



*ARAŞTIRMA MAKALESİ (Research Article)*

**SU YOLLU YAPIYA DİK VE PARALEL KESİLMİŞ TRAVERTENLERDE KAPİLER SU EMME VE BASINÇ DAYANIMI ÖZELLİKLERİNİN ANİZOTROPİK DEĞİŞİMLERİNİN İNCELENMESİ**

İbrahim ÇOBANOĞLU<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Pamukkale Üniversitesi, Mühendislik Fak. Jeoloji Müh. Bölümü, Denizli, [icobanoglu@pau.edu.tr](mailto:icobanoglu@pau.edu.tr), ORCID: 0000-0002-2747-6397

*Geliş Tarihi: 27.07.2020*

*Kabul Tarihi: 05.12.2020*

**ÖZ**

Travertenler oluşum ortamlarına bağlı olarak desenli yapılar sunarlar. Bu yapılara genel olarak “su yollu yapı” adı verilir. Bu dokusal özelliğin, taşın üretimi sırasında da korunması ve ortaya çıkarılması istenebilir. Fabrika üretim aşamasında su yollu yapının görüldüğü taş kesim şekli vein-cut, görünmediği kesim şekli ise cross-cut adını almaktadır. Travertenlere has bu özellik, taşın kesim şekline bağlı olarak farklı görünümler sunmasını sağlamaktadır. Bu anlamda yapısal uygulamalarda mimari kullanım tercihi önem taşımaktadır. Gerçekte kesim şekillerindeki bu farklılık taşın bazı teknik özelliklerine de etki etmektedir. Bu çalışmada, travertenlerde taşın kesim şekline bağlı olarak ortaya çıkan ve anizotropiye neden olan dokusal özelliğin taşa ait kapiler su emme ve tek eksenli sıkışma dayanımı parametreleri üzerindeki etkisi ele alınmıştır. Bu amaçla, dünyanın en önemli traverten havzalarından biri olan Kaklık (Denizli) bölgesindeki 7 farklı ocaktan elde edilmiş örnekler kullanılmıştır. Sonuçlar, su yollu yapıya paralel pozisyonda hem kapiler su emmelerin ve hem de tek eksenli sıkışma dayanımlarının su yollu yapıya dik pozisyona göre daha yüksek olduğunu göstermiştir. Bu durum, traverten seçiminde kesim şekline bağlı teknik özelliklerin de etkili olduğunu ortaya koymuştur. Elde edilen deneysel sonuçlar, travertenlerin anizotropik özellikler sergileyen doğaltaşlar olduğunu ortaya koymuştur. Travertenin inşaat sektöründeki uygulamalarında kayaca ait bu özelliklerin bilinmesi ve değerlendirilmesi önem taşımaktadır.

**Anahtar kelimeler:** *Kapiler su emme, Traverten, Vein cut, Cross cut, Denizli*

**ANISOTROPIC CHANGES OF CAPILLARY WATER ABSORPTION AND COMPRESSIVE STRENGTH PARAMETERS IN “VEIN CUT” AND “CROSS CUT” SHAPED TRAVERTINES**

**ABSTRACT**

Travertines offer patterned structures depending on their sedimentological environment. These structures are generally called "waterway structures". It may be desirable to preserve and reveal this textural feature during the production of the stone. The stone-cut shape in which the waterway structure appears in the factory production stage is called “vein-cut”, and the cut shape that is not visible is referred to as “cross-cut”. This feature, which is unique to travertines, allows the stone to

offer different appearances depending on the cut shape. In this sense, the preference of architectural use in structural applications is important. In fact, this difference in cut shapes also affects various technical properties of the stone. In this study, the effect of textural feature, which arises depending on the cut shape of the stone in travertines and causes anisotropy, on the capillary water absorption and uniaxial compressive strength parameters of the stone is discussed. For this purpose, samples obtained from 7 different quarries in Kaklık (Denizli) region, one of the most important travertine basins in the world, were used. The results showed that both the capillary water absorption and uniaxial compressive strengths in the position parallel to the waterway structure were higher than the position perpendicular to the waterway structure. This situation revealed that the technical features related to the cut shape were also effective in the selection of travertine. The experimental results obtained revealed that travertines are natural stones exhibiting anisotropic properties. In the applications of travertine in the construction industry, it is important to recognize and evaluate these properties of the rock.

**Keywords:** *Capillary absorption, Travertine, Vein cut, Cross cut, Denizli*

## 1. GİRİŞ

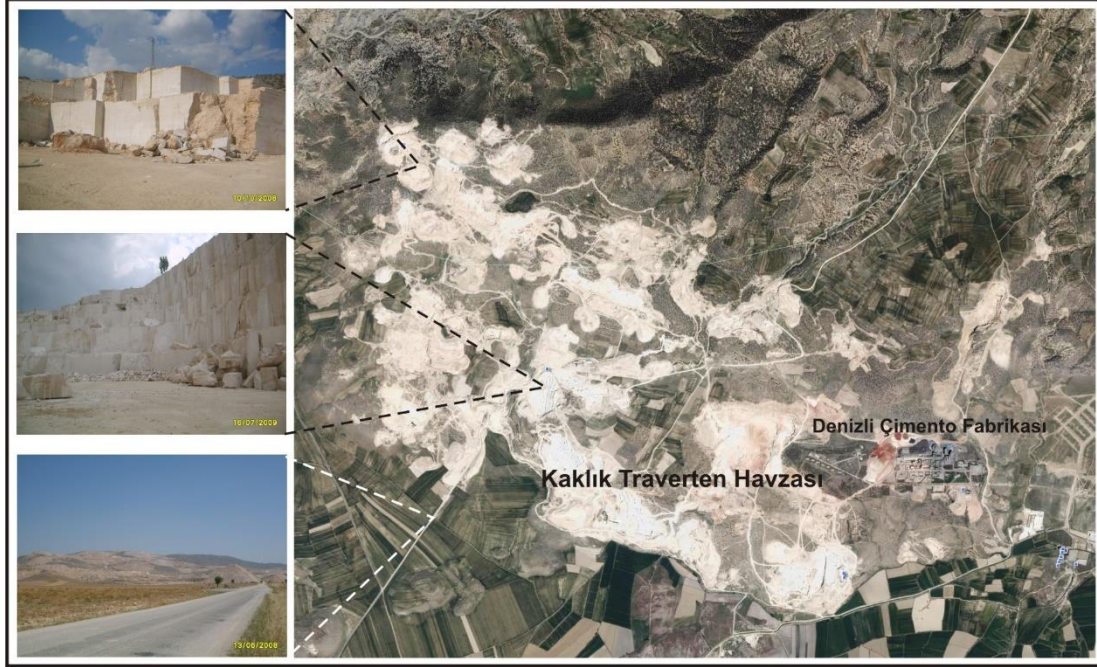
Traverten, kalsiyum karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) ihtiva eden kaynak suları ile bilhassa sıcak su kaynaklarının, hava ile temasında, karbondioksitin ( $\text{CO}_2$ ) uçmasından sonra, tabakalar halinde birikmesi ile meydana gelmiş bir karbonat kayasıdır. Chafetz ve Folk [1], traverteni, kaynak sularından organik veya inorganik işlevlerle çökeltilmiş tatlı su karbonatları olarak tanımlamışlardır. Traverten sözcüğü İtalya'daki Tivoli kasabasının eski Roma adı olan "Tivertino"dan gelmektedir [2]. Bu terim, latince "Tiburtino" olarak bilinmektedir.

Denizli graben havzası, doğal taş ve özellikle de traverten açısından Türkiye'nin en önemli bölgesidir (Şekil 1). 1980'li yılların başında sadece birkaç ocak işletmesine sahip olan Denizli, günümüzde 50'den fazla ocak ve çok sayıda fabrika ile traverten ticaretinde dünyanın önde gelen ülkeleri arasında yer almaktadır. Bölgenin yıllık blok traverten üretim miktarı  $400.000 \text{ m}^3$  civarındadır. Bölgede yer alan antik traverten ocakları, geçmişte de bu taşın sıklıkla ve bütün yapılar (Hierapolis, Leodikeia, Tripolis vb) kullanıldığını göstermektedir.

Su yollu yapı, travertenler için tipik ve yaygın olan bir sedimantolojik doku şeklidir. Bu yapı aynı zamanda taşa doğal gözenekli bir özellik verir. Traverten üreten fabrikalarda yapılan blok kesimlerinde taşa su yollu yapı belirgin hale getirilebilmektedir. Taşa su yollu yapının görüldüğü kesim şekli "vein-cut" olarak isimlendirilir. Diğer kesim şekli olan cross-cut kesimde ise su yollu yapı belirgin değildir ve gözenekler taş yüzeyi üzerinde gelişigüzel dağılmış şekildedir. Uygulama açısından taşın kullanım yoğunluğu tamamen mimari tasarımla ilgilidir. Çoğu kez vein-cut kesilmiş travertenlerin duvar ve cephe uygulamalarında (Şekil 2a), cross-cut kesilmiş travertenlerin ise taban döşemesi olarak kullanıldığı görülmektedir (Şekil 2b).

Bir yapı uygulaması için travertenin su yollu yapıya dik (vein cut) veya paralel (cross cut) kesilmiş olmasının farklı nedenleri olabilir. Ancak mühendislik açısından her iki kesim yöntemi ile elde edilmiş taşa ait teknik parametrelerin bilinmesi gerekmektedir. Bu çalışma, bu iki kesim yöntemi arasında etkili parametreler olan kapiler su emme ve eksenel sıkışma dayanımı değerlerinin değişimlerinin ortaya konulması amacıyla gerçekleştirilmiştir.

*Çobanoğlu, İ., Journal of Scientific Reports-B, Sayı 2, 55-67, Aralık 2020.*  
*Çobanoğlu, İ., Journal of Scientific Reports-B, Number 2, 55-67, December 2020.*



**Şekil 1.** Kaklık (Denizli) traverten havzası ve yakın çevresinin genel görünümü [3'den değiştirilerek].



a- Vein-cut kesilmiş traverten uygulaması

b- Cross-cut kesilmiş traverten uygulaması.

**Şekil 2.** Kesim şekillerine bağlı olarak farklı traverten uygulama alanları (a- su yollu yapıya dik, b- su yollu yapıya paralel kesim).

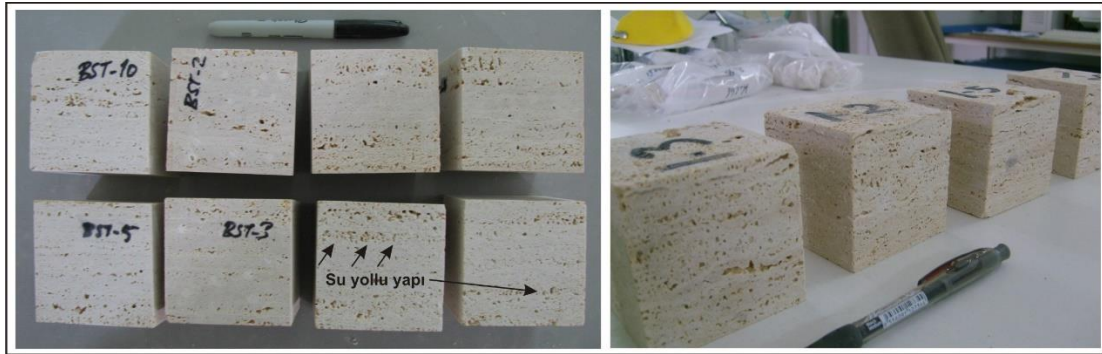
Literatürde kapiler su emme çalışmalarının büyük çoğunluğunun betonlar ve sıva malzemeleri üzerinde yapılmış olduğu görülmektedir [4 - 9]. Bu çalışmalar ağırlıklı olarak farklı karışımlarla elde edilmiş betonun su emme ve kapiler su emme parametrelerinin değişimlerini ele almışlardır. Doğaltaşlar üzerinde kapiler su emmenin incelendiği çeşitli çalışmalar da bulunmaktadır [10 - 12]; [3].

Bu çalışmaların da özellikle farklı litolojilerde doğaltaşlar için yapıldıkları görülmektedir. Bu anlamda her taş grubu için tanımlanacak parametrelerin kendi içlerinde değerlendirilmesi daha doğru olacaktır.

## 2. MATERYAL VE METOT

Deneyel olarak yürütülmüş olan bu çalışmada, Denizli - Kaklık havzasında işletilmekte olan 7 farklı ocağa ait traverten örnekleri kullanılmıştır. Bu amaçla hazırlanmış olan 7\*7\*7 cm boyutlarındaki küp şekilli örnekler su yollu yapıya dik ve paralel olacak şekilde ağırlıkça su emme, kapiler su emme ve eksenel sıkışma deneylerine tabi tutulmuşlardır (Şekil 3a, Şekil 3 b ve Şekil 3c). Su yollu yapının daha kolay görülmesi ve ayrıca kesimlerin bütün olarak fabrika ortamlarında yapılmış olmasından ötürü çalışmada küp şekilli örneklerin kullanılması tercih edilmiştir.

Ağırlıkça su emme, kapiler su emme ve tek eksenli sıkışma dayanımı testleri için her ocaktan elde edilmiş örnekler kullanılmıştır. Ağırlıkça su emme deneyleri TS EN 13755 [14], kapiler su emme deneyleri TS EN 1925 [13] ve tek eksenli sıkışma dayanım (UCS) testleri TS EN 1926 [15] standartlarına göre yapılmıştır. Sıkışma dayanımı testlerinde, örnekler  $70 \pm 5$  °C'da sabit ısıya gelene kadar kurutulmuş ve ardından  $1 \pm 0.5$  MPa/s yükleme hızı uygulanarak yenilme yüküne maruz bırakılmışlardır.

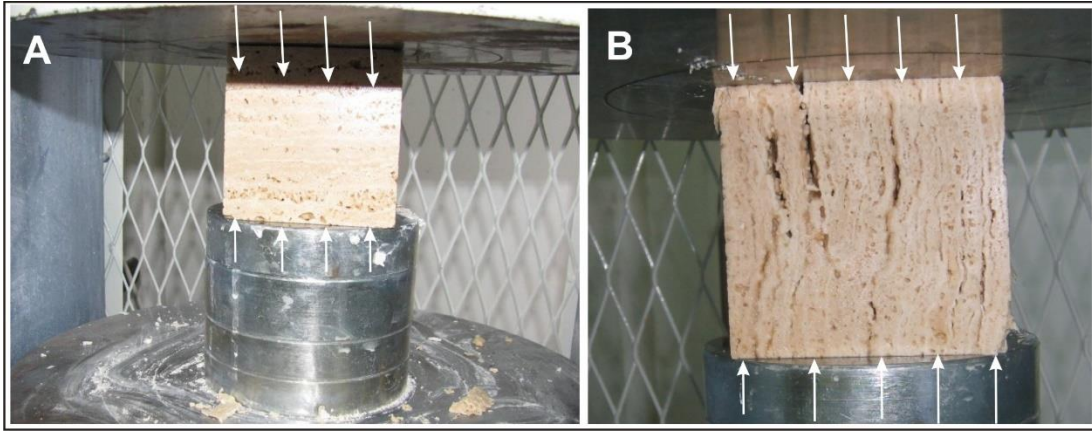


**Şekil 3a.** Hazırlanmış traverten deney numunelerinde su yollu yapıların genel görünümü.



**Şekil 3b.** Traverten deney örneklerinde su yollu yapı ve kapiler su emme deneyi sonrası bir kısım örneklerin görünümü (sağda).

Kapiler su emme deneyinde emilen suyun gram cinsinden kütlesi, numunenin  $m^2$  cinsinden taban alanına bölünerek, saniye cinsinden sürenin kare köküne karşı çizilmiş bir grafik olarak gösterilir. Genellikle grafikler Şekil 4'edekine benzerdir. Tipik bir deney grafiğinin genel olarak iki doğruyla gösterilebildiği görülür. Grafiğin birinci bölümündeki ölçülmüş noktalar ve bu birinci bölümün regresyon doğrusu arasındaki korelasyon katsayısı sırasıyla grafiğin birinci bölümünde en az 5 ölçüm alındığında 0.90'dan veya sadece 4 ölçüm alındığında 0.95'ten büyükse, kılcal etkiye bağlı su emme katsayısı  $C_1$  veya  $C_2$  ( $g/m^2 \cdot s^{0.5}$ ) sırasıyla regresyon doğrusunun eğiminden bulunur [13]. Su emme katsayısı bu doğru üzerindeki herhangi bir noktadaki yatay ve düşey eksen değerlerinin oranı olarak aşağıdaki formülle hesaplanır;



**Şekil 3c.** Travertenlerdeki su yollu yapıya dik (A) ve paralel yükleme koşullarında (B) örneklerin görünümü.

$$C_{1,2} = \frac{m_i - m_d}{A\sqrt{t_i}} \quad (g/m^2 \cdot s^{0.5}) \quad (1)$$

Bu bağtıda;

$m_d$  : Kuru deney numunesinin kütlesi, g

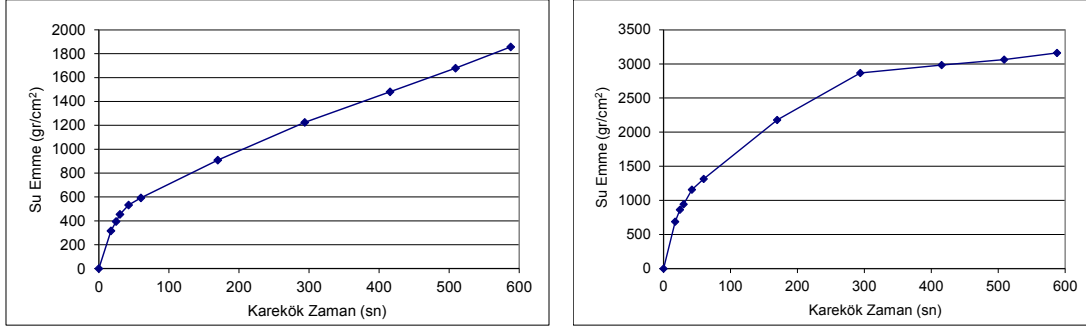
$m_i$  : Deney numunesinin deneydeki su emmiş kütlesi, g

$A$  : Suya batırılmış yüzeyin alanı,  $m^2$

$t_i$  : Deney başlangıcından ardışık  $m_i$  kütlelerinin ölçüldüğü süreler, s

$C_1$  : Kayacın anizotropi düzlemlerine dik kılcal etkiye bağlı su emme katsayısı,  $g/m^2 \cdot s^{0.5}$

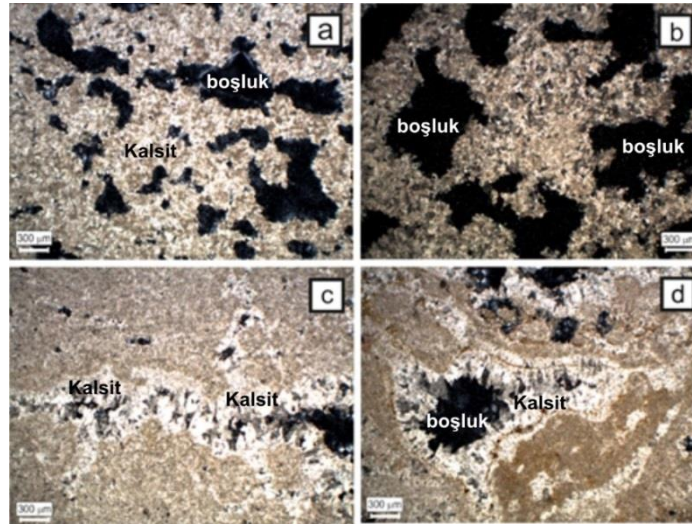
$C_2$  : Kayacın anizotropi düzlemlerine paralel kılcal etkiye bağlı su emme katsayısı,  $g/m^2 \cdot s^{0.5}$



**Şekil 4.** Travertenler için elde edilmiş tipik kapiler su emme grafik modelleri (soldaki grafik, su yollu yapıya dik ve sağdaki grafik su yollu yapıya paralel su emme koşullarını tanımlamaktadır).

### 3. TRAVERTENLERİN PETROGRAFİK ÖZELLİKLERİ

Bu çalışma ile gerçekleştirilen ince kesit çalışmaları, travertenlerin mikrit ve mikrosparit çimentolu olduğunu ortaya koymuştur. Gözenekli yapı örneklerin genelinde baskın olup çoğu bağlantısız boşluklar şeklinde yer almaktadır. Boşlukların bir kısmında hiçbir mineral gelişimi gözlenmezken (Şekil 5, a ve b) bazen ikincil olarak gelişmiş ışınsal kalsit kristallerinin olduğu görülmektedir (Şekil 5 c ve d). Poroz yapı hem el örneklerinde ve hem de ince kesitlerde farklı şekillerde görülebilmektedir. Özellikle farklı boyutlardaki boşlukların sıralanması ile meydana gelen su yollu yapı kayacın porozitesinin de artmasına neden olmaktadır.\* Şekil 5, farklı poroz yapı türlerini içeren travertenlere ait ince kesit görünümünü göstermektedir. Travertenlerde gözenekli yapı türü oldukça değişken olup tek bir porozite türüne göre tanımlama yapmak oldukça zordur.



**Şekil 5.** Traverten örneklerinden hazırlanmış ince kesitlerde farklı gözenek yapı şekillerinin görünümleri: Düzensiz ve bağlantısız açık gözenekler (Shelter tip porozite, a ve b); Yarı boş ve ikincil kalsit mineralleri ile doldurulmuş gözenekler (c ve d).

#### 4. BULGULAR

Yapılan deneysel çalışmalarla elde edilmiş ağırlıkça su emme (ASE, %), kapiler su emme (KSE ve KSEK) ve tek eksenli sıkışma dayanımı (UCS) değerleri Çizelge 1’de, minimum, maksimum ve ortalama değerleri ifade edecek şekilde ise Çizelge 2’de sunulmuştur. Kapiler su emme değerleri hem toplam ağırlıkça yüzde değerler cinsinden ve hem de kapiler su emme katsayısı değerleri cinsinden tanımlanmıştır. Çizelge 2’de yer alan “Paralel / Dik Oranı” sadece ortalama deney verileri kullanılarak elde edilmiştir. Bu değerlendirmede tek eksenli sıkışma dayanımı değerleri için oran 1.44, kapiler su emme % değeri için 1.05 ve kapiler su emme katsayısı için 1.15 olarak hesaplanmıştır.

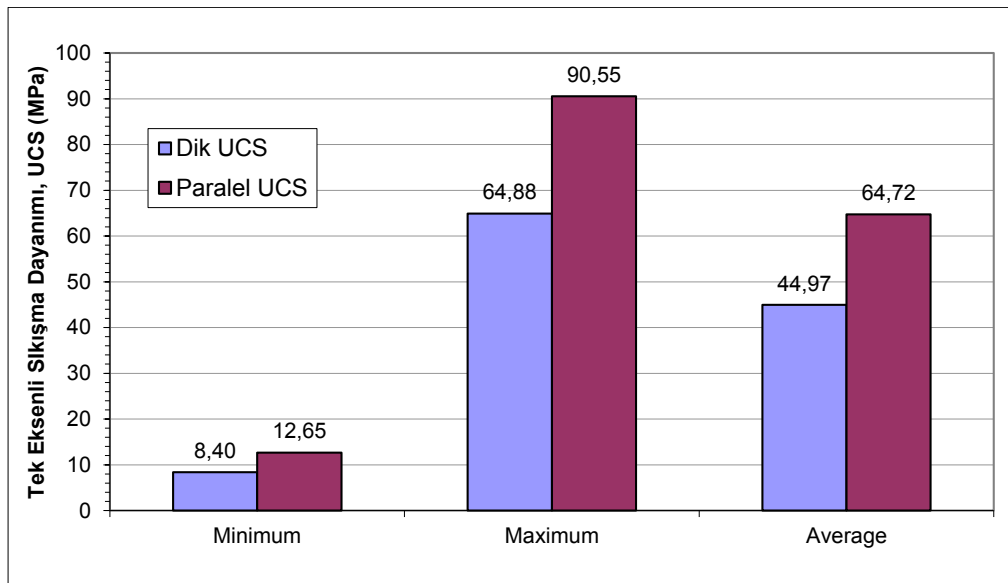
**Çizelge 1.** Deneysel çalışmalarla elde edilen ve su yollu yapıya dik ve paralel koşullar için elde edilmiş tek eksenli sıkışma dayanımı, ağırlıkça su emme ve kapiler su emme değerlerinin (% ve  $gr/m^2.s^{0.5}$ ) örnek grupları içerisindeki değişimleri.

Örnek Grubu	UCS (MPa)		Ağırlıkça Su Emme (%)		Kapiler Su Emme (%)		Kapiler Su Emme Katsayısı		Açıklama
	Dik	Paralel	Dik	Paralel	Dik	Paralel	Dik	Paralel	
1	11,52	18,25	6,68	7,17	6,04	6,68	20,47	26,61	
2	14,03	16,40	7,12	7,26	6,55	6,61	21,72	26,04	Demmer
3	8,40	12,65	7,40	7,73	6,85	6,79	21,33	25,29	Mermer
4	11,34	17,90	6,73	7,33	6,30	7,33	20,99	27,37	
5	33,71	69,67	1,29	1,92	1,47	0,99	5,78	4,05	
6	48,29	76,34	1,26	1,55	0,90	1,04	3,55	4,34	Best
7	47,16	68,96	1,43	1,39	1,01	1,08	4,06	4,47	Mermer
8	36,49	73,50	1,87	1,33	1,10	1,11	4,32	4,57	
9	38,15	75,10	1,14	1,40	0,96	0,52	3,91	2,14	
10	59,79	86,20	0,97	1,31	0,44	0,46	1,80	1,90	Pamukkale
11	57,76	88,74	1,00	1,53	0,33	0,47	1,38	1,94	Mermer
12	64,37	74,45	1,03	1,51	0,20	1,23	0,84	4,96	
13	56,21	64,57	0,61	0,74	0,33	0,42	1,70	1,14	Alimoğlu
14	59,39	73,01	0,73	0,75	0,28	0,39	1,70	0,86	Mermer
15	39,21	78,98	0,72	0,76	0,36	0,54	1,47	2,20	
16	58,42	85,57	0,77	1,75	1,21	0,45	4,76	1,74	Çakmak
17	57,28	90,55	1,01	1,13	0,46	0,87	1,81	3,37	Mermer
18	64,88	76,00	1,21	1,68	0,79	0,38	3,17	1,49	
19	39,86	54,09	1,53	1,39	0,31	0,55	1,28	2,24	
20	48,59	51,30	2,79	1,43	1,64	0,65	6,50	2,61	Kur
21	50,34	55,30	2,28	1,45	0,95	0,63	3,82	2,59	Mermer
22	44,30	50,79	2,98	2,45	1,09	1,84	4,28	7,43	
23	37,74	75,10	1,40	1,14	0,96	0,52	3,91	2,14	
24	59,79	86,20	1,19	0,97	0,44	0,46	1,80	1,90	Başaranlar
25	57,76	88,74	1,53	1,00	0,33	0,47	1,38	1,94	Mermer
26	64,37	74,48	1,03	1,51	0,20	1,23	0,84	4,96	
<b>Min.</b>	<b>8,40</b>	<b>12,65</b>	<b>0,61</b>	<b>0,74</b>	<b>0,20</b>	<b>0,38</b>	<b>0,84</b>	<b>0,86</b>	
<b>Maks.</b>	<b>64,88</b>	<b>90,55</b>	<b>7,40</b>	<b>7,73</b>	<b>6,85</b>	<b>7,33</b>	<b>21,72</b>	<b>27,37</b>	
<b>Ort.</b>	<b>44,97</b>	<b>64,72</b>	<b>2,22</b>	<b>2,29</b>	<b>1,60</b>	<b>1,68</b>	<b>5,71</b>	<b>6,55</b>	

Şekil 6, tek eksenli sıkışma dayanımı değerlerinin su yollu yapıya dik ve paralel yükleme koşullarında elde edilmiş minimum, maksimum ve ortalama değerlerini göstermektedir. Su yollu yapıya paralel yükleme koşulları, su yollu yapıya dik yükleme koşullarından 1.44 kat daha yüksek değerler vermiştir. Bu durum, vein-cut kesilmiş örneklerde yüklemenin daha büyük değerler verdiğini ortaya koymuştur. Bu yüzden, üzerinde yük etkisi olacak koşullarda su yollu yapıya paralel (cross-cut) yerine su yollu yapıya dik (vein-cut) kesilmiş traverten plakaların taban döşemesi olarak kullanılmasının daha uygun olacağı belirlenmiştir.

**Çizelge 2.** Deneysel çalışmalarla elde edilen ve su yollu yapıya dik ve paralel koşul için tanımlanmış tek eksenli sıkışma dayanımı ve kapiler su emme değerleri.

Değer	Dik UCS	Paralel UCS	Dik KSE	Paralel KSE	Dik KSEK	Paralel KSEK
Minimum	8.40	12.65	0.20	0.38	0.84	0.86
Maksimum	64.88	90.55	6.85	7.33	21.72	27.37
Ortalama	44.97	64.72	1.60	1.68	5.71	6.55
Paralel / Dik Oranı		1.44		1.05		1.15

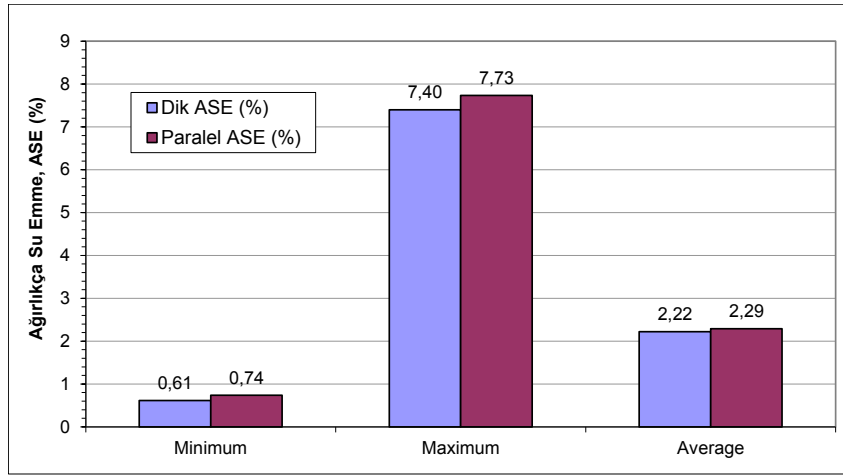


**Şekil 6.** Su yollu yapıya dik ve paralel tek eksenli yükleme durumunda tek eksenli sıkışma dayanımı (UCS) değerlerinin değişimi.

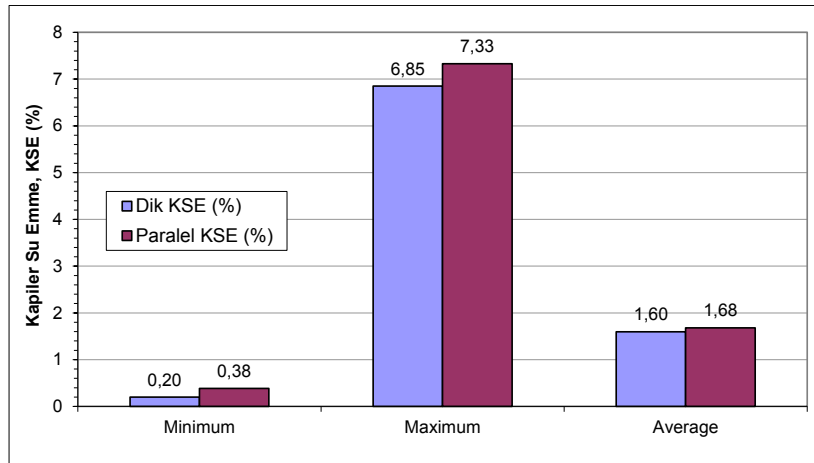
Şekil 7, deney örneklerinin ağırlıkça su emme (ASE, %) deneylerine ait verileri içermektedir. Bu grafik için elde edilmiş olan sayısal değerler aradaki farkın oldukça az olduğu görülmektedir. Su yollu yapıya paralel olarak su emmenin sağlanması koşulunda ağırlıkça su emme değerlerinde yaklaşık % 3'lük bir artışın olduğu belirlenmiştir.



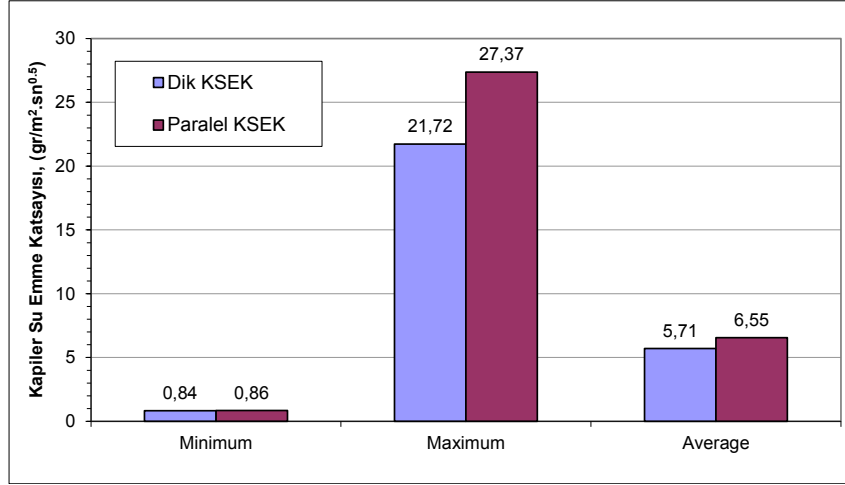
Şekil 8 ve Şekil 9 ise kapiler ağırlıkça su emme (KSE, %) ve kapiler su emme katsayısı (KSEK,  $g/m^2 \cdot s^{0.5}$ ) değerlerinin su yollu yapıya dik ve paralel olması durumu için elde edilmiş verileri göstermektedir. Ağırlıkça kapiler su emme (KSE, %) ortalama değerleri su yollu yapıya paralel durumda daha yüksek değerlerin elde edildiğini göstermiştir. Benzer durum, kapiler su emme katsayısı (KSEK,  $g/m^2 \cdot s^{0.5}$ ) değerlerinde de görülmektedir. Elde edilen değerler, su yollu yapıya paralel pozisyonda kapiler su emme değerlerinin daha yüksek olduğunu ortaya koymuştur. Kapiler su emme parametrelerinin yüksek olması taşın suya hassasiyetini de artırmaktadır. Bu yüzden özellikle açık alanlarda kullanılacak doğaltaşlar için kapiler su emme değerlerinin düşük olması istenmektedir. Elde edilen deneysel çalışma verileri, atmosferik koşullar etkisinde kullanılması düşünülen traverten doğaltaşları için cross-cut kesilmiş levhaların kullanılmasının daha uygun olacağını ortaya koymuştur.



Şekil 7. Ağırlıkça su emme (%) değerlerinin su yollu yapıya dik ve paralel olması koşulu için değişimleri.



Şekil 8. Su yollu yapıya dik ve paralel kapiler su emme durumunda ağırlıkça kapiler su emme yüzde değerlerinin değişimi.



**Şekil 9.** Su yollu yapıya dik ve paralel kapiler su emme durumunda kapiler su emme katsayısı ( $\text{gr/m}^2.\text{sn}^{0.5}$ ) değerlerinin değişimi.

## 5. DENEYSEL SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ ve YORUMLANMASI

Kayaçların toplam su emme miktarı, görünür porozitenin bir göstergesi olarak kabul edilmektedir. Kapiler su emmede kaya litolojisi ile birlikte kapilariteye sebep olan boşlukların da etkisi bulunmaktadır. Bu bakımdan kapiler su emme, toplam su emmenin oransal bir karşılığı olarak tanımlanabilir [3]. İnce taneli ve kapiler boşlukların fazlalığı oranında doğal taşın kapiler su emme değerleri de artmaktadır. Kapiler su emmenin fazlalığı oranında taşın atmosferik koşullardan etkilenme derecesi de artar ve bu durum taşın homojen yapısının bozulmasına neden olur. Literatürde bütün doğaltaş türleri için tanımlanmış bir kapiler su emme sınıflaması bulunmamaktadır. Bununla birlikte, DIN 52617 standardı [16] kapiler su emme katsayısı  $0.5 - 2.0 \text{ kg/m}^2.\text{h}^{0.5}$  olan malzemeleri “kısıtlı su emici” olarak tanımlamaktadır. Ayrıca Çobanoğlu (2015) [3] tarafından yapılan çalışma ile travertenler için geçerli olacak bir kapiler su emme sınıflaması geliştirilmiştir. Bu sınıflamada Anon [17] tarafından önerilmiş olan porozite sınıflaması esas alınmış ve bu porozite sınıflaması değerlerine karşılık gelen kapiler su emme katsayısı (KSEK) ve kapiler su emme değerleri (%) tanımlanmıştır (Çizelge 3).

Bu çalışma, travertenlerde hem kapiler su emme ve hem de eksenel sıkışma dayanımı değerlerinin anizotropik değişimlerini ortaya koymaktadır. Bu anlamda travertenler anizotropik özellik sergileyen doğaltaşlar olarak tanımlanabilirler. Bu özellik, travertenlerin sınıflandırılmaları sırasında tanımlanacak sınıf değerlerinin de değişimlerine neden olabilmektedir.

**Çizelge 3.** Travertenlerde kapiler su emmenin tanımlanması için önerilmiş olan sınıflandırma [3].

<i>Sınıf</i>	<b>Anon (1979)</b>		<b>Kapiler Su Emme Sınıflaması</b>		
	<b>Porozite (%)</b>	<b>Tanımlama</b>	<b>KSEK (gr/m<sup>2</sup>*s<sup>0.5</sup>)</b>	<b>KSE (%)</b>	<b>Tanımlama</b>
1	> 30	Çok yüksek	> 68	> 13	Çok yüksek
2	30 – 15	Yüksek	68 – 22	13 – 6	Yüksek
3	15 – 5	Orta	<b>22 – 5</b>	6 – 2	<b>Orta</b>
4	5 – 1	Düşük	< 5	< 2	<b>Düşük</b>
5	< 1	Çok düşük	---*	---*	---*

\* TS EN 1925 (2000) standardına göre, açık gözenekliliği < % 1 olan kayalar için bu deneyin yapılması gerekli değildir.

Hem vein cut ve hem de cross cut örnekler için ortalama değerler ele alındığında kapiler su emme katsayısına (KSEK, gr/m<sup>2</sup>.sn<sup>0.5</sup>) göre travertenler “Orta” sınıfa ait olarak tanımlanmaktadır. Aynı değerlendirme, kapiler su emme (KSE, %) değerlerine göre yapıldığında tanımlanan sınıfın “Düşük” olduğu görülmektedir (Çizelge 3).

Su yollu yapıya dik ve paralel yükleme koşulları için elde edilen ortalama değerler yorumlandığında, su yollu yapıya paralel yükleme koşulu için daha yüksek sıkışma dayanımının (ortalama değer 64.72 MPa) elde edildiği görülmektedir. Su yollu yapıya paralel yükleme koşulu için aynı değer 44.97 MPa olarak elde edilmiştir. Su yollu yapıya paralel yükleme koşulunda kaya tanımı “Orta Dayanımlı” olarak elde edilirken, su yollu yapıya dik yüklenmesi koşulunda kaya tanımı “Düşük Dayanımlı” olarak elde edilmektedir (Çizelge 4).

**Çizelge 4.** Tek eksenli sıkışma dayanımı (UCS) değerlerine göre kaya dayanım sınıflaması [18].

<b>Kaya Sınıfı</b>	<b>Tek Eksenli Basınç Dayanımı (MPa)</b>
Çok yüksek dayanımlı	> 200
Yüksek dayanımlı	200 – 100
<b>Orta dayanımlı</b>	<b>100 – 50</b>
<b>Düşük dayanımlı</b>	<b>50 – 25</b>
Çok düşük dayanımlı	< 25

Travertenlerde oluşum koşullarına bağlı olarak su yollu yapının olması, kayacın anizotropik özellikler sergilemesine neden olmaktadır. Su yollu yapıya paralel koşul için su emme parametrelerinin daha yüksek çıkması bu yüzeylerin suyun kolay iletilmesini sağlayan kanal vazifesi görmesinden kaynaklanmaktadır. Su yollu yapıya paralel duruma ait su emme deneylerinde kapiler yükselme bu kanallar vasıtasıyla kolay bir şekilde gerçekleşebilmektedir.

Tek eksenli sıkışma dayanımı deneylerinde eksenel yüklemenin su yollu yapıya paralel olması koşulunda, yüzeylerin birer süreksizlik düzlemi gibi çalıştığı görülmektedir. Yapılan ince kesit çalışmalarında, su yollu yapı yüzeyleri boyunca gelişmiş ikincil kalsit kristallerinin varlığı ve ayrıca yüzeylerin pürüzlülüklerinin artması ile yükleme sırasında oluşan gerilmelere direnci arttığını

göstermiştir. Su yollu yapıya ait yüzeyler yenilme sırasında içsel sürtünmelerin artmasına neden olmakta ve bu durum da tek eksenli sıkışma dayanımı değerlerinin yükselmesini sağlamaktadır. Deneyler esnasında yenilme yüzeylerinin su yollu yapıyı oluşturan düzlemler boyunca meydana gelmesi de bu öngörüü doğrulamaktadır.

## **6. SONUÇ ve ÖNERİLER**

Tüm doğaltaşlarda olduğu gibi travertenlerde de kullanım alanlarını belirleyen özellikler taşa ait teknik parametrelerdir. Bu parametrelerin başında tek eksenli sıkışma dayanımı ve su emme değerleri gelmektedir. Vein-cut (su yollu yapı) ve cross-cut (düz gözenekli yapı) kesilmiş travertenler hem iç ve hem de dış mekanlarda yaygın olarak kullanılmaktadır.

Bu çalışmada, su yollu yapıya paralel yükleme durumunda elde edilmiş tek eksenli sıkışma dayanımlarının su yollu yapıya dik yükleme koşuluna göre daha yüksek değerler verdiği belirlenmiştir. Bu anlamda vein-cut kesilmiş travertenlerde dayanım cross-cut kesilmiş örneklerle göre 1.45 kat daha fazla olduğu görülmüştür. Vein-cut örneklerin yüksek sıkışma dayanımlarına karşılık, kapiler su emme değerlerinin de yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bu yüzden özellikle vein-cut kesilmiş traverten plakaların, üzerinde yük işlevi de olabilecek kapalı mekanlarda kullanılması daha uygun olarak değerlendirilmiştir. Bahçe sulaması, yüzme havuzu vb. işlevlerle su ile temasta olacak dış mekan döşemelerde ise cross-cut kesilmiş travertenlerin kullanılmasının teknik açıdan uygun olduğu görülmektedir.

## **TEŞEKKÜR**

Bu çalışma için gerekli örneklemlerin yapılmasını sağlayan Başaranlar Mermer, Best Mermer, Demmer Mermer, Alimoğlu Mermer, Pamukkale Mermer, Çakmak Mermer ve Kur Mermer firmalarına teşekkürü bir borç bilirim.

## **KAYNAKÇA**

- [1] Chafetz, S.H., Folk, R.L., (1984), Travertines: Depositional morphology and the bacterially constructed constituents, *Journal Of Sedimentary Research* 54(1):289-316.
- [2] Atabey E (2003) Tufa ve Traverten, JMO Yayını. 106 s Ankara.
- [3] Çobanoğlu, İ., (2015), Prediction and identification of capillary water absorption capacity of travertine dimension stone, *Arab J Geosci*, (8), pp.10135–10149.
- [4] Hall, C., (1981), Water Movement in porous building materials-IV. The initials surface absorbtivity and the absorptivity, *Building and Environment*, 16 (3), pp. 201 – 207.
- [5] Reinhardt, H.W. ve Jooss, M., (1998), Permeability, Diffusion, and Capillary Absorption of Concrete at Elevated Temperature in the Service Range, *Otto-Graf-Journal* Vol. 9, pp. 34 – 47.

- [6] Türk, K., Çalışkan, S., Yazıcıoğlu, S., (2007), Capillary water absorption of self-compacting concrete under different curing conditions, *Indian Journal of Engineering & Materials Sciences*, Vol 14, pp. 365 – 372.
- [7] Arslan, M., (2001), The effects of permeable formworks with sucker liner on the physical properties of concrete surface, *Construction and Building Materials*, 15 (4), pp. 149 – 156.
- [8] Camoes, A., Aguiar, B., Jalali, S., (2003), Durability of Low Cost Performance Fly Ash Concrete, *International Ash Utilization Symposium*, paper 43, Kentucky.
- [9] Lanzon, M., Garcia-Ruiz, P.A., (2009), Evaluation of capillary water absorption in rendering mortars made with powdered waterproofing additives, *Construction and Building Materials*, 23, pp. 3287 – 3291.
- [10] Kırğız, M.S., Subaşı, S., Durmuş, G., (2003), Kırşehir-Kaman-Demirli Yöresi Mermerlerinin Bazı Teknolojik Özellikleri, *G.Ü. Fen Bilimleri Dergisi*, 16 (4), s. 825 – 838, Ankara.
- [11] Vázquez P., Alonso, F.J., Esbert, R.M., Ordaz, J., (2010), Ornamental granites: Relationships between p-waves velocity, water capillary absorption and the crack network, *Construction and Building Materials*, 24, 2536–2541.
- [12] Dinçer, İ., Özvan, A., Akın, M., Tapan, M., Oyan, V., (2012), İgnimbiritlerin Kapiler Su Emme Potansiyellerinin Değerlendirilmesi: Ahlat Taşı Örneği, *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi/ Journal of The Institute of Natural & Applied Sciences* 17 (2):64-71.
- [13] TS EN 1925 (2000), Natural Stones- test methods – Determination of water absorption constant depending on capillary action. TSE Publication, Ankara.
- [14] TS EN 13755 (2009), Natural Stones- test methods – Determination of water absorption at atmospheric pressure, TSE Publication, pp 1- 7, Ankara,
- [15] TS EN 1926 (2007), Doğal taşlar-Deney metotları-Atmosfer basıncında su emme tayini, TSE Yayını, 12 p., Ankara.
- [16] DIN 52617 (1987), Determination of The Water Absorption Coefficient of Construction Materials, German Institute for Standardisation (Deutsches Institut für Normung).
- [17] Anon, (1979), Classification of rocks and soils for engineering geological mapping. Part I – rock and soil materials. *Bull. Int. Assoc. Eng. Geol.* 19, p.364–371.
- [18] Deere and Miller (1966). Engineering classification and index properties for intact rock” *Tech. Report No AFWL - TR-65-116*, Laboratory, New Mexico.