri için Şekil 3'de verilen haritaya işlenmemiştir.



**Şekil 11.** Kanal tipi traverten. A: Kanal tipi traverten üstten görünüş. B: Kanal içerisinde su sıcaklığı ve farklı akım rejimlerinde oluşmuş yapılar. C: Kanal duvarı boyunca akan suyun kanal duvarı üzerinde çöktüğü travertenler

### 7. Derin Elektrik Sondajlar ve Mekanik Sondajlar (Vertical Electrical Soundings and Drillings)

Çalışma alanında gerek Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğünün gerekse özel firmaların jeotermal etüt amaçlı yapılmış birçok çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmaların büyük bir kısmının derlenmesi ile bölgenin taban morfolojisine yönelik veriler elde edilmiştir. Bu veriler bu çalışma kapsamında elde edilen veriler ile karşılaştırılmıştır. Yüksek pozitif bir uyumluluk olduğu gözlenmiştir. Tablo 1’de bölgede yapılmış derin elektrik sondaj ve mekanik sondaj çalışmalarından elde edilmiş veriler, Şekil 3’de ise lokasyonları verilmiştir.



**Tablo 1.** Derin elektrik sondaj (jeof) ve mekanik sondaj (U ve EU) verileri  
(Vertical electric drilling (jeof) and drilling (U ve EU) data)

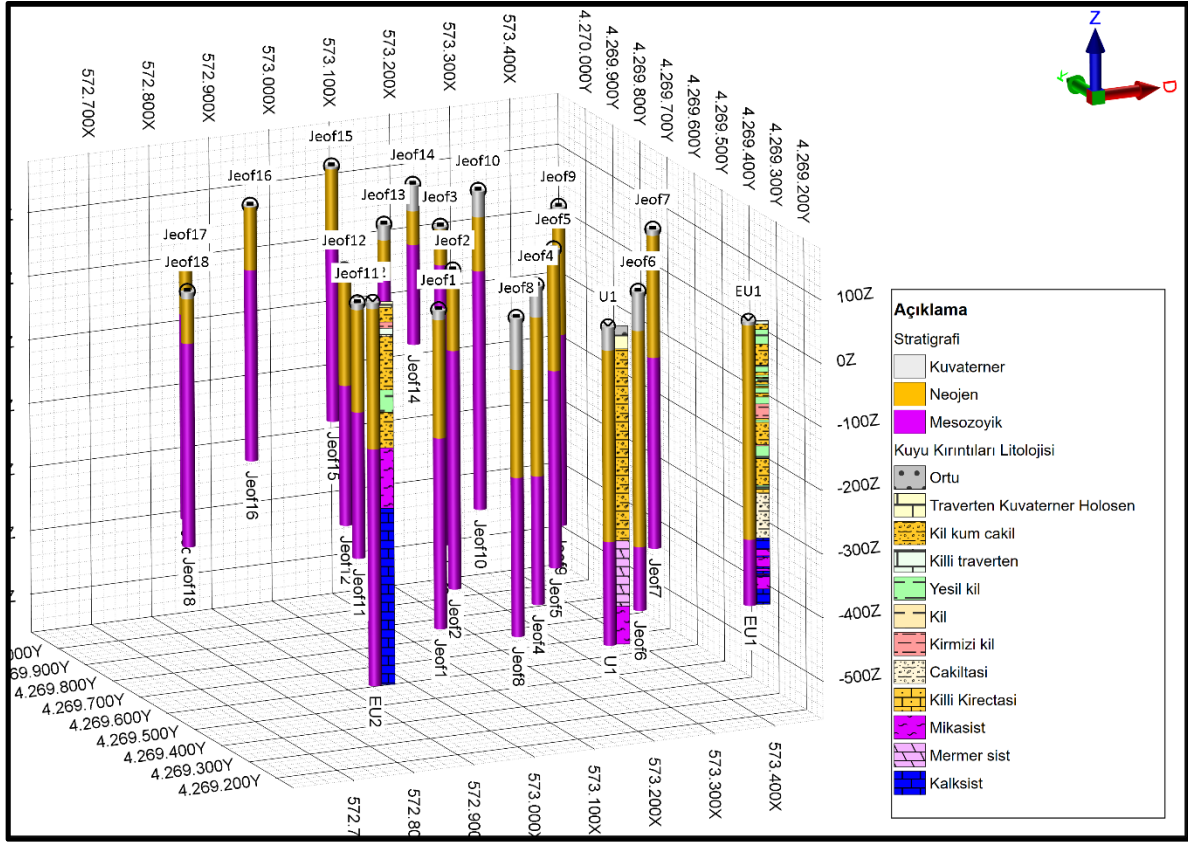
Kuyu no	Açıklama	Koordinatlar			Litoloji								Stratigrafi					
		UTM-ED50- 6 derece			(Sondaj metrajları metreden metreye)								(Sondaj metrajları metreden metreye)					
		x	y	z	Traverten		Kil kum Çakıl		Mermer-Şist		Şist		Kuvaterner		Neojen		Mesozoyik	
m.'den	m.'ye				m.'den	m.'ye	m.'den	m.'ye	m.'den	m.'ye	m.'den	m.'ye	m.'den	m.'ye	m.'den	m.'ye		
jeof1	DES	572967	4269407	80	0	14	14	200	200	400	400	500	0	14	14	200	200	500
jeof2	DES	573063	4269567	99	0	3	3	125	125	190	190	500	0	3	3	125	125	500
jeof3	DES	573133	4269767	115	0	3	3	59	59	400	400	500	0	3	3	300	300	500
jeof4	DES	573158	4269471	83	0	48	48	298	298	400	400	500	0	48	48	298	298	500
jeof5	DES	573249	4269608	85	0	8	8	190	190	500	-	-	0	8	8	125	125	500
jeof6	DES	573291	4269391	101	0	60	60	400	400	450	450	500	0	60	60	400	450	500
jeof7	DES	573428	4269639	101	0	8	8	200	200	400	400	500	0	8	8	200	200	500
jeof8	DES	573063	4269567	99	0	80	80	250	250	500	-	-	0	80	80	250	250	500
jeof9	DES	573133	4269767	115	0	14	14	200	200	400	400	500	0	14	14	200	200	500
Jeof10	DES	573250	4269886	127	0	40	40	125	125	400	400	500	0	40	40	125	125	500
Jeof11	DES	572869	4269489	85	0	9	9	170	170	400	-	-	0	9	9	170	170	400
Jeof12	DES	572914	4269635	87	0	2	2	180	180	400	-	-	0	2	2	77	77	400
Jeof13	DES	573058	4269808	89	0	23	23	83	83	400	-	-	0	23	23	83	83	400
Jeof14	DES	573160	4269927	90	0	40	40	93	93	250	-	-	0	40	40	93	93	250
Jeof15	DES	573073	4270033	88	0	3	3	100	100	400	-	-	0	3	3	100	100	400
Jeof16	DES	572901	4269952	85	0	1	1	100	100	400	-	-	0	1	1	100	100	400
Jeof17	DES	572710	4269768	86	0	3	3	78	78	400	-	-	0	3	3	78	78	400
Jeof18	DES	572656	4269642	85	0	10	10	80	80	400	-	-	0	10	10	80	80	400
U1	KUYU	573178	4269252	75	0	36	36	337	337	440	440	500	0	36	36	337	337	500
Eu1	KUYU	573389	4269203	74	0	5	5	342	342	446	-	-	0	5	5	342	342	446
Eu2	KUYU	572891	4269481	85	0	9	9	230	230	602	-	-	0	9	0	230	230	602

Derin elektrik sondaj verileri üç boyutlu ortamlarda değerlendirildiğinde Paleozoyik-Mesozoyik yaşlı birimlerin çalışma alanının kuzey batısına doğru yükseldiği belirlenmiştir (Şekil 12, 13, 14 ve 15). Şekil 12'de derin elektrik sondaj ve mekanik sondaj logları verilmiştir.

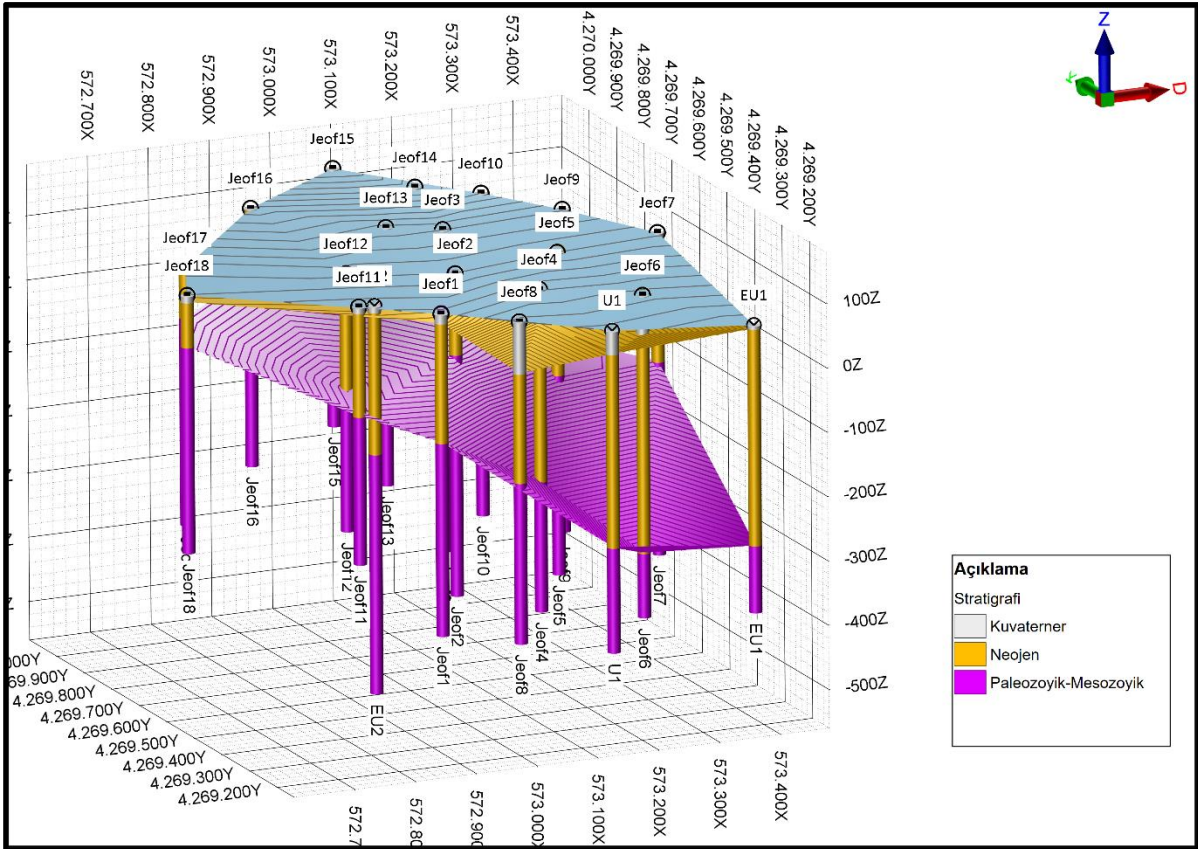
Yapılan bu üç boyutlu değerlendirmede ile Paleozoyik-Mesozoyik'in tavan düzleminin çalışma alanının güney doğusuna doğru derinleştiği görülür. Bu durum formasyon düzlemlerini ve stratigrafik model oluşturulduğunda daha net bir şekilde ortaya çıkar (Şekil 13 ve Şekil 14). Elde edilen verilerle birlikte çalışma alanının stratigrafik modelini oluşturulduğunda ise traverten ve Neojen yaşlı birimin kalınlığının, çalışma alanının güneyine doğru arttığı görülebilir (Şekil 14).

Çalışma alanında traverten tipleri yardımıyla belirlenen tektonik hatlar, Mesozoyik'in taban morfolojisiyle karşılaştırıldığında (Şekil 15) yüksek bir uyumluluk gözlenir. Çalışma alanı Doğu-Batı fayların etkisiyle Kuzeye doğru, Kuzey-Güney fayların etkisiyle de Batıya doğru yükselmiştir.

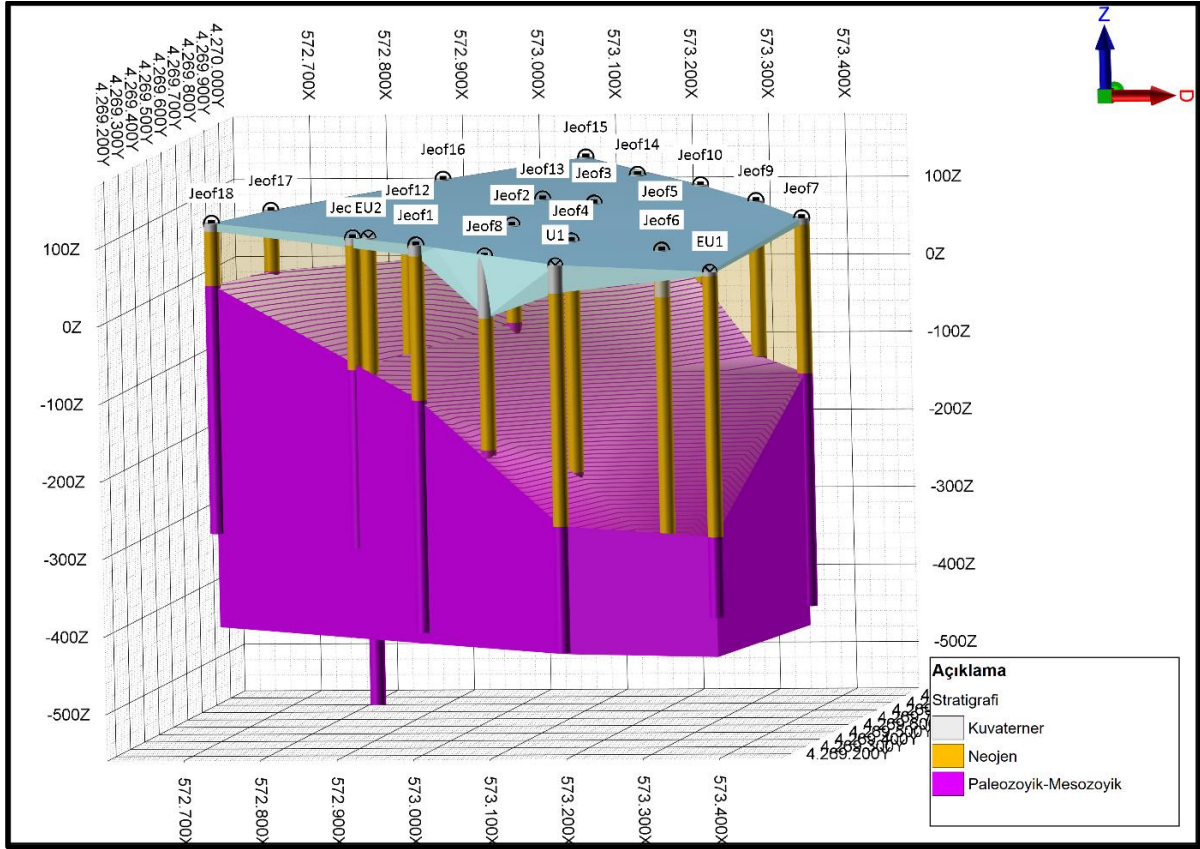




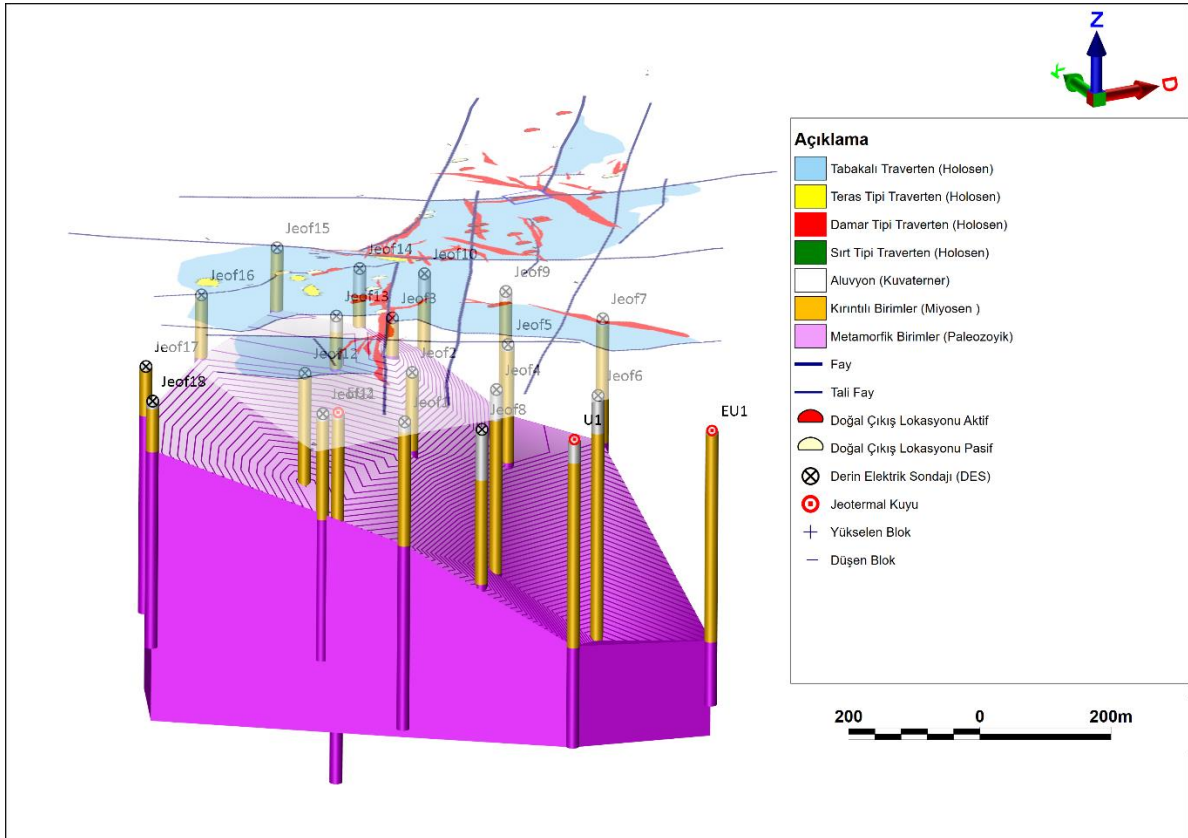
Şekil 12. Çalışma alanında yapılan derin elektrik sondajların ve mekanik sondajların logları  
(Logs of vertical electrical sounding and drillings in the study area)



Şekil 13. Çalışma alanında derin elektrik sondajların ve mekanik sondaj verilerine göre çizilmiş formasyon düzlemleri  
(Formation planes drawn according to vertical electrical sounding and drilling data in the study area)



Şekil 14. Çalışma alanın stratigrafik modeli (Stratigraphic model of the study area)



Şekil15. Urganlı traverten tektoniği ve Mesozoyik tavan düzlemi ilişkisi (Relationship between Urganlı travertine tectonics and Mesozoic roof plane)

## 8. Sonuç ve Tartışma (Result and Discussion)

Traverten oluşum tipleri tektonizma ile yakından ilişkilidir. Özellikle termojen kökenli traverten oluşumları için jeotermal bir aktiviteye ihtiyaç vardır. Jeotermal aktivite de tektonizmanın kontrollüdedir. Su derine inerken ortamda var olan  $\text{CaCO}_3$  çözün bünyesine alır ve daha sonra ısınıp yeryüzüne taşınır. Bu taşınma tektonik hatlar boyunca olur. Suyun kat ettiği yol güzergâhı boyunca uygun termodinamik ortamlarda traverten çökelir. Bu durumda tektonizmanın denetlediği morfolojik ortamların özelliklerine göre traverten tipleri oluşur. Traverten çökelişini kontrol eden etmenler; su ısı, sudaki  $\text{CO}_2$  kısmi basıncı, suyun  $\text{HCO}_3$  miktarıdır. Traverten tiplerinin oluşumunu kontrol eden etmenler ise; çökeliş ortamının morfolojik özellikleri, termal suyun akım rejimi,  $\text{CO}_2$ 'nin ortamdaki ayrılma hızıdır.

Çalışma alanında tümsek ve teras tipi travertenler normal fayların düşen bloklarının üzerinde gelişmiştir. Çalışma alanının Kuzeybatısında oluşmuşlardır. Bu tümsek tipi travertenlerin hemen kuzeyinde normal fay gözlenmiş ve haritalanmıştır (Şekil 3). Damar tipi travertenler tüm çalışma alanında yaygındır.  $10^\circ\text{-}30^\circ$ ,  $70^\circ\text{-}80^\circ$  ve  $120^\circ\text{-}130^\circ$  doğrultulu faylar boyunca çökelmiştir. Arazi gözlemlerinde Kuzey güney doğrultulu fayların Batı bloklarının yükseldiği, Doğu bloklarının düştüğü, Doğu-Batı doğrultulu fayların ise Güney bloklarının düştüğü Kuzey bloklarının yükseldiği belirlenmiştir. Bu fayların etkisiyle çalışma alanının Kuzeybatısı yükselmiş Güneydoğusu düşmüştür (Şekil 14). Yer yer Doğu-Batı doğrultudaki damarlarda Kuzeye doğru dönüşler belirlenmiştir. Bu durum bu fayların Doğu-Batı konumlu faylardan sonra geliştiğinin bir göstergesidir. Ancak bazı Doğu-Batı traverten damarlarının Kuzey-Güney doğrultulu damarları kestiği de gözlemlenmiştir. Kuzey-Güney yönlü sistemin gelişiminden sonrada Doğu-Batı doğrultu sistemin çalıştığını ortaya koymaktadır. Fay önü travertenleri yine tüm çalışma alanı boyunca yaygındır. Arazinin güneydoğusuna doğru kalınlığı artar güneydoğuda küçük yersel düzlüklerde çökelmiştir. Çalışma alanının kuzeydoğusunun yükseldiğini ortaya koyan bir veri olarak da değerlendirilmiştir (Şekil 14 ve Şekil 15). Sırt tipi travertenler çalışma alanının kuzey doğusunda gözlenmiş ve haritalanmıştır. Bu traverten tipinde sırt, Doğu-Batı konumludur. Bu tip travertenin oluşum mekanizması çalışma alanında Kuzey-Güney yönlü bir genişlemeyi ifade etmektedir (Şekil 15).

Elde edilen veriler sahanın traverten oluşum başlangıcında kuzey-güney yönlü bir genişlemenin varlığını ortaya koymaktadır. Bu rejimde bölgede D-B doğrultulu damar tipi travertenler gelişmiştir (Şekil 3). Bu travertenlerle birlikte D-B doğrultulu fayların düşen bloklarında tümsek tipi travertenler gelişmiştir (Şekil 3, 7, 8, 9, ve 10). Daha sonraki bir dönemde, genişleme Doğu-Batı yönlü gelişerek Kuzey-Güney doğrultulu traverten damarlarının çökelişine neden olmuştur (Şekil 3, 5A, 5B). Yakın geçmişte ise Kuzey-Güney yönlü genişleme etkisini sürdürdüğünü D-B doğrultulu sırt tipi travertenlerin gelişimiyle anlaşılmaktadır (Şekil 6). Ayrıca aktif doğal çıkışların konumuna dikkat edildiğinde D-B doğrultu yapısal hatların üzerinde yer aldığı görülmektedir (Şekil 3). Bu durum bölgede Kuzey-Güney yönlü genişlemenin son dönemde geliştiği ve etkisini sürdürdüğü ileri sürülebilir. Derin elektrik sondaj ve mekanik sondaj verileri ile Paleozoyik-Mezozoyik'in tavan düzleminin morfolojisi incelendiğinde yine Kuzey-Güney ve Doğu-Batı faylarının etkisinde Paleozoyik-Mezozoyik temeli çalışma alanının kuzey batısına doğru yükseldiği, güneydoğusuna doğru düştüğü saptanmıştır (Şekil 14 ve 15).

## Çıkar Çatışması (Conflict of Interest)

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir. No conflict of interest was declared by the authors.

## Kaynaklar (References)

- Akdeniz, N., Konak, N., Öztürk, Z., Çakır, M., H., 1986. İzmir-Manisa dolaylarının jeolojisi, M.T.A, Ege Bölge Müdürlüğü Raporları, Demirbaş No: Je179, 10-30, 80-86.
- Altunel, E., 1996. Pamukkale Travertenlerinin Morfolojik Özellikleri Yaşları Ve Neotektonik Önemleri, Bull. Min.Res.Exp.Inst.no.118, P. 47-63.
- Altunel, E., Hancock, P. L., 1993, Morphology and Structural setting of Quaternary Travertines at Pamukkale, Turkey: Geological Journal, 28, 335-346.
- Altunel, E., Uysal, T. 2005. Eski büyük depremleri yaşandırmada travertenlerin kullanılması; Aktif Tektonik Araştırma Grubu 9. Toplantısı.
- Avşaroğlu, M., 1968 Türkiye Kaplıcaları ve İçmeleri Kılavuzu, Güneş Matbaacılık, T.A.Ş Turizm ve Tanıtma Bakanlığı, Ankara.
- Bargar, K.E., 1978, Geology and thermal history of Mammoth Hot Springs, Yellowstone National Park, Wyoming: U.S.Geol.Surv.Bull., 1444.



- Brogi, A., Capezzuoli, E., 2009. Travertine deposition and faulting: the fault-related travertine fissure-ridges at Terme S. Giovanni, Terme, Italy. *International Journal of Earth Sciences* 98, 931–947.
- Büyüksahin S., 2016, Urganlı (Turgutlu, Manisa) ve Yakın Çevresinin Jeotermal Suların Hidrojeolojik Modellemesi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, 84 S., Isparta.
- Ceylan M. A., 1998. Urganlı Termal Kaynakları (Ahmetli-Manisa), *Türkiye Coğrafya Dergisi*, 33, s., 537-549.
- Chafetz, H.S. ve Folk, R.L., 1984, Travertines: de- positional morphology and the bacterially constructed constituents: *J.Sedim. Petrol.*, 54,289-316.
- Çağlar, K.Ö., 1948. Türkiye Maden Suları ve Kaplıcaları, Maden Teknik Arama Genel Müdürlüğü yayını, Seri: B, No: 11, Fasikül 2, Ankara.
- Demirkıran Z., 2000, Geochemical Properties of Travertines Around Kaklık-Denizli Region, Dokuz Eylül University Graduate School of Natural and Applied Sciences, PhD Thesis, Unpublished, 212 p., İzmir.
- Ercan, T., Matsuda J., Nagao, K. ve Kita, I., 1994. Anadolu'daki Sıcak Sularda Bulunan Doğal Gazların İzotopik Bileşimleri ve Karbondioksit Gazının Enerji Açısından Önemi", *Türkiye 6. Enerji Kongresi, Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi*, İzmir, 197-206, 17-22 Ekim.
- Filiz, Ş. (1982): Ege Bölgesindeki önemli jeotermal alanların O-18, H-2, H-3, C-13 izotoplarıyla incelenmesi. Doçentlik Tezi, E.Ü.Y.B.F., 1-95, İzmir (Yayınlanmamış).
- Ford, T., D. and Pedley, H., M. 1996. A Review of Tufa and Travertine Deposits of The World, *Earth Science Reviews* 41, 117-175.
- Hancock, P.L., Chalmers, R.M.L., Altunel, E., Çakir, Z., 1999. Travertines: using travertines in active fault studies. *Journal of Structural Geology* 21, 903–916.
- İşintek İ., Yılmaz Ö., Erdoğan, B., 2009a. Salihli Yöresi Traverten Yataklarının Fasiyes Analizi ve Ekonomik Potansiyeli. 62. Türkiye Jeoloji Kurultayı.
- İşintek İ., Erdoğan B., Yılmaz Ö., Turhan E., 2009b. Killik Travertenleri Denizli Kaklık ile Salihli Manisa Travertenlerinin Batı Türkiye Karbonat Fasiyes Özelliklerinin Kıyaslanması. 62. Türkiye Jeoloji Kurultayı.
- İşintek İ., Yılmaz Ö., Erdoğan B., 2010a. Dombaylı Kızılhavlu Salihli Manisa Batı Türkiye Traverten Yataklarının İç Stratigrafisi Fasiyes Analizi ve Ekonomik Potansiyeli. 2.Uluslararası Mermer ve Doğaltaşlar Kongresi.
- İşintek İ., Yılmaz Ö., Erdoğan B., Turhan E., 2010b. Killik Travertenleri Denizli Kaklık ile Dombaylı Kızılhavlu Salihli Manisa Batı Türkiye Travertenleri Arasındaki Benzerlikler ve Farklılıklar Çökeltme Ortamları Ve Koşullarının Karşılaştırılması. 2.Uluslararası Mermer ve Doğaltaşlar Kongresi.
- Karamandereci, İ.H. 1972. Urganlı kaplıcaları (Manisa-Turgutlu) civarının detay jeolojisi ve jeotermal olanakları hakkında rapor, M.T.A. Derleme Rapor No: 5462 (yayımlanmamış), Ankara, 53s.
- Mc Enzie, D.B., 1978, Active tectonics Alpine Himalayan Belt: The Aegean Sea and Surrounding regions. *Geophys. J.R. Astr. Soc.* 55, 217-254.
- Micromine Origin and Beyond 2022, version 2022 (22.0.478.2) Micromine Pty Ltd.
- Pentecost, A., 1995. The quaternary travertine deposits of Europe and Asia Minor: *Quaternary Science Review*, 14, 1005-1028.
- Sanders, J. E., and Friedman, G.M., 1967, Chapter 5 Origin and Occurrence of Limestones: *Developments in Sedimentology*, 9, 169-265.
- Selim, H., Yanık, G. 2005. Cambazlı (Turgutlu –Manisa) çatlak-sırt tipi traverten oluşukları, *Aktif Tektonik Araştırma Grubu* 9. Toplantısı.
- Selim, H., Yanık, G. 2009. Development of the Cambazlı (Turgutlu/Manisa) fissure-ridge-type travertine and relationship with active tectonics, Gediz Graben, Turkey. *Quaternary International* 199, 157–16.
- Sengor, A.M.C., Yılmaz, Y., 1981 Tethyan Evolution of Turkey: A Plate Tectonics Approach, *Tectonophysics*, 75, 181-241.
- Sözbilir, H., 1989, Büyük Menderes Grabeni Sultanhisar Kuyucak (Aydın) civarının jeotektoniği, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 167s, İzmir.
- Seyitoğlu, G. ve Scot, B. C., 1991. Late Senozoic crustal extension and basin formation in West Turkey, *Geol.Mag.*, 128, 155-166.
- Sözbilir, H., (1997). Stratigraphy and Sedimentation Of The Tertiary Sequences In The Northeastern Denizli Province (Southwest Turkey). *Applied Sciences of DEÜ*, Thesis of PhD. P.195.
- Tarcan, G., 1995. Hydrogeological study of the Turgutlu hot springs, Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 51-170, (1995).
- Tarcan, G., Filiz, Ş., 1998. Turgutlu (Manisa) kaplıcaları sıcak ve mineralli sularındaki sodyum bikarbonat zenginleşmesi, *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, Sayı: 52, 42-49.
- Tarcan, G., Filiz, Ş., Gemici, Ü., 1998. Salihli (Manisa) jeotermal alanlarının hidrojeolojik ve hidrojeokimyasal incelemesi. *Türkiye Petrol Jeologları Dergisi*, Cilt: 10, 61-86.
- Tarcan G., Gemici, Ü., 2005. Effects of the contaminants from Turgutlu-Urganlı thermomineral waters on cold ground and surface waters, *Springer Science, Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 74, 485-492.
- Ürgün, S., 1966. Urganlı kaplıcaları (Manisa-Turgutlu) civarının detay jeolojisi ve termal suların hidrojeolojik etüdü, Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü, Derleme Rapor No: 4679, (yayımlanmamış).
- Vural S., 2009, Urganlı (Turgutlu-Manisa) Jeotermal Alanının Jeolojisi ve Hidrojeokimyasal Özellikleri, Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, 158 S., Kocaeli.
- Yenal, O., Usman, N., Bilecen, L., Kanan, E., 1975. Türkiye Maden Suları, Ege Bölgesi, Cilt No: 3, İstanbul Üniversitesi Tıp Fakültesi Hidroklimatoloji Kürsüsü, 256-267.
- Yeşilova Ç. , Gülyüz E. , Huang C. , Shen C. 2019. Giant tufas of Lake Van record lake-level fluctuations and climatic changes in eastern Anatolia, Turkey. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 533, 109226.
- Yeşilova Ç. , Yeşilova P. G. , Açılan M. , Yu T. , Shen C. 2021. U-Th ages and facies properties of Edremit travertines and tufas, Van, Eastern Anatolia: implications for the neotectonics of the region. *Geological Quarterly*, 65 (2), 1-20.
- Yılmaz, Ö., 2008, Salihli Yöresi Traverten Yataklarının Fasiyes Analizleri ve Ekonomik Potansiyeli, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, 189 S., İzmir.
- Yılmaz, Y., (2000). Active Tectonics of the Aegean Region, Seismicity of West Anatolian Symposium, p3-14.

Yılmaz, S., Pasvanođlu, S., Yakabađ, A., Vural, S., 2008. Urganlı Jeotermal Alanının (Turgutlu-Manisa) Jeolojisi ve Sondaj Verileri Işığında Yeniden Deđerlendirilmesi, Termal ve Maden Suları Konferansı, Devlet Su İşleri Genel Múdürlüđü, Afyon, 151-165.