



## Traverten Plakaların Pandül Yöntemi ile Kayma Potansiyellerinin Değerlendirilmesi

Gültekin ÇOŞKUN<sup>1</sup>, Ali SARIŞIK<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Cumhuriyet Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü, Sivas, Türkiye

<sup>2</sup> AKÜ, Mühendislik Fak. Maden Müh. Bölümü, Afyonkarahisar, Türkiye

Received: 28.01.2015; Accepted: 15.02.2015

**Özet.** Bu çalışma, 4 farklı yüzey işleme (cılalı, honlu, eskitmeli, patinatolu) tekniğine tabi tutulmuş olan 5 tür travertenlerin kayma direncinin belirlenmesi ve kayma potansiyelinin sınıflandırılmasını içermektedir. Hem kuru hem de ıslak yüzeyli travertenlerin kayma direncinin belirlenmesinde TS EN 14231 “Pandül Deney Donanımıyla Kayma Direncinin Tayini” standardı esas alınmıştır. Travertenler, yüzey işleme tekniğine bağlı olarak, ıslak ortamda kayma riskinin geniş aralıklarda değişiklik gösterdiği ve kayma potansiyeli sınıflandırmasında ağırlıklı olarak, “yüksek” ve “çok yüksek” gruplarda yer almaktadır. Kuru ortamda ise, kayma potansiyeli sınıflandırmasında travertenlerin ağırlıklı olarak “orta” ve “düşük” sınıflarda yer aldığı tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler :** Traverten, Yüzey İşlemleri, Kayma Direnci, Pandül Testi.

## Evaluation of Slip Potentials on Travertine Plaques with Pendulum Method

**Abstract:** This study deals with the determining of slip resistance and classification of slip potential for 5 different travertine plaques which were applied 4 different surface processes (polishing, honing, tumbled, patinato). TS EN 14231 Standard “Determination of Slip Resistance with Pendulum Friction Test Equipment” was basically utilized in determining the slip resistances of travertine plaques with wet and dry surfaces. By depending on the applied surface processing technique on travertine plaques, slip resistance values widely change, in classification of slip potential, travertines are mostly placed in “high” and “very high” class in wet environment. Travertines with dry surfaces are generally located in “medium” and “low” class.

**Keywords:** Travertine, Surface Treatment, Slip Resistance, Pendulum Test.

### 1. GİRİŞ

Doğal yapı taşları zemin kaplama malzemesi olarak yaygın kullanım alanına sahiptir. Doğal taşların zemin kaplama malzemesi olarak kullanımında, dikkat edilecek özelliklerinden en önemlilerinden biri de kayma direncidir (Grönqvist 1995; Rowland vd, 1996; Kim 1996; Chang 1999; Manning vd, 1998). Kayma vakaları, deneyi yapan kişi, deney ortamı, kirleticiler (su, yağ, donma, toz) gibi çevresel faktörler, yetersiz zaman, sıcaklık ve aydınlatma, ayakkabı ve yürünülen zeminin özellikleri dâhil bir ya da birden fazla sebepten

\* Corresponding author. Email address [coskungc@gmail.com](mailto:coskungc@gmail.com)

kaynaklanır (Kim 2001). Tüm bu unsurlar, sürtünme kuvvetinin (ya da yüzey kayma direncinin) kaymayı önlemeye yeterli olup olmadığına karar vermek için birleştirilebilir.

Doğal taş plakalarında kayganlık, yüzey ve yüzeye etkileşen nesnenin çekme ya da sürtünmesinden oluşan etki olarak tanımlanabilir. Adams'a göre (1997) yayaların yürürken, kayma kazalarının artmasıyla kaymayı önleme çalışmalarının önemi belirgin olarak artmıştır. Kayma direnci, ayakkabı tabanı ile zemin kaplama malzemesi yüzeyinin etkileşiminden kaynaklanmaktadır. Bunun için insanların (yayaların) ayakkabı ile emniyetli hareket edebilmesi için, zemin kaplama malzemesi olarak kullanılacak doğal taş plakalarının ıslak ve kuru zeminlerde de kayma emniyetinin belirlenmesi gerekmektedir. Doğal taş plakaların kayma emniyetinin belirlenmesi için yüzeyleri işlenmiş doğal taş plakalarının kayma açısının laboratuvar ortamında test edilmesi gerekli hale gelmektedir. Literatürde kayma direncinin belirlenmesinde birçok farklı test cihazı kullanılmaktadır (Grönqvist vd, 1999; Leclercq 1999; Sarıışık 2009, Çoşkun, G.,2013).

Doğal taşlar üzerinde iki temel amaç ile yüzey işleme teknikleri uygulanmaktadır. Birincisi cazibesini, albenisini, estetiğini ya da genel görünümünü geliştirmektir. İkinci amaç ise, yayaların kaymalardan kaynaklanan kazaların riskini azaltmak için yapılmaktadır. Doğal taşlara yüzey işleme tekniği uygulanmasıyla, kullanım yeri, parlaklık, cila alma ve kaymazlık özellikleri doğrudan etkilenmektedir (Sarıışık, v.d, 2011, Çoşkun, G.,2013).

Ayakkabı ile kayma güvenliliğinin analiz edildiği ortamlar özellikle, nem ile sıklıkla etkileşen iç mekânlar (alışveriş merkezleri, yemek alanları, otel giriş salonları, ortak soyunma odaları, iç mekân basamakları, banyo, depo, çamaşırhane) ve dış mekânlar (yürüyüş yolları, yüzme havuzu çevresi, dış mekân basamakları ve eğimli alanlar) kayma ihtimali yüksek ortamlardır. Bu mekânlarda sabun artıkları, mutfak yağları ve gıda maddesi gibi diğer kirleticilerle temas halinde olduğu ve kullanıldığı için kayma riski yüksek olmaktadır.

Bu çalışmada, zemin kayganlık test yöntemlerinden çok iyi bilinen ve yaygın olarak kullanılan pandül test cihazı kullanılmıştır. Çalışmada kuru ve ıslak zemin kaplamalarında geniş bir uygulama alanı bulan dört farklı yüzey işleme görmüş, beş farklı traverten örneği seçilmiştir. Traverten örneklerinin kaymayı önleme özelliğinin belirlenmesi için TS EN 14231 standartları esas alınmıştır. Belirlenen standartlara uygun olarak bu çalışmada, fabrikada üretimden çıkan cilalı, honlu, eskitme ve patinato yüzey işleme görmüş 30,5×30,5×1,0 cm plaka boyutundaki nihai örnekler kullanılmış olup, bu örneklerin kayma dirençleri ve kullanım alanlarına göre sınıflaması yapılmıştır.

## 2. MATERYAL VE METOT

### Materyal

Zemin kaplama malzemesi olarak son yıllarda traverten örnekleri insan dolaşımının yoğun olduğu, toplu kullanım alanlarında yaygın olarak kullanılmaktadır.

Buralarda kayma sonucu oluşan kazaları en aza indirmek ve daha güvenli alanlar oluşturmak adına zemin kaplama malzemesi olarak kullanılan traverten örneklerinin, kayma potansiyellerinin belirlenmesi gerekmektedir. Çalışma kapsamında toplamda 40 (kayma direnci testinde 5 kireçtaşı x 2 örnek x 4 yüzey işleme) örnek üzerinde testler gerçekleştirilmiştir. Deneylerde kullanılan traverten örneklerinin ticari ismi, kodu, plaka boyutu ve yüzey işleme metotları Çizelge 1’de verilmektedir. Ayakkabı ile gezilen zemin kaplamalarında kullanılan traverten örneklerinin cilalı, honlu, eskitme ve patinato yüzey işleme görmüş nihai ürün halindeki örnekleri tercih edilmiştir.

Çizelge 1. Deneyde kullanılan travertenler ve kodlanması

Numune Kodu	Ticari İsim	Yüzey İşl. Metodu	Plaka Boyutu (cm)
T1	Noçe	Cilalı (Y1)	30,5 × 30,5 × 1,0
T2	Silver	Honlu (Y2)	
T3	Light	Eskitme (Y3)	
T4	Demmer Noçe	Patinato (Y4)	
T5	Sarı Traverten		

### Metot

#### Pandül Test Cihazı

Traverten örneklerinde sürtünme kuvvetinin belirlenmesi için WESSEX, S885 Model marka pandül test cihazı kullanılmıştır. Bu cihaz, kaydırıcı ve deney yüzeyi arasındaki sürtünmeyi ölçmek ve kayma direncine ait standart bir değer tayin etmek üzere kullanılmaktadır (Şekil 1). Ayakkabı altlığını temsilen 4S lastik kauçuk pençe bu cihazda kullanılmıştır.

## Traverten Plakaların Pandül Yöntemi ile Kayma Potansiyellerinin Değerlendirilmesi

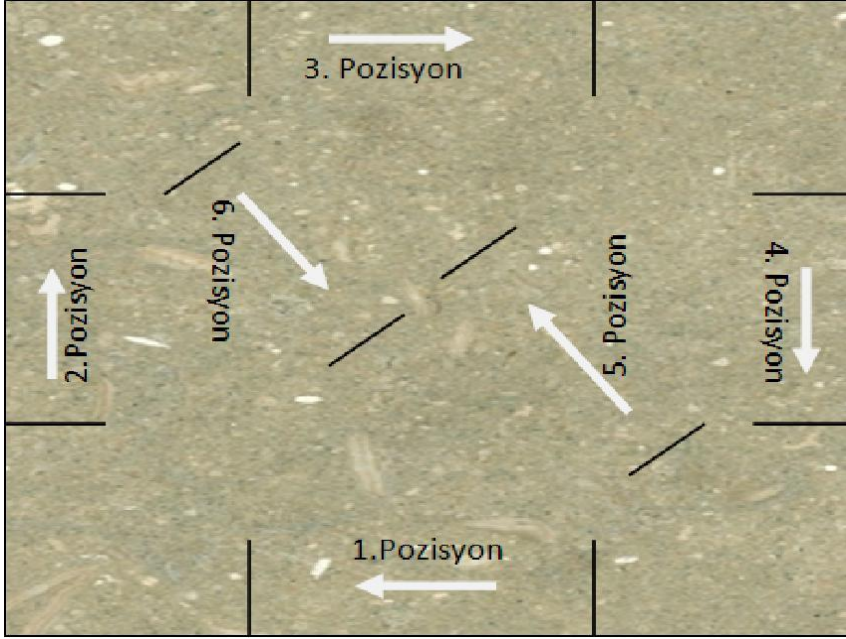


Şekil 1. Pandül deney cihazı

Test aşamasında; deney örnekleri, mamulün tamamı veya birimin üst yüzeyini ihtiva edecek özellikte kesilmiş bir parçası olmalı ve her bir numune, 136 x 86 mm bir deney alanını sağlamalıdır. Bu alan, C skalası üzerinde okumaların yapılacağı, 126 mm kayma uzunluğunda ve 76 mm genişliğinde bir kaydırıcının kullanımıyla deneye tâbi tutulmalıdır.

Sürtünme deney donanımı, kaydırıcı ve numuneler, deneyin başlamasından en az 2 saat önce ( $20 \pm 5$ )° C'lık oda sıcaklığında laboratuvar ölçümleri için muhafaza edilir. Numunenin büyüklüğüne göre uygun kaydırıcı ve deney skalası seçilmelidir. Çalışma yerlerinin zeminlerinde yapılacak ölçümlerde, deney için belirlenmiş yüzeylerde bulunan ince taneler fırça ile temizlenir ve suyla yıkanarak uzaklaştırılır. Deney yüzeyi ve kaydırıcının sıcaklığı 1 °C yaklaşımla ölçülür. Yüzeyin sıcaklığı 5 °C ilâ 40 °C aralığının dışında ise, deney yapılmamalıdır. Sürtünme deney cihazı, sert, düz bir yüzey üzerine yerleştirilir. Destek kolunu düşey olacak şekilde seviye ayar vidalarıyla ayarlanır. Sonra, pandül kolunun serbestçe salınım yapması için pandülün askı eksenini yükseltilir. Pandül kolu ve ibre, sağ yatay konumdan bırakıldığında deney skalasında sıfır işaretinde duracak şekilde ibre mekanizmasındaki sürtünme ayarlanır. Deney numunesi, uzun tarafı pandül hattında olacak ve lâstik kaydırıcıya ve pandül süspansiyon eksenine göre merkezde bulunacak şekilde sıkı biçimde yerleştirilerek, lâstik kaydırıcı ve pandül askı eksenine göre merkezlenir. Kaydırıcı hattının, kayma mesafesi boyunca numunenin uzun eksenine paralel olması sağlanır. Belirli kayma uzunluğunda ve lâstik kaydırıcının tüm genişliği boyunca temas ettiği numunenin üzerinden geçen pandül kolunun yüksekliği ayarlanır.

Pandül deneyleri, beş farklı örnek, dört farklı yüzey (cilalı, honlu, eskitme ve patinato) ve doğal taş örneklerinin zemin kaplamalarında çokça tercih edilen (30,5x30,5x1 cm) plaka boyutunda, iki farklı ortamda (ıslak-kuru), altı farklı pozisyonda ve iki adet nihai örnek üzerinde yapılmıştır. Her bir yüzey üzerinde 6 adet pozisyon belirlenmiş ve belirlenen her pozisyondan 5 değer ve bir plaka yüzeyinden kuru ortamda 60, ıslak ortamda 60 veri olmak üzere toplamda bir örnekten 480 kayma direnci verisi alınmış ve kaydedilmiştir (Şekil 2).



Şekil 2. Pandül deneyi için doğal taş yüzeyi pozisyonları

Pandül test değeri (PTV) aşağıdaki formül kullanılarak sürtünme katsayısına (Cof) çevrilebilmektedir.

$$\mu = \left[ \frac{110}{PTV} - \frac{1}{3} \right]^{-1}$$

Bu formül kullanılarak, doğal taşlar üzerinde kuru ve ıslak ortamda yapılan pandül deneyi sonucu elde edilen kayma direnci verilerinin, sürtünme katsayısı değerleri bulunmaktadır. Ayrıca elde edilen bu sürtünme katsayısı değerlerinden yola çıkılarak, tekrar pandül kayma direnci değeri aşağıdaki formül ile bulunabilmektedir.

$$PTV = (330.\mu) / (3+\mu)$$

Hesaplamaları yapılan pandül değerleri kayma direncine göre (Çizelge 2) ve kayma potansiyeline göre sınıflandırılır (Çizelge 3).

## Traverten Plakaların Pandül Yöntemi ile Kayma Potansiyellerinin Değerlendirilmesi

Çizelge 2. Kayma direncinin kayma potansiyeline göre yorumlanması (Bowman, 2003; Carpenter vd, 2006).

4 S - Pandül Değeri	Kayma Potansiyeli
0-24	Yüksek
25-35	Orta
36-64	Düşük
>65	Çok Düşük

Çizelge 3. Pandül deney metoduna göre kayma potansiyelinin sınıflandırması (TS EN 14231, 2004; Bowman, 2004)

Sınıflama	Pandül Değeri	Cof ( $\mu$ )	Kayma Potansiyeli
Z	< 24	< 0.25	Çok Yüksek
Y	25-34	0.25-0.34	Yüksek
X	35-44	0.36-0.46	Orta
W	45-54	0.47-0.59	Düşük
V	> 54	> 0.59	Çok Düşük

### Kuru Şartlarda Deney İşlemi

Çizelge 1’de özellikleri verilen numuneler, laboratuvar ölçümleri için deneyin yapılmasından önce ( $105 \pm 5$ ) °C sıcaklıkta kurutulur. Pandül cihazında ibre başlangıç konumuna getirilir. Yüzeğe yapılan işlemler cihazın serbest bırakma düğmesine bastırılarak pandül kolunun serbest olarak hareketi sağlanır ve kaydırıcının deney yüzeyine yeniden temas etmesinden önce geri dönüş hareketinde tutulur. Skalada okunan değer kaydedilir. Hazırlanmış mekanizmayla kaydırıcı ve yüzeyin temasını sağlayacak şekilde, kol ve ibre yeniden başlangıç konumuna getirilir. Aralarında üç birimden daha fazla bir farkın olmadığı art arda beş okuma (C skalası üzerinde) alınacak şekilde aynı işlemler tekrar edilir. F skalası kullanılırsa, art arda yapılan beş okuma arasında 0,03’ten daha fazla fark olmamalıdır. Laboratuvar ölçümleri için numune, 180° döndürüldükten sonra yeniden yerleştirilir ve bütün işlemler kontrol edilerek tekrarlanır

### Yaş Şartlarda Deney İşlemi

Bu deneylerde numuneler, laboratuvar ölçümleri için deneyin yapılmasından önce ( $20 \pm 5$ ) °C sıcaklıktaki su içerisinde en az 2 saat süreyle bekletilir. Pandülün her kaymasından önce deney yüzeyi ve kaydırıcı, ( $20 \pm 5$ ) °C sıcaklıktaki damıtık veya deiyonize su ile devamlı olarak ıslatılır. Yüzey üzerinde hareket eden deney cihazının başlığı yukarı kaldırılır ve sıfır hata için serbest kayma kontrol edilir. Laboratuvar ölçümleri için numune, 180° döndürüldükten sonra yeniden yerleştirilir ve bütün işlemler tekrar kontrol edilerek tekrarlanır. Her bir numune veya her bir deney alanı için kuru ve yaş şartlarının her ikisinden ve zıt doğrultularda ölçülmüş beşli grup halindeki okuma değerlerinin ortalaması hesaplanır.

### 3. DENEYLER ve VERİLERİN ANALİZLERİ

Traverten Örneklerinin Pandül Yöntemi ile Kuru ve Islak Ortamında Kayma Direnci Analizleri

Çalışma kapsamında toplamda 480 ( kayma direnci testinde 5 kireçtaşı x 2 örnek x 4 yüzey işleme x 2 ortam (kuru ve ıslak) x 6 pozisyon) kayma direnci değeri elde edilmiştir. Deneyler sonucunda elde edilen kayma direnci değerleri istatistiksel olarak analiz edilmiştir. Yüzey işlemlerine göre yapılan analizler için tek yönlü varyans analizi (One-Way Anova) ve genel tek değişkenli model kullanılmıştır. Değişkenlerin aralarındaki farklılaşmaların anlamlılığı en küçük anlamlı fark (LSD) testi ile araştırılmış ve istatistikleri hesaplanarak parametreler arasındaki doğrusal ilişki ortaya konulmuştur. Yüzey işlemlerine göre yapılan kayma direnci istatistiksel analizleri sonucunda, kuru ve ıslak ortamda tüm yüzeyler arasında anlamlı düzeyde bir farklılık olduğu görülmüştür (Çizelge 4).

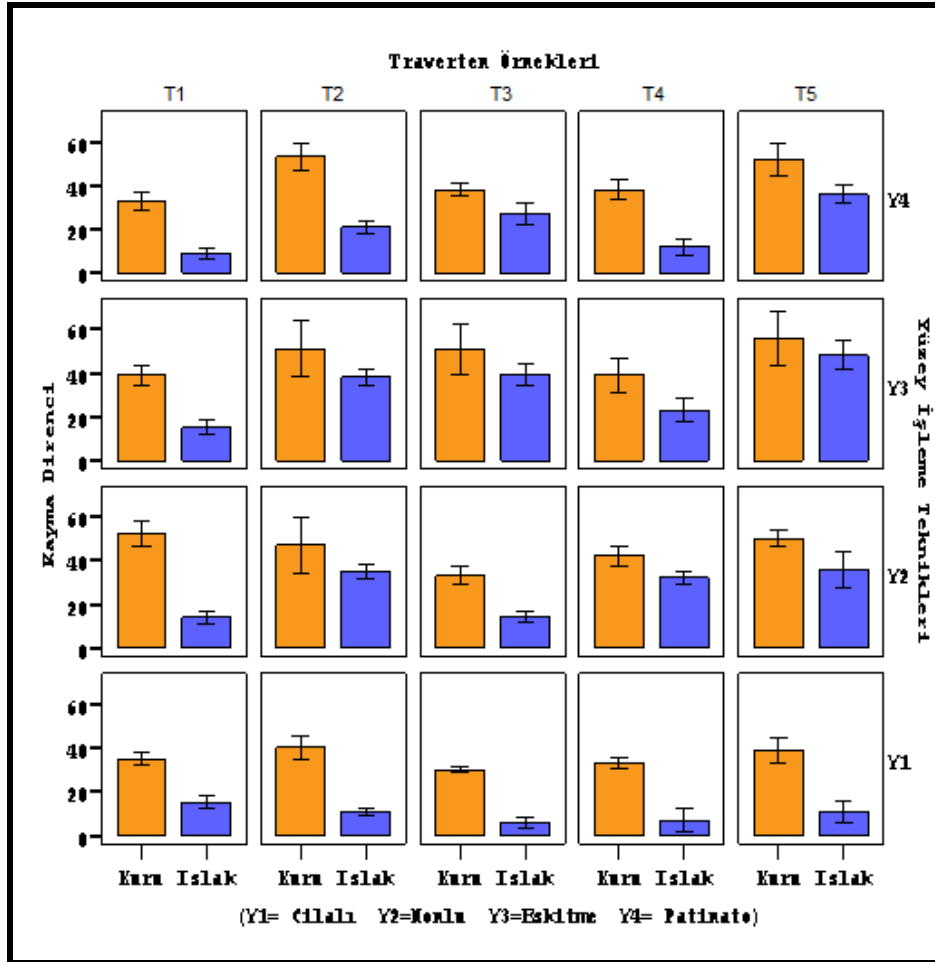
Çizelge 4. Traverten örneklerinin pandül yöntemi ile kuru-ıslak ortamda yüzey işlemlerine göre yapılan kayma direnci istatistiksel analizi

Bağımlı Değişken	Bağımsız Değişken (I)	Bağımsız Değişken (J)	Bağımsız Değişken Farkı (I-J)	Standart Hata	Anlamlılık Düzeyi	% 95 Güven Aralığı	
						Alt Limit	Üst Limit
Kayma Direnci (Kuru Ortam)	Y 1	Y 2	-9.4000(*)	0.94708	<0.000	-112.608	-75.392
		Y 3	-11.8000(*)	0.94708	<0.000	-136.608	-99.392
		Y 4	-7.4000(*)	0.94708	<0.000	-92.608	-55.392
	Y 2	Y 1	9.4000(*)	0.94708	<0.000	75.392	112.608
		Y 3	-2.4000(*)	0.94708	<0.012	-42.608	-0.5392
		Y 4	2.0000(*)	0.94708	<0.035	0.1392	38.608
	Y 3	Y 1	11.8000(*)	0.94708	<0.000	99.392	136.608
		Y 2	2.4000(*)	0.94708	<0.012	0.5392	42.608
		Y 4	4.4000(*)	0.94708	<0.000	25.392	62.608
	Y 4	Y 1	7.4000(*)	0.94708	<0.000	55.392	92.608
		Y 2	-2.0000(*)	0.94708	<0.035	-38.608	-0.1392
		Y 3	-4.4000(*)	0.94708	<0.000	-62.608	-25.392
Kayma Direnci (Islak Ortam)	Y 1	Y 2	-16.2000(*)	121.835	<0.000	-185.938	-138.062
		Y 3	-22.6000(*)	121.835	<0.000	-249.938	-202.062
		Y 4	-11.0000(*)	121.835	<0.000	-133.938	-86.062
	Y 2	Y 1	16.2000(*)	121.835	<0.000	138.062	185.938
		Y 3	-6.4000(*)	121.835	<0.000	-87.938	-40.062
		Y 4	5.2000(*)	121.835	<0.000	28.062	75.938
	Y 3	Y 1	22.6000(*)	121.835	<0.000	202.062	249.938
		Y 2	6.4000(*)	121.835	<0.000	40.062	87.938
		Y 4	11.6000(*)	121.835	<0.000	92.062	139.938
	Y 4	Y 1	11.0000(*)	121.835	<0.000	86.062	133.938
		Y 2	-5.2000(*)	121.835	<0.000	-75.938	-28.062
		Y 3	-11.6000(*)	121.835	<0.000	-139.938	-92.062

\* Ortalama fark 0,05 düzeyinde anlamlı bulunmuştur.

## Traverten Plakaların Pandül Yöntemi ile Kayma Potansiyellerinin Değerlendirilmesi

Deneylerden elde edilen kayma direnci değerlerinin hem kuru ve ıslak hem de yüzey özelliklerine göre karşılaştırılmalı olarak değişimini Şekil 3’de gösterilmektedir.



Şekil 3. Traverten plakalarının pandül yöntemi ile kuru-ıslak ortamda kayma direnci ikili karşılaştırmaları

Şekil 3 incelendiğinde, ıslak ortamda cilalı, honlu ve patinatolu yüzeyler için kayma direnci değerleri çarpıcı bir şekilde azalırken, beklenildiği gibi eskitilmiş yüzeylerde T5 örneği 48 ortalama ile en yüksek değeri almıştır. Honlu yüzeylerde ise T1 ve T3 örneği 14 ortalama ile en düşük değeri vermiştir. Patinato yüzeylide ise, T5 traverten örneği 36 ortalama ile en yüksek değeri vermiştir. Genel olarak bakıldığında cilalı, honlu, eskitilmiş ve patinatolu yüzeylere sahip traverten plakalarının kuru ortamdaki kayma direnci değerleri, ıslak ortamdaki değerlere göre daha yüksek olduğu görülmektedir. Traverten örneklerinde yüzey işlemlerine göre kuru ortamda 30-56 arasında kayma direnci değerleri alırken, ıslak ortamda ise 6-48 arasında kayma direnci değerleri almıştır.

Kuru ortamda ise, cilalanmış yüzeylerin (Y1) kayma direnci değerleri düşük iken honlu (Y2)



yüzeylerin kayma direnci değerleri yüksektir. Cilalı yüzeyler için T3 örneği 30 ortalama ile en düşük değeri vermektedir. Honlu yüzeylerde ise, T1 örneği 52 ortalama ile en yüksek kayma direnci ve T3 örneği 33 ortalama ile en düşük kayma direnci değerini almaktadır. Eskitilmiş (Y3) yüzeylerde ise T4 örneği 39 ortalama ile en düşük değeri alırken, T5 örneği 56 ortalama ile en yüksek kayma direncine sahip olmaktadır. Kuru ortamda, eskitilmiş yüzeyli travertenler, yüksek kayma direncine sahip olduğu için yer kaplamalarında rahatlıkla tercih edilebilir. Kuru ortamda, patinato (Y4) yüzeylerin kayma direnci değerleri cilalı yüzeylere göre daha yüksektir. Patinato’lu yüzeylerde T2 örneği 53 ortalama ile en yüksek kayma direnci değerini vermiştir.

Pandül yöntemleri ile kuru ortamda kayma direnci değerlerinin, küçükten büyüğe doğru olmak üzere yüzey işleme özelliği açısından cilalı<patinato<honlu<eskitme sıralaması elde edilirken, ıslak ortamda da aynı sıralama yapılan analizler sonucunda elde edilmiştir. Deney sonuçlarına göre kuru ve ıslak ortamda, cilalı, honlu ve patinato yüzeyli traverten örneklerinin kayma riski yüksek olduğu için zemin kaplama ve kullanım yeri seçiminde dikkat edilmelidir. Kuru ve ıslak ortamda, cilalı, patinatolu ve honlu yüzeyli tüm traverten plakaları düşük kayma direncine sahip olduğu için seçiminde ve kullanılmasında özen gösterilmelidir.

#### Traverten Plakalarının TS EN 14231 Standardına Göre Sınıflandırılması

Islak ve kuru ortamda traverten plakalarının farklı yüzey işlemlerine göre ve Çizelge 3 esas alınarak, kayma direnci sınıflaması Çizelge 5’de gösterilmiştir.

Çizelge 5. Traverten plakalarının kuru ve ıslak ortamda TS EN 14231 standardına göre sınıflandırılması

Traverten Örn. Ortam ve Yüzey İşlemleri	T1			T2			T3			T4			T5			
	Kd	Cof	Sınıf	Kd	Cof	Sınıf	Kd	Cof	Sınıf	Kd	Cof	Sınıf	Kd	Cof	Sınıf	
Islak Ortam	Cilalı	15	0.14	Z	11	0.10	Z	06	0.06	Z	07	0.07	Z	11	0.10	Z
	Honlu	14	0.14	Z	35	0.39	X	14	0.40	Z	32	0.23	Y	36	0.51	X
	Eskitme	15	0.13	Z	38	0.36	X	39	0.13	X	23	0.32	Z	48	0.37	W
	Patinato	09	0.08	Z	21	0.20	Z	27	0.27	Y	12	0.11	Z	36	0.37	X
Kuru Ortam	Cilalı	35	0.36	X	40	0.41	X	30	0.30	Y	33	0.33	Y	39	0.40	X
	Honlu	52	0.56	W	47	0.50	W	33	0.33	Y	42	0.44	X	50	0.54	W
	Eskitme	39	0.40	X	51	0.55	W	51	0.55	W	39	0.40	X	56	0.61	V
	Patinato	33	0.33	Y	53	0.57	W	38	0.39	X	38	0.39	X	52	0.56	W

Kd: Kayma direnci Cof : Sürtünme katsayısı

Islak ortamda, cilalı yüzeyli tüm traverten örnekleri, honlu yüzeyli T1 ve T3, eskitilmiş yüzeyli T1 ve T4, patinato yüzeyli T5 örneklerinin kayma direnci değerleri 24’den küçük olduğu için Z sınıfında yer almakta olup, kayma riski çok yüksektir. Z sınıflamasında yer alan traverten örnekleri kayma potansiyeli olmasından dolayı alışveriş merkezlerinde kullanılabilir. Honlu yüzeyli T2 ve T5, eskitilmiş yüzeyli T2 ve T3 ile patinato yüzeyli T5 örneklerinde kayma direnci değeri 35’den büyük olduğu için X sınıflamasında yer almaktadır.

## Traverten Plakaların Pandül Yöntemi ile Kayma Potansiyellerinin Değerlendirilmesi

Kuru ortamda, cilalı yüzeyli olan T1, T2, T5 örnekleri, honlu yüzeyli T4 örneği ile eskitme yüzeyli T1, T4 örneği ve patinato yüzeyli T3 ve T4 örnekleri kayma direnci değeri 35'den büyük olduğu için X sınıfında yer almaktadır. X sınıflamasında yer alan travertenler alışveriş merkezlerinde yemekhane alanları, ortak soyunma odaları, iç mekânlarda basamaklar ve otel girişlerinde kullanılabilirler. Cilalı yüzeyli T3 ve T4, honlu yüzeyli T3 ve patinato yüzeyli T1 örnekleri kayma direnci değerleri 25'den büyük olduğu için Y sınıfında yer almaktadır. Y sınıfında yer alan traverten plakaları banyo, depo, çamaşırhanelerde kullanılabilir. Honlu yüzeyli T1, T2, T5 örneği ile eskitilmiş yüzeyli T2, T3, patinato yüzeyli T2, T5 örneği kayma direnci değeri 45'den büyük olduğu için W sınıfında yer almaktadır. W sınıflamasında yer alan traverten örnekler dış mekân basamaklarda tercih edilebilir.

### 4. SONUÇ ve ÖNERİLER

Yapılan bu deneysel çalışmalar sonucunda, zemin kaplama malzemesi olarak kullanılacak travertenlerin, TS EN 14231 standartları esas alınarak, cilalı, honlu, eskitme ve patinatolu yüzeylere sahip 5 farklı tür travertene ait kayma dirençleri ve sürtünme katsayısı değerleri belirlenmiştir.

Traverten plakalarında yüzey işlemlerine göre kuru ve ıslak ortamda yapılan deneylerde elde edilen kayma direnci değerlerine bakıldığında istatistiksel olarak anlamlı bir fark vardır. Travertenlerin hem yüzey işlemlerine bağlı olarak hem de yüzeyin ıslak/kuru durumuna göre, kayma dirençlerinin önemli ölçüde değiştiği tespit edilmiştir. Kuru ve ıslak yüzeyler için kayma direnci değerlerinin, küçükten büyüğe doğru olmak üzere cilalı<patinato<honlu<eskitme sıralaması yapılan deneyler ve analizler sonucunda elde edilmiştir.

Bu çalışmada, travertenlerin deneysel ve istatistiksel analizleri sonucu belirlenen kayma dirençlerine göre TS EN 14231 standardı dikkate alınarak emniyetli kullanım yerlerine göre sınıflandırılması önerilmiştir. Beklenildiği gibi, kuru ortamda tüm yüzeyler üzerinde kayma direnci yükseldiği için kayma potansiyeli azalmaktadır. Islak ortamda ise kayma direnci değerleri düştüğü için tüm yüzeylerde, kayma potansiyeli ve riski artmaktadır.

Bu sonuçlardan, kuru ortamda beş farklı travertenin yer kaplamalarında daha emniyetli olarak kullanılabileceği sonucu ortaya çıkmaktadır. Islak ortamda, kayma direnci değerleri düştüğünden dolayı özellikle cilalı yüzeylerde kayma direnci düşük olduğundan dolayı kayma riski yükselmektedir. Pandül test yönteminden elde edilen sonuçlar ışığında, ıslak ortam için traverten plakalarının seçimi söz konusu olduğunda, eskitilmiş yüzeyli traverten plakalarının tercih edilmesi, daha isabetli bir karar olacaktır.

## 5. TEŞEKKÜR

Bu çalışma TÜBİTAK-1002 Projesi (Proje No: 108M624) tarafından desteklenmiştir. Katkıları için teşekkür ederiz.

## KAYNAKLAR

- [1] Adams, N., 1997; “Slips and Falls-Some Arguments About Measuring Coefficients of Friction (COF)”, Ergonomics
- [2] Bowman, R., 2003; “Slip Resistance Ignorance: A Recipe for Costly Falls”, [www.infotile.com/tiletoday/issues/pdf/40article.pdf](http://www.infotile.com/tiletoday/issues/pdf/40article.pdf).
- [3] Bowman, R., 2004; Practical Aspects of slip resistance of stone, [www.discoveringstone.com](http://www.discoveringstone.com), Carpenter, J., Lazarus, D., Perkins, C., 2006. Safer surfaces to walk on reducing the risk of slipping.
- [4] Coşkun, G., 2013; “Karbonat Kökenli Bazı Doğal Taşlarda Yüzey İşleme Tekniklerinin ve Pürüzlülüğün Kayma Direncine Etkileri”, Doktora Tezi., Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 293, 2013.
- [5] Chang, W.R., 1999; “The effect of surface roughness on the measurement of slip resistance”, International Journal of Industrial Ergonomics, 24, 299–313.
- [6] Grönqvist, R., 1995; “Mechanisms of friction and assessment of slip resistance of new and used footwear sales on contaminated metals”, Ergonomics, 38, 224–41.
- [7] Grönqvist, R., Hirvonen, M., Tohv, A., 1999; “Evaluation of three portable floor slipperiness testers”, International Journal of Industrial Ergonomics 25, 85–95.
- [8] Kim, I.J., 1996; “Microscopic investigation to analyze the slip resistance of shoes”, Proceedings of the Fourth Pan Pacific Conference on Occupational Ergonomics, November. Taiwan, ROC, 68–73.
- [9] Kim, I.J., 2001; “Microscopic observations of the progressive wear on shoe surfaces that affect the slip resistance characteristics”, International Journal of Industrial Ergonomics, 28, 17-29.
- [10] Leclercq, S., 1999; “The prevention of slipping accidents: a review and discussion of work related to the methodology of measuring slip resistance”, Safety Science, 31, 95–125.
- [11] Manning, D.P., Jones, C., Rowland, F.J., Roff, M., 1998; “The surface roughness of a rubber soling material determines the coefficient of friction on water-lubricated surfaces”, Journal of Safety Research, 29, 275–283.
- [12] Sarıışık, A., 2009; “Safety analysis of slipping barefoot on marble covered wet areas”, Safety Science, 47(10), 417-1428.
- [13] Sarıışık, A., Akdaş, H., Sarıışık, G., Coşkun, G. 2011 “Pandül ve Yüzey Pürüzlülük Deneyleri ile Mermerlerde Kayma Emniyeti Analizi, Türkiye 22. Uluslar arası Madencilik Kongresi ve Sergisi, Ankara.
- [14] WESSEX Catalog, 2010; “Pendulum Test Equipment”. 184–1189.