

DOĞALTAŞ NİHAİ ÜRÜNLERİNİN KAYMA AÇISINI ETKİLEYEN PARAMETRELERİN İSTATİSTİKSEL ANALİZİ

Statistical Analysis of Final Product Natural Stone Parameters Affecting Slip Angle

Geliş (received) 06 Ekim (October) 2009; Kabul (accepted) 11 Ocak (January) 2010

Ali SARIİŞİK (*)
Gencay SARIİŞİK (**)

ÖZET

Çalışma, çıplak ayakla yürünen yüzeylerde kullanılan doğaltaşların, kayma emniyetinin yüksek olması istenilen alanlarda, yayaların emniyetini artırıcı uygun yüzey işlemlerin belirlenmesi için yapılan bir araştırmadır. Bu çalışmada, yüzeyleri işlenmiş doğaltaşların zemin kaplama malzemesi olarak kullanılmasında, önemli bir parametre olan kayma açısı DIN 51097 "Çıplak Ayakla Gezilen Islak Bölgelerin Kaymayı Önleme Özelliğinin Belirlenmesi" Standardı kullanılarak saptanmıştır. Oluşumlarına göre sınıflandırılmış 16 farklı tür doğaltaşın, farklı boyutlarda ve farklı yüzey işleme tekniklerinde, eğik düzlem yöntemiyle kayma açıları belirlenmiştir. Doğaltaş plakaların kayma açısı değerlerini etkileyen parametrelerin yüzey pürüzlülüğü, plaka boyutları, yüzey işlemede kullanılan abrasivlerin tane boyutları, fiziksel ve mekanik özellikler olduğu tespit edilmiştir. Bu parametreler arasındaki ilişkiyi belirlemek için istatistiksel analiz yapılmıştır. Doğaltaş plakaları, belirlenen istatistiksel analiz sonuçları dikkate alınarak kayma açısı ve yüzey pürüzlülüğüne bağlı olarak, kullanım yerlerine göre sınıflandırılmıştır.

Anahtar sözcükler: Doğaltaş, Kayma Emniyeti, Kayma Açısı, Yüzey Pürüzlülük

ABSTRACT

This study was conducted in order to determine the suitable surface processing techniques which will increase the safety of barefoot pedestrians, reducing the risk of slipping on wet floor coverings. In the scope of the study, slip angle of surface-processed natural stones is determined by using DIN 51097 Standard "The determination of the characteristics that reduce slipping on wet, barefoot surfaces". Slip angle was calculated with the help of an inclined plane method and by using three different surface processing techniques (polishing, honing and tumbling techniques) for 16 different types of natural stone. It was found that the parameters which affected slip angle values of the natural stones were surface roughness, plate sizes, grain size of the abrasives used for surface processing, physical and mechanical properties. Statistical analysis was used to determine the relationship between these parameters. The natural stones were then grouped in view of safe utilization places depending on slip angle and surface roughness, according to the statistical results.

Keywords: Natural Stone, Slip Safety, Slip Angle, Surface Roughness

(*) Yrd. Doç. Dr., Afyon Kocatepe Üniversitesi, Müh. Fak., Maden Müh. Böl., AFYONKARAHİSAR sariisik@aku.edu.tr

(**) Öğr. Gör., Afyon Kocatepe Üniversitesi, İncehisar Meslek Yüksekokulu, İncehisar/AFYONKARAHİSAR

1. GİRİŞ

Günümüz mimarisinde doğaltaşlar, zemin kaplama malzemesi olarak yaygın kullanım alanına sahiptir. Doğaltaşların 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 direnci, çıplak ayak tabanı ile zemin kaplama malzemesi yüzeyinin etkileşiminden kaynaklanmaktadır. İnsanların çıplak ayakla emniyetli hareket edebilmesi için, zemin kaplama malzemesi olarak kullanılacak doğaltaş plakaların ıslak ve kuru zeminlerde kayma emniyetinin belirlenmesi gerekmektedir. Doğaltaş plakaların kayma emniyetinin belirlenmesi için yüzeyleri işlenmiş doğaltaş plakalarının kayma açısının laboratuvar ortamında test edilmesi zorunlu olmuştur.

Doğaltaş plakalarında kayganlık, yüzey ve yüzeyle etkileşen nesnenin çekme ya da sürtünmesinden oluşan etki olarak tanımlanabilir. Adams'a göre (1997) yayaların yürürken kayma kazalarının artması, kaymayı önleme çalışmalarının önemini belirgin olarak artırmıştır. Chang'a göre (1998) kayma direncini etkileyen en önemli faktör yüzey pürüzlülüğüdür. Yüzey kaplamasının pürüzlülük özelliğinin artması, kaymayı önemli bir şekilde azaltmaktadır (Chang, 1999; Chang vd, 2001; Chang, 2003; Chang vd, 2004; Manning vd, 1998; Manning ve Jones, 2001, Sarıışık vd, 2007; Sarıışık, 2009).

Doğaltaşlarda estetik görünüm sağlamak ve yürüme ortamlarında yayaların kaymalarından kaynaklanan kazaları önlemek için doğaltaş plakalarına yüzey işleme teknikleri uygulanmaktadır. Doğaltaşlara yüzey işleme tekniği uygulanmasıyla kullanım yerinde parlaklık, cila alma ve kaymazlık özellikleri direkt olarak etkilenmektedir (Sarıışık vd, 2003).

Çıplak ayakla kayma güvenliliğinin test edildiği ortamlarda, özellikle de nem ile sıklıkla etkileşen iç mekânlarda ıslak zeminde (mutfak, yemek hazırlama alanları, çamaşırhane, WC ve kuruluğu değişen diğer alanlar) kayma ihtimali yüksek olmaktadır. Bu mekânlarda sabun artıkları, mutfak yağları ve gıda maddesi gibi diğer kirleticilerle temas eden alanların riski daha fazladır. Genellikle havuzlarda kullanılan doğaltaş plakalarında yüzey kirlenmeleri havuz

tuzlarından, şampuan artıklarından ve vücut yağlarından etkilenmekte, bunun sonucu olarak havuz etrafında kayma sonucu düşmelere neden olmaktadır (Gürcan, 2006).

Bu çalışmada kayganlık özelliği fazla olan doğaltaş plakaların honlama ve eskitme gibi yüzey işlemlerinin daha dikkatli ve standartlara göre yapılarak insanların çıplak ayakla kullandıkları alanlarda kayma riskini en aza indirmek amacıyla kullanılan zemin kaplamalarının kaymayı önleyici özelliklerinin belirlenmesi ve değerlendirilmesi hedeflenmiştir. Literatürde kayma direncinin belirlenmesinde birçok farklı test cihazı kullanılmakla birlikte (Grönqvist vd, 1999; Leclercq, 1999), bu çalışmada çıplak ayakla kayma direncinin belirlenmesi eğik düzlem test cihazı kullanılarak yapılmıştır. Ayrıca, doğaltaşların fiziksel ve mekanik özellikleri belirlenerek, bunların kayma açısına etkileri incelenmiştir. Fiziksel özelliklerden su emme, porozite, permeabilite ve basınç dayanımının kayma açısı ile olan bağlantısı belirlenmiştir. İncelenen literatürde, çıplak ayakla doğaltaş plakaların kayma direncini belirleyen başka bir çalışmaya rastlanmamış olması, çalışmanın değerini artırmaktadır. Kullanılan doğaltaş plakaların doğal desenlerinin, sanatsal ve görsel özelliklerinin insanlara sunulabilmesi için, kayma direncilerinin belirlendiği ve sonuçları inşaat sektöründe uygulanabildiği takdirde bu çalışma hedefine ulaşmış olacaktır.

2. MALZEME VE YÖNTEM

2.1. Fiziksel ve Mekanik Özellikler

Bu çalışmada numune olarak inşaat sektöründe özellikle ıslak ve nemli ortamlarda kullanılan metamorfik ve sedimanter kayalar seçilmiştir. Gerçek mermerlerden 5 adet, kireçtaşlarından 6 adet ve travertenlerden 5 adet doğaltaş test edilmiştir. Doğaltaşların fiziko-mekanik deneyleri AKÜ (TUAM) Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezinde, DIN EN Standartları dikkate alınarak yapılmıştır (DIN EN 1936, DIN EN 13755, DIN EN 1926, DIN 18130-1, Sarıışık, 2007). Test edilen doğaltaşların fiziko-mekanik özellikleri Çizelge 1'de verilmiştir.

2.2. Kaymazlık Test Yöntemleri

1950 yıllarından sonra, kayma direncini ölçmek

için pek çok farklı test cihazları geliştirilmiştir. Bu cihazlar pürüzsüz yüzey ya da kayma direnci, dinamik veya statik sürtünme katsayısının ölçümleri için tasarlanmıştır. Kayma direncinin belirlenmesi için; Yatay Sürtünme Ölçüm Metresi, Yatay Dinamometresi, Pull-Metre, James Makine, Pandül (Sarkaç) test cihazı ve Eğik Düzlem test cihazları geliştirilmiştir. Bu çalışmada yayaların ıslak zeminlerde kaymaya karşı emniyetini test için, eğik düzlem cihazı kullanılmıştır.

Çizelge 1. Doğaltaşların Fiziksel ve Mekanik Özellikleri

D	N	ÖK	SE	P	Pr	BD
M	M1	2780	1,64	2,86	1,31	70,04
	M2	2780	1,84	3,24	1,52	71,41
	M3	2790	1,79	3,58	1,63	75,30
	M4	2750	0,24	0,70	0,54	67,70
	M5	2740	0,21	0,73	0,58	68,16
K	K1	2770	0,20	0,53	2,30	85,66
	K2	2750	0,21	0,56	2,40	85,42
	K3	2690	0,24	0,64	2,70	85,78
	K4	2680	0,26	0,69	2,90	85,48
	K5	2680	0,27	0,70	2,95	85,07
	K6	2690	1,23	1,49	6,70	79,68
T	T1	2746	5,59	7,64	0,58	40,60
	T2	2650	6,83	8,47	0,71	41,67
	T3	2456	11,98	12,66	1,35	22,89
	T4	2600	6,00	6,80	0,65	45,81
	T5	2720	6,69	7,60	0,69	48,72

D: Doğaltaş Türü, M: Mermer, K: Kireçtaşı, T: Traverten, N: Numune Kodu, ÖK: Özgül Kütle (kg/m³), SE: Su Emme (%), P: Porozite (%), Pr: Permeabilite (mD x 10⁻²), BD: Basınç Dayanımı (MPa)

2.2.1. Eğik Düzlem Test Yöntemi

Eğik düzlem test yöntemi ile ıslak ve çıplak ayakla yürünen alanlardaki yer döşemelerinde kullanılan doğaltaş plakaların, kaymayı önleyici özelliklerinin saptanması ve değerlendirilmesi amacıyla "DIN 51097: Çıplak Ayakla Gezilen Islak Bölgelerin Kaymayı Önleme Özelliğinin Belirlenmesi" standardı dikkate alınmıştır. Buna göre, çıplak ayakla yürünen ıslak zeminler olarak; havuzlar, banyolar, soyunma odaları, sağlık merkezleri ve tuvalet gibi mekânlarda kullanılacak kaplama malzemelerinin kayma önleme özellikleri belirlenmektedir. DIN 51097 standardında göre kayma açıları dikkate alınarak A, B ve C şeklinde sınıflandırılmış ve kullanım alanları Çizelge 2'de verilmiştir.

Eğik Düzlem Test Cihazı, GABBRIELLI Marka, C-03463 Model, kaygan yüzeylerin dinamik sürtünme katsayılarının tayininde kullanılan bir cihazdır (Şekil 1). Eğik düzlem test cihazı yüzeylerin pürüzlülüğünü dikkate alarak kayma

direncinin, dinamik ve statik sürtünme katsayısının ölçümleri için tasarlanmıştır. Eğik düzlem test cihazında elde edilen kayma açısının tanjantı, çıplak ayak ile kaplama malzemesi yüzeyi arasındaki sürtünme katsayısını vermektedir (Şekil 2) (Bowman, 1997; Miller, 1999).

Çizelge 2. Çıplak Ayakla Gezilen Islak Bölgelerin Kaymayı Önleme Özelliğinin Belirlenme Testi Sonuçlarının Sınıflandırılması (DIN 51097, 1992).

S	Uygulama Alanı	AD
A	Genellikle kuru iken yalınayak kullanılan koridorlar, Tek ya da grup soyunma odaları (sporcular için), Tüm yüzme havuzlarında, derinliği 80 cm olmayan sığ yüzme havuzlarında	≥ 12°
	A sınıflandırması içinde belirtilen alanlar dışındaki yalınayak kullanılan koridorlar, Dezenfektan spreyleri için oluşturulan alanlar,	
	Yüzme havuzu çevresindeki alanlar, Platformlar, Çocuk havuzları, Yağmurlu alanlardaki merdivenler, Yüzme havuzu dışındaki merdiven basamakları.	
B	Havuzların kıyı eğimlerinde, B sınıflandırmasında yer almayan su içindeki merdivenler.	≥ 24°

S: Sınıflandırma, AD: Açı Değerleri

Eğik Düzlem Test Cihazı, 600 mm genişliğinde ve 2000 mm uzunluğunda, eğimi uzunlamasına 0° ile 45° arasında ayarlanabilen, düz ve eğilmeyen bir döşemeden oluşmaktadır. Testin uygulanması, esnasında doğaltaş plakaların üzerine su (6±1 l/d) beslenmektedir. Eğik düzlem cihazında test için çıplak ayakla yürünen kişi, yarım adımlar atarak ileriye ve geriye doğru, suyun aktığı yönde, yatay düzlemde başlayarak eğimi yaklaşık 1%/s değerinde artacak şekilde doğaltaş plakanın üzerinde hareket ettirilmektedir. Test için çıplak ayakla yürünen kişinin, güvenli yürüyüş sınırının sonuna ulaştığı kayma açısı, kritik bölgede en az 16 defa tekrarlanarak test edilmektedir.

2.3. Yüzey İşleme Yöntemleri

Doğaltaş plakaların, üç farklı plaka boyutunda honlu, cilalı ve eskitilmiş yüzeydeki kayma açısı değerlerinin değişimi belirlenmektedir. Çalışmada zemin kaplamalarında çok tercih edilen (P1) 30,5x30,5x1,0 cm, (P2) 40,0x40,0x2,0 cm ve (P3) 60,0x60,0x2,0 cm boyutları kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan doğaltaş plaka yüzeylerinin işlenmesi için tesis boyutunda cilalama ve honlama işleminde kullanılan kalibre ve abrasif başlıkları, su miktarı, bant hızı, basınç oranı ve yüzeyin durumu Şekil 3'de verilmiştir.



Şekil 1. Eğik düzlem test cihazı.



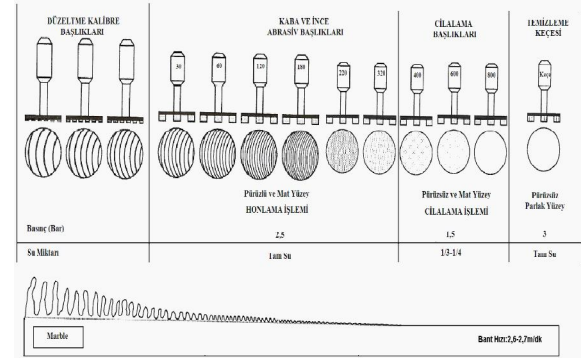
Şekil 2. Çıplak ayak ile kaplama malzemesi yüzeyi arasındaki sürtünme katsayısı ($\tan \theta = F_h/F_v$).

2.3.1. Cilalama

Cilalama işlemi temelde kontrollü bir aşındırma işlemidir. Cilalama işleminde, silim hattı ve cila hattı bulunan makineler kullanılır. Doğaltaş silim hattında, aşındırıcılar ile doğaltaş yüzeyinde kesim esnasında oluşan kesim yönündeki çizgilerin veya parçacıkların uzaklaştırılması ile yüzeyin pürüzsüz bir hale getirilme işlemi (Şekil 3) yapılmaktadır (Engin ve Kulaksız, 2007). Çalışmada DEMMAK (DCM 650-700S) marka silim hattı (3+12), kullanılmıştır.

2.3.2. Honlama

Honlama işlemi 30–320 numara abrasiv kullanılarak yapılır. Honlama işlemi için istenilen matlık talebine göre 220, 320 numara abrasivle silim yapılır ve ardından 1. kafa honlama keçesi ile abrasiv izleri silinir (Şekil 3). Honlama işlemi sonucunda düz, cilalıya göre pürüzlü ve daha mat bir yüzey elde edilmektedir. Cila uygulanmış yüzeylerin istenmediği alanlarda, honlanmış yüzey tercih edilir. Yüzey cilasız olduğu için kaymayı önleyici ve emniyetli bir yürüyüş imkânı elde edilmektedir.



Şekil 3. Doğaltaş silme ve cilalama makinelerinin şematik gösterimi (Şentürk vd, 1996).

2.3.3. Eskitme

Eskitilmiş yüzey, doğaltaş yüzeylerinin aşındırıcılar ile uzun sürede işleme sürecidir. Doğaltaş parçaları su ve aşındırıcı parçacıklarla beraber eskitme teknesinin içine konular ve makinenin çeşitli mekanik hareketleri sonucunda aşındırıcı sulu karışımla karışarak aşınır. Doğaltaş parçaları titreşim, salınım, çalkalama hareketleri yapan teknenin içinde değişik formlarda aşındırıcı, kimyasal veya metal malzemelerle birlikte işleme tabi tutulmaktadır. Eskitme işleminde aşınma kenar ve köşeleri

daha fazla etkilemektedir (Engin, 2007). Çalışmada kullanılan doğaltaşlar KROMAŞ (VM Y 900) marka 1800 litre kapasiteli, tambur tipi makinelerde 15–20 dakika çalkalanarak eskitme yapılmıştır.

2.4 Yüzey Pürüzlülük Ölçümü

Çalışmada honlu, cilalı ve eskitilmiş doğaltaş plakaların yüzey pürüzlülüğünü ölçmek için Perthometer M2 marka Yüzey pürüzlülük cihazı kullanılmıştır. DIN EN ISO 4287 standardına göre çalışan bu cihazda 59 tarama aralığında, 1,75, 5,60 ve 17,5 mm tarama boyu ile kullanılmaktadır. Bu çalışmada, yüzey pürüzlülüğünün belirlenmesinde en büyük tarama boyu olan 17,5 mm'lik tarama boyu kullanılmıştır. Doğaltaş numunelerinde öncelikle yüzey üzerinde düşey olarak 30 mm mesafeli 10 ölçüm hattı belirlenmiştir. Sonra her bir doğaltaş numune için, 10 tane yüzey pürüzlülük (Rz) değeri ölçülmüş ve bu değerlerin aritmetik ortalaması alınarak pürüzlülük değerleri hesaplanmıştır. Çizelge 3'de ıslak ortamlarda yüzey pürüzlülük test sonuçları verilmiştir.

Çizelge 3. Islak Ortamlarda Yüzey Pürüzlülük Test Sonuçları (Carpenter vd, 2006; Bowman, 2003)

Yüzey pürüzlülüğü, Rz (μm)	Kayma potansiyeli
≤ 10	yüksek (Y)
10 -20	orta (O)
20 - 30	düşük (D)
>30	çok düşük (C)

3. SONUÇLAR ve TARTIŞMALAR

3.1. Doğaltaş Plakaların Kayma Açısı Analizi

Deneyleerde kullanılan cilalanmış, honlanmış ve eskitilmiş doğaltaş plakaların zemin kaplamalarında çokça tercih edilen P1, P2 ve P3 plaka boyutlarındaki kayma açısı değerlerinin istatistiksel analizi yapılmıştır. Mermer, kireçtaşı ve travertenlerde 10 tane kayma açısı değeri ile üç faktörlü varyans (ANOVA) analizi (16 doğaltaş x 3 plaka boyutu x 3 yüzey işleme) uygulanmıştır. Toplamda mermerlerde 450 veri, kireçtaşlarında 540 veri ve travertende 450 veri kullanılmıştır. Doğaltaş plakalarda kayma açısı bakımından $p < 0,001$ anlamlılık düzeyinde tüm boyutlar ve yüzey işlemler arasında istatistiksel olarak anlamlı fark vardır. Buna göre doğaltaş

plakalarının zemin kaplamaları kullanımında plaka boyutları ve yüzey işlemlerinin etkili olduğu görülmüştür.

3.1.1. Mermer Plakaların Kayma Açısı Analizi

Mermer plakaların cilalı, honlu ve eskitilmiş yüzeylerde kayma açısının plaka boyutlarına ve yüzey işlemlerine göre istatistiksel analizi Çizelge 4'de, kayma açısı değerleri ise Şekil 4'de verilmektedir.

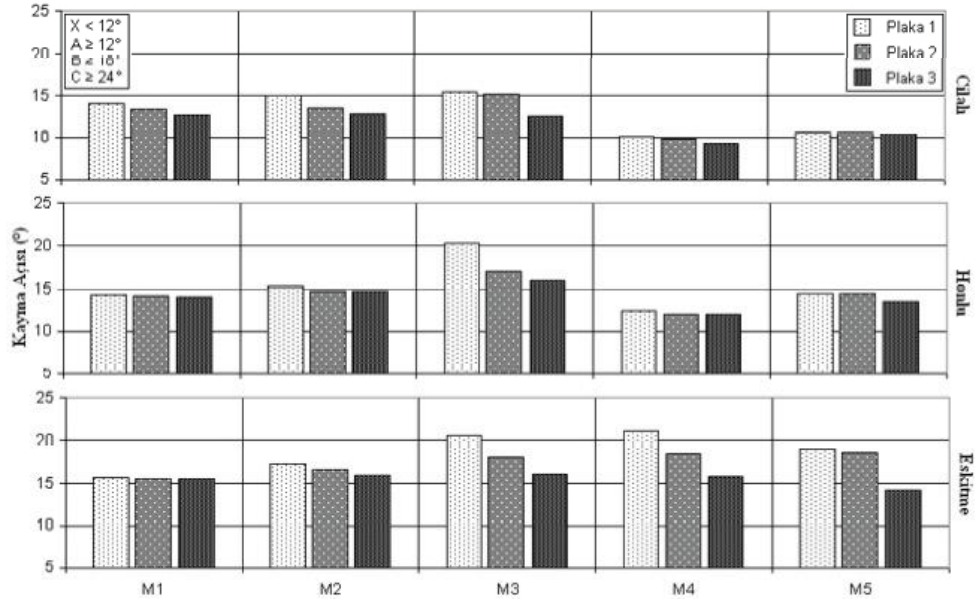
Cilalanmış tüm boyutlarda M4 ve M5 numunelerinde kayma açıları en düşük değerde olduğu görülmektedir. M4 ve M5 numunelerinin aritmetik ortalama değerleri sırası ile $10,04^\circ$ ve $10,72^\circ$ iken, standart sapmaları $0,63^\circ$ ve $0,50^\circ$ 'dir. Buna göre kayma emniyetleri en düşük değerdedir. Buna karşın P1, P2 plaka boyutlarında M1, M2 ve M3 numunelerin kayma açısı, kayma emniyeti sınıflandırmasında emniyetli durumdadır. M3 numunesi, P1 boyutunda $15,57^\circ$ aritmetik ortalama ve $0,52^\circ$ standart sapma değeri ile en yüksek kayma açısı değerindedir. Cilalı yüzeylerde tüm plaka boyutlarında M1, M2 ve M3 numuneleri en yüksek kayma açısına sahip olduğu için bu üç mermer türü tercih edilebilir.

Yüzeyleri honlanmış mermer plakaların kayma açısı, tüm plakalarda emniyetli durumdadır. M3 numunesi ise özellikle P1 boyutunda diğer numunelerden farklı olarak $20,32^\circ$ aritmetik ortalama ve $0,49^\circ$ standart sapma değeri ile en yüksek kayma açısı değerindedir. Çıplak ayakla emniyetli kullanılacak mermer yüzeyi, honlu yüzeyler olabilir. Plakaların kullanımı esnasında derz aralıkları kayma açısını yükselttiğinden, çıplak ayakla insanların yürüyebileceği emniyetli zeminler oluşturduğu sonucuna varılmıştır. Özellikle P1, P2 boyutlarındaki kayma açısı değeri P3 plaka boyutundaki kayma açısı değerinden yüksektir.

Mermer plakalarında eskitilmiş yüzeylerde P1 plaka boyutunda kayma açısının en yüksek değerlere ulaştığı görülmüştür. Özellikle M4 numunesi P1 plaka boyutunda $21,11^\circ$ aritmetik ortalama ve $0,43^\circ$ standart sapma ile en yüksek değeri almıştır. Çalışmanın bu bölümündeki sonuçlardan, mermer yüzeylerinin tambur tipi makinelerde 15–20 dakika abradivler ile eskitildiğinde, kayma açısı değerinin arttığı, buna bağlı olarak da kayma emniyetinin arttığı görülmektedir.

Çizelge 4. Mermerlerin Plaka Boyutu ve Yüzey İşlemlerine Göre Kayma Açısının İstatistiksel 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 Açısı	Plaka 1	Plaka 2	0,9780*	0,17118	<0,001	0,6416	1,3144
		Plaka 3	2,0633*	0,17118	<0,001	1,7269	2,3998
	Plaka 2	Plaka 1	-0,9780*	0,17118	<0,001	-1,3144	-0,6416
		Plaka 3	1,0853*	0,17118	<0,001	0,7489	1,4218
	Plaka 3	Plaka 1	-2,0633*	0,17118	<0,001	-2,3998	-1,7269
		Plaka 2	-1,0853*	0,17118	<0,001	-1,4218	-0,7489
Kayma Açısı	Cilalı	Honlu	-2,2373*	0,17118	<0,001	-2,5738	-1,9009
		Eskitme	-4,9273	0,17118	<0,001	-5,2638	-4,5909
	Honlu	Cilalı	2,2373*	0,17118	<0,001	1,9009	2,5738
		Eskitme	-2,6900*	0,17118	<0,001	-3,0264	-2,3536
	Eskitme	Honlu	4,9273*	0,17118	<0,001	4,5909	5,2638
		Cilalı	2,6900*	0,17118	<0,001	2,3536	3,0264



Şekil 4. Cilalı, honlu ve eskitilmiş mermer plakaların kayma açısı değerleri.

3.1.2. Kireçtaşı Plakalarının Kayma Açısı Analizi

Kireçtaşlarının cilalı, honlu ve eskitilmiş yüzeylerde kayma açısının plaka boyutlarına ve yüzey işlemlerine göre istatistiksel analizi Çizelge 5'de, kayma açısı değerleri ise Şekil 5'de verilmektedir. Cilalı yüzeylerde P2, P3 plaka boyutlu K5 numunesi sırası ile 11,03° ve 10,68° aritmetik ortalama ve 0,22°, 0,57° standart sapma değeriyle en düşük kayma açısına sahiptir. Kayma açısı en düşük değerde olduğu için ıslak zemin kaplamada kullanılması uygun değildir. Buna karşın P2, P3 plaka boyutlarında K5 numunesi ve tüm boyutlardaki K2 numunesi

hariç diğer kireçtaşlarının kullanımı uygun olmaktadır. Cilalı yüzeylerde 14,65° aritmetik ortalama ve 0,44° standart sapma ile en yüksek kayma açısı K6 numunesinde belirlenmiştir. Cilalanmış yüzeylerde P1 plaka boyuttaki kireçtaşları içinde kayma açısı yüksek olan K1, K3, K4 ve K6 numuneleri tercih edilebilir.

Yüzeyleri honlanmış kireçtaşlarının kayma açısı, P1 plaka boyutlarında kullanımı için uygundur. P2, P3 plaka boyutlarında K2 numuneleri sırası ile 11,29°, 11,09° aritmetik ortalama ve 0,33°, 0,45° standart sapma değeriyle en düşük kayma açısına sahiptir. Honlu yüzeylerde P1 plaka boyutunda K6 numunesi 16,04° aritmetik

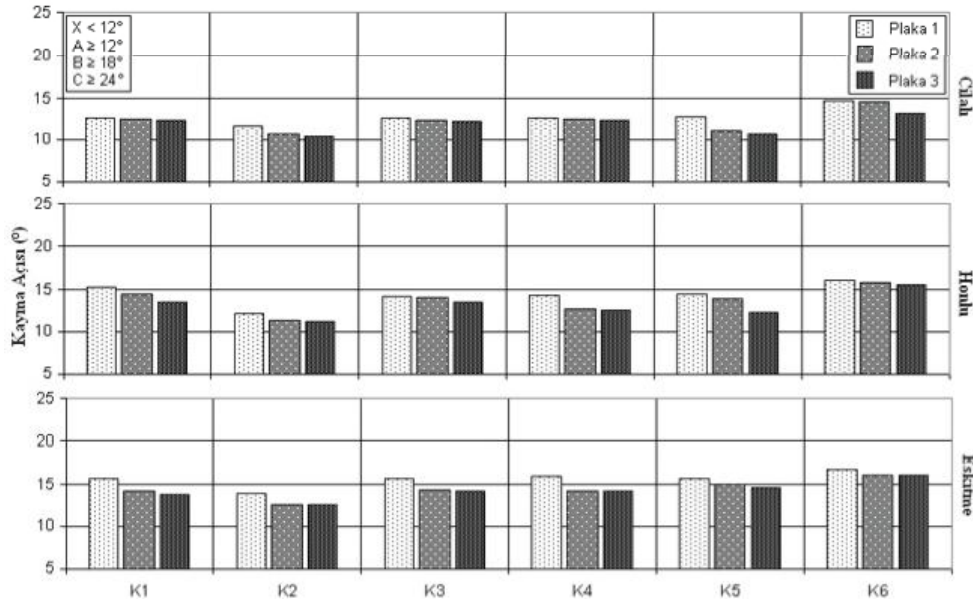
ortalama ve $0,62^\circ$ standart sapma değeriyle en yüksek kayma açısına sahiptir. Yüzeyleri honlanmış kireçtaşı zemin kaplamaları, tüm plaka boyutlarında çıplak ayakla emniyetli olarak kullanılabilir. Plakaların kullanımı esnasında derz boşlukları kayma açısını yükseltmektedir. Buna göre özellikle P1, P2 boyutlarındaki kayma açısı değerleri, P3 plaka boyutundaki kayma açısı değerlerinden yüksektir.

Kireçtaşlarında eskitilmiş yüzeylerde P1 plaka boyutunda kayma açısının en yüksek değerlere

ulaştığı görülmüştür. Eskitilmiş yüzeylerden P3 plaka boyutunda aritmetik ortalaması $13,62^\circ$ ve standart sapması $0,46^\circ$ olan K1 kireçtaşı en düşük kayma açısına sahipken, K6 numunesi P1 plaka boyutunda $16,68^\circ$ aritmetik ortalama ve $0,34^\circ$ standart sapmayla en yüksek kayma açısına sahiptir. Tüm plaka boyutu arasındaki en küçük ile en büyük kayma açısı arasındaki açı değeri $6,47^\circ$ olarak belirlenmiştir. Eskitilmiş yüzeylerde P3 plaka boyutlarında kayma açısı değerleri azalmıştır.

Çizelge 5. Kireçtaşı Plaka Boyutu ve Yüzey İşlemlerine Göre Kayma Açısının İstatistiksel 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 Açısı	Plaka 1	Plaka 2	0,8739*	0,08464	<0,001	0,6749	1,0728
		Plaka 3	1,1078*	0,08464	<0,001	0,9088	1,3067
	Plaka 2	Plaka 1	-0,8739*	0,08464	<0,001	-1,0728	-0,6749
		Plaka 3	0,2339*	0,08464	<0,001	0,0349	0,4328
	Plaka 3	Plaka 1	-1,1078*	0,08464	<0,001	-1,3067	-0,9088
		Plaka 2	-0,2339*	0,08464	<0,001	-0,4328	-0,0349
Kayma Açısı	Cilalı	Honlu	-1,2917*	0,08464	<0,001	-1,4906	-1,0927
		Eskitme	-2,3000*	0,08464	<0,001	-2,4989	-2,1011
	Honlu	Cilalı	1,2917*	0,08464	<0,001	1,0927	1,4906
		Eskitme	-1,0083*	0,08464	<0,001	-1,2073	-0,8094
	Eskitme	Honlu	2,3000*	0,08464	<0,001	2,1011	2,4989
		Cilalı	1,0083*	0,08464	<0,001	0,8094	1,2073



Şekil 5. Cilalı, honlu ve eskitilmiş kireçtaşı plakalarının kayma açısı değerleri

3.1.3. Traverten plakalarının kayma açısı analizi

Travertenlerin cilalı, honlu ve eskitilmiş yüzeylerde kayma açısının plaka boyutlarına ve yüzey işlemlerine göre istatistiksel analizi Çizelge 6'da, kayma açısı değerleri ise Şekil 6'da verilmektedir. Cilalı yüzeylerde T3 numunesi P1 plaka boyutunda 16,65° kayma açısı değeri ile en yüksek kayma açısı değerine sahiptir. Cilalanmış yüzeylerde P3 plaka boyutunda T1 numunesinin 13,94° aritmetik ortalama ile en düşük kayma açısı değerine sahip olduğu görülmektedir. Buna göre kayma emniyetleri en düşük değerdedir.

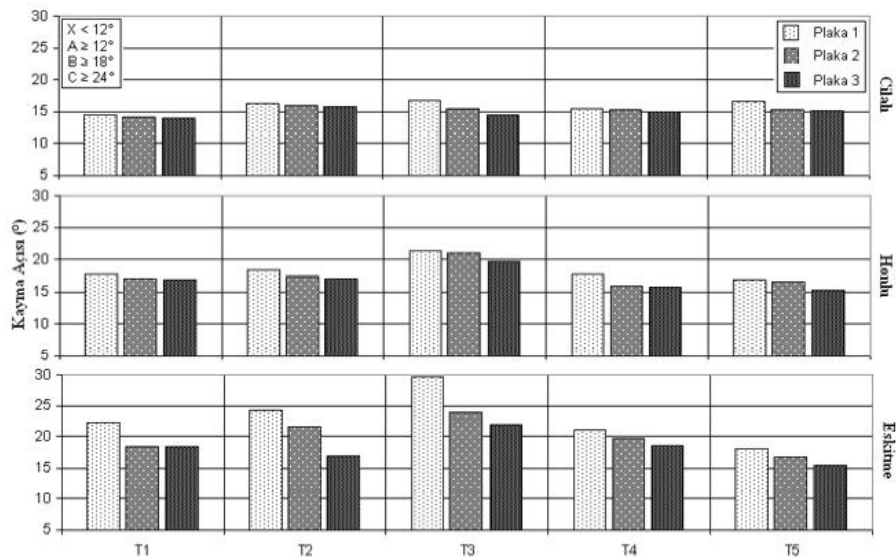
Yüzeyleri honlanmış traverten plakaların kayma açısı, mermer ve kireçtaşı plakalarına göre yüksektir. T5 numunesi özellikle P3 plaka boyutunda diğer traverten plakalardan farklı

olarak 15,36° aritmetik ortalama ve 0,50° standart sapma ile en düşük kayma açısına sahiptir. P1 plaka boyutunda en yüksek kayma açısına 21,43° aritmetik ortalama ve 0,42° standart sapma ile T3 numunesi sahiptir.

Travertenlerde eskitilmiş yüzeylerde P1 plaka boyutunda kayma açısının en yüksek değerlere ulaştığı görülmüştür. Buna göre P1 plaka boyutunda 29,72° aritmetik ortalama ve 0,61° standart sapma ile en yüksek kayma açısına T3 numunesi sahiptir. En düşük kayma açısına P3 plaka boyutunda 15,43° aritmetik ortalama ve 0,36° standart sapma ile T5 numunesi sahiptir. Eskitilmiş yüzeylerde P3 plaka boyutlarında kayma açısı değerleri azalmıştır. Çalışmada, çıplak ayakla yürünecek ıslak zeminler için eskitilmiş travertenlerde, küçük plaka boyutlarının zemin kaplamalar için daha güvenli olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 6. Traverten Plaka Boyutu ve Yüzey İşlemlerine Göre Kayma Açısının İstatistiksel 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 Açısı	Plaka 1	Plaka 2	1,9075*	0,23873	<0,001	1,3461	2,4689
		Plaka 3	1,4162*	0,23873	<0,001	0,8548	1,9776
	Plaka 2	Plaka 1	-1,9075*	0,23873	<0,001	-2,4689	-1,3461
		Plaka 3	-0,4913*	0,23873	<0,001	1,3461	0,0701
	Plaka 3	Plaka 1	-1,4162*	0,23873	<0,001	-1,9776	-0,8548
		Plaka 2	0,4913*	0,23873	<0,001	1,3461	1,0527
Kayma Açısı	Cilalı	Honlu	-2,2687*	0,23873	<0,001	-2,8301	-1,7073
		Eskitme	-2,2687*	0,23873	<0,001	-5,7281	-4,6053
	Honlu	Cilalı	-2,2687*	0,23873	<0,001	1,7073	2,8301
		Eskitme	-2,8980*	0,23873	<0,001	-3,4594	-2,3366
	Eskitme	Honlu	5,1667*	0,23873	<0,001	4,6053	5,7281
		Cilalı	2,8980*	0,23873	<0,001	2,3366	3,4594



Şekil 6. Cilalı, honlu ve eskitilmiş traverten plakalarının kayma açısı değerleri.

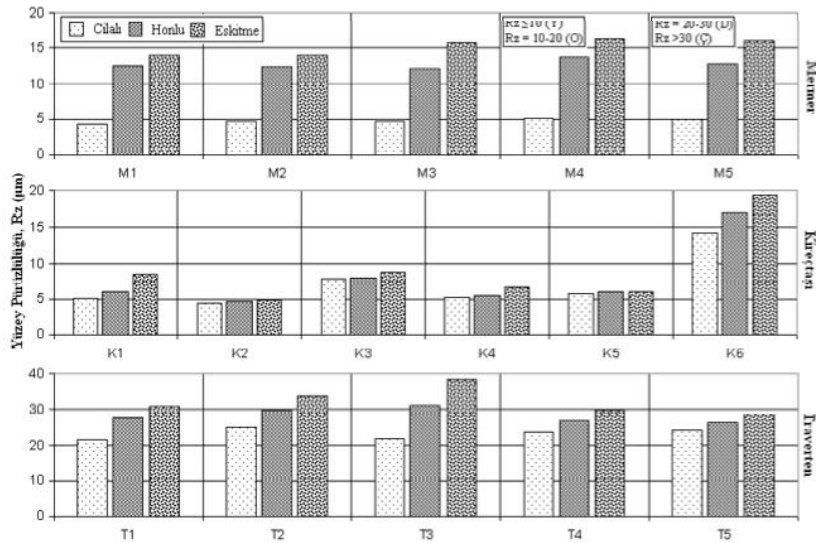
3.2. Doğaltaşların yüzey pürüzlülük analizi

Deneyselerde, zemin kaplamalarında kullanılan doğaltaş plakalarının cilalanmış, honlanmış ve eskitilmiş yüzey pürüzlülüğü değerlerinin istatistiksel olarak analizi yapılmış ve analiz sonuçları Çizelge 7’de verilmiştir. Mermer, kireçtaşı ve traverten plakalarında 10 tane yüzey pürüzlülük (Rz) değeri ile iki faktörlü varyans (ANOVA) analizi (16 doğaltaş x 3 yüzey işleme) uygulanmıştır. Toplamda mermerlerde 150 veri, kireçtaşlarında 180 veri ve travertende 150 veri kullanılmıştır. Doğaltaş plakalarında kayma açısı bakımından $p < 0,001$ anlamlılık düzeyinde yüzey işlemler arasında istatistiksel olarak anlamlı fark vardır. Buna göre doğaltaş plakalarının zemin kaplamalarında kullanımında yüzey işlemlerinin etkili olduğu görülmüştür.

Tüm doğaltaş numunelerinin cilalı yüzeylerinde Rz değeri 10 μ m’den küçük olduğu için kayma potansiyeli çok yüksek seviyededir. Honlu ve eskitilmiş yüzeylerde ise Rz değeri 10–20 μ m arasında olduğu için kayma potansiyeli orta, 20–30 μ m arasında kayma potansiyeli düşük, >30 μ m’da ise kayma potansiyeli çok düşük seviyededir. Doğaltaş plakalarda cilalı yüzeylerde Rz değeri daha düşük iken, honlanmış ve eskitilmiş yüzeylerdeki Rz değeri cilalıya göre artış göstermiştir. Buna göre her üç gruptaki doğaltaş plakalarda yüzey pürüzlülüğü arttıkça, kayma açısı artmaktadır. Şekil 7’de görüldüğü gibi en yüksek kayma açısı ve yüzey pürüzlülük değeri traverten plakalarda gözlemlenmektedir.

Çizelge 7. Doğaltaş Plakalarının Yüzey İşlemlerine Göre Yüzey Pürüzlülüğünün İstatistiksel Analizi

Doğaltaş Numuneler	Bağımlı Değişken	Bağımsız Değişken (I)	Bağımsız Değişken (J)	Bağımsız Değişken Farkı (I-J)	Standart Hata	Anlamlılık Düzeyi	95% Güven Aralığı	
							Alt limit	Üst limit
Mermer	Yüzey Pürüzlülüğü	Cilalı	Honlu	-9,1354*	0,09479	<0,001	-9,3217	-8,9491
			Eskitme	-11,4056*	0,09479	<0,001	-11,5919	-11,2193
		Honlu	Cilalı	9,1354*	0,09479	<0,001	8,9491	9,3217
			Eskitme	-2,2702*	0,09479	<0,001	-2,4565	-2,0839
		Eskitme	Honlu	11,4056*	0,09479	<0,001	11,2193	11,5919
			Cilalı	2,2702*	0,09479	<0,001	2,0839	2,4565
Kireçtaşı	Yüzey Pürüzlülüğü	Cilalı	Honlu	-1,0250*	0,35951	<0,001	-1,8699	-0,1800
			Eskitme	-2,2382*	0,35951	<0,001	-3,0832	-1,3933
		Honlu	Cilalı	1,0250*	0,35951	<0,001	0,1800	1,8699
			Eskitme	-1,2132*	0,35951	<0,001	-2,0582	-0,3683
		Eskitme	Honlu	2,2382*	0,35951	<0,001	1,3933	3,0832
			Cilalı	1,2132*	0,35951	<0,001	0,3683	2,0582
Traverten	Yüzey Pürüzlülüğü	Cilalı	Honlu	-1,1740*	0,42780	<0,001	-2,1800	-0,1680
			Eskitme	-2,5789*	0,42780	<0,001	-3,5849	-1,5728
		Honlu	Cilalı	1,1740*	0,42780	<0,001	0,1680	2,1800
			Eskitme	-1,4049*	0,42780	<0,001	-2,4109	-0,3989
		Eskitme	Honlu	2,5789*	0,42780	<0,001	1,5728	3,5849
			Cilalı	1,4049*	0,42780	<0,001	0,3989	2,4109

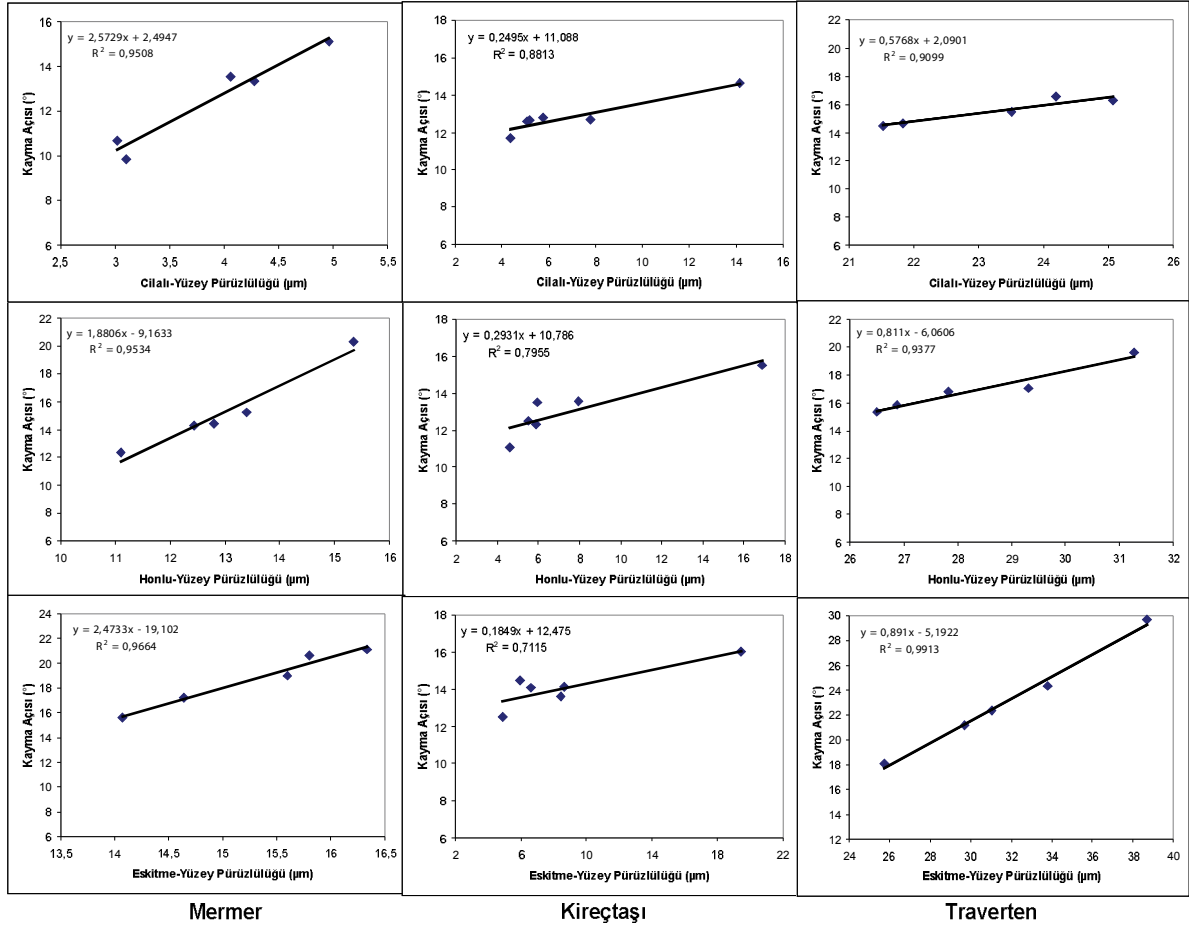


Şekil 7. Cilalı, honlu ve eskitilmiş doğaltaş plakaların yüzey pürüzlülük değerleri.

3.3. Doğaltaş Plakaların Yüzey Pürüzlülük ve Kayma Açısı Analizi

Doğaltaş plakalarda üç farklı boyutta kayma açısı ve yüzey pürüzlülüğü değerleri arasında basit doğrusal regresyon yapılmıştır. Şekil 8'de mermer, kireçtaşı ve traverten grubunda yüzey pürüzlülüğünün, yüzey işlemlerine bağlı

olarak değişimi verilmiştir. Buna göre mermer plakalarda $R^2 > 0,95 - 0,97$, kireçtaşlarında $R^2 > 0,71 - 0,88$ ve travertenlerde $R^2 > 0,90 - 0,99$ aralığında regresyon katsayıları hesaplanmıştır. Kayma açısı ile cilalı, honlu ve eskitilmiş doğaltaş plakaların yüzey pürüzlülüğü arasında anlamlı bir ilişki olduğu görülmektedir

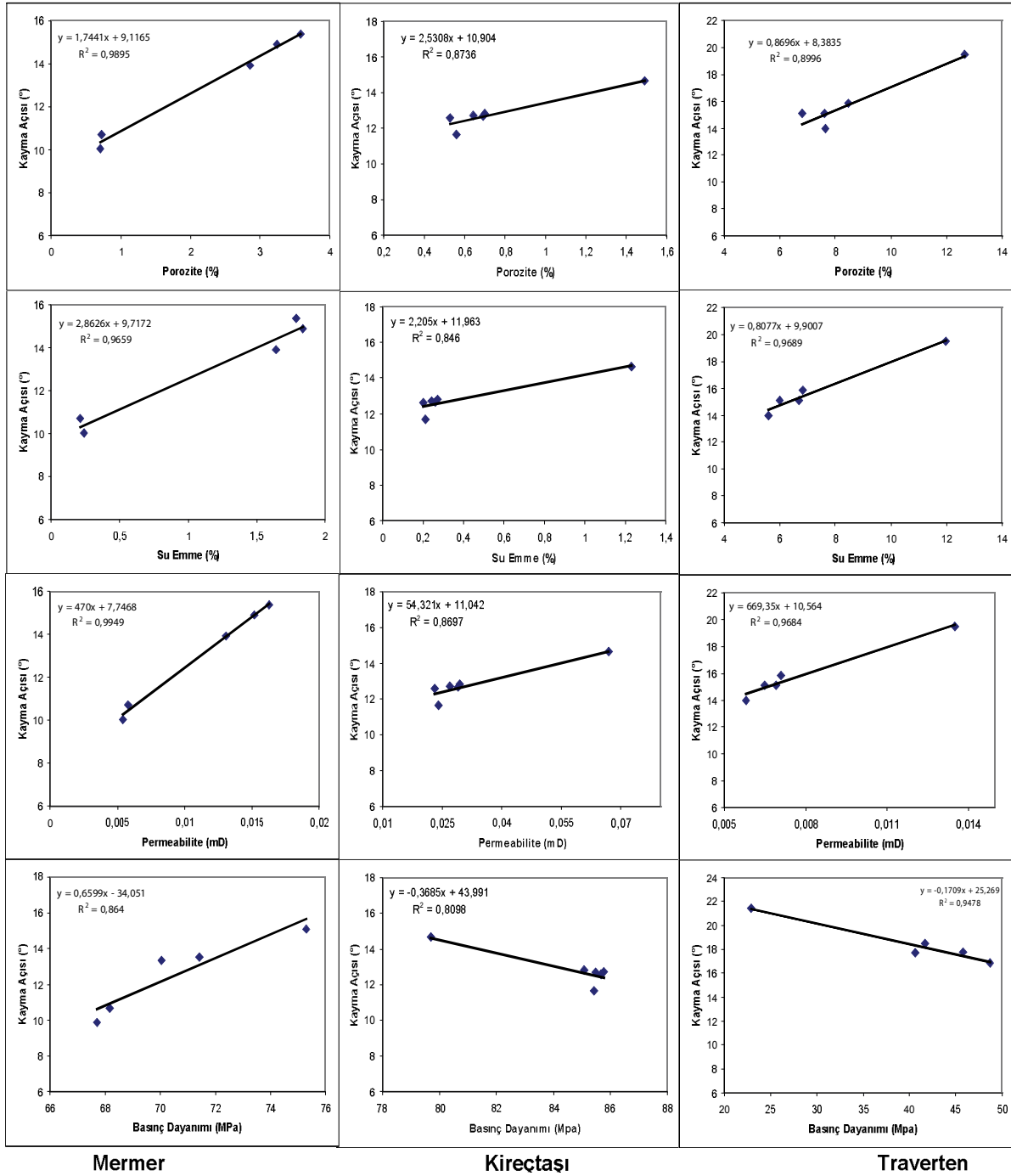


Şekil 8. Doğaltaşların kayma açısı ve yüzey pürüzlülüğü arasındaki regresyon modeli.

3.4. Fiziksel ve Mekanik Özelliklerin Kayma Açısına Etkisi

Çalışmada doğaltaş plakaların fiziksel ve mekanik özelliklerinden su emme, porozite, permeabilite ve basınç dayanımının kayma açısına olan etkileri basit regresyon analizi ile incelenmiştir. Şekil 9'da kayma açısı ve fiziksel özelliklerin arasındaki basit regresyon modeli sonuçları verilmiştir. Buna göre mermerlerde $R^2 > 0,86-0,99$, kireçtaşlarında $R^2 > 0,80-0,87$ ve travertenlerde $R^2 > 0,90-0,97$ bağıntıları regresyon modeli değişimini açıklamakta önemli

bir belirleyicilik katsayısına sahiptir. Kayma açısı ile cilalı, honlu ve eskitilmiş doğaltaş plakaların fiziksel ve mekanik özellikleri arasında yüksek bir ilişki olduğu görülmektedir. Bu değere göre kayma açısı ile su emme, porozite, permeabilite ve basınç dayanımı arasında doğrusal bir ilişki olduğu görülmektedir. Buna göre mermerlerde su emme, porozite ve permeabilite oranı arttıkça, kayma açısı da artmaktadır. Basınç dayanımı arttıkça kayma açısı azalmaktadır. Bu nedenle su emme, porozite ve permeabilite arttıkça kayma açısı artacak, yüzeyin kayma riski azalacaktır.



Şekil 9. Doğaltaşların kayma açısı ile fiziksel mekanik özellikler arasındaki basit regresyon modeli.

3.5. Doğaltaş Plakaların Kayma Açısı ve Yüzey Pürüzlülük Değerlerine Göre Sınıflandırması

Doğaltaş plakalarında DIN 51097 standardına göre yapılan testler sonucunda kayma açısı belirlenmiştir. Çizelge 2'deki "Çıplak ayakla Gezilen Islak Bölgelerin Kaymayı Önleme

Özelliklerinin Belirlenmesi" DIN 51097 standardı ve Çizelge 3'deki yüzey pürüzlülük Rz (µm) sınıflandırması dikkate alınarak, elde edilen değerlere göre hangi doğaltaşların hangi sınıflama içinde yer aldığı Çizelge 8'de verilmektedir.

Çizelge 8. Doğaltaşların Kayma Açısı ve Yüzey Pürüzlülüğüne Göre Sınıflandırılması

Mermerler		M1		M2		M3		M4		M5			
		Kayma Açısı	Sınıf	Kayma Açısı	Sınıf	Kayma Açısı	Sınıf	Kayma Açısı	Sınıf	Kayma Açısı	Sınıf		
Cilalı	P1	13,92	A	14,91	A	15,37	A	10,04	X	10,72	X		
	P2	13,34	A	13,52	A	15,08	A	9,85	X	10,65	X		
	P3	12,68	A	12,82	A	12,48	A	9,25	X	10,56	X		
	Rz	4,28	Y	4,70	Y	4,66	Y	5,10	Y	5,02	Y		
Honlu	P1	14,27	A	15,25	A	20,32	B	12,35	A	14,40	A		
	P2	14,05	A	14,71	A	16,87	A	12,02	A	14,35	A		
	P3	13,98	A	14,65	A	15,92	A	12,00	A	13,48	A		
	Rz	12,44	O	12,40	O	12,05	O	13,70	O	12,80	O		
Eskitme	P1	15,62	A	17,21	A	20,63	B	21,11	B	19,00	B		
	P2	15,55	A	16,56	A	18,04	B	18,54	B	18,66	B		
	P3	15,44	A	15,90	A	16,13	A	15,76	A	14,09	A		
	Rz	14,07	O	14,04	O	15,80	O	16,34	O	16,00	O		
Kireçtaşları		K1		K2		K3		K4		K5		K6	
		Kayma Açısı	Sınıf	Kayma Açısı	Sınıf	Kayma Açısı	Sınıf	Kayma Açısı	Sınıf	Kayma Açısı	Sınıf	Kayma Açısı	Sınıf
Cilalı	P1	12,60	A	11,67	X	12,71	A	12,66	A	12,80	A	14,65	A
	P2	12,45	A	10,71	X	12,31	A	12,51	A	11,03	X	14,46	A
	P3	12,35	A	10,42	X	12,20	A	12,38	A	10,68	X	13,16	A
	Rz	5,09	Y	4,35	Y	7,77	Y	5,20	Y	5,76	Y	14,16	O
Honlu	P1	15,19	A	12,15	A	14,11	A	14,24	A	14,32	A	16,04	A
	P2	14,32	A	11,29	X	13,89	A	12,60	A	13,78	A	15,74	A
	P3	13,49	A	11,09	X	13,56	A	12,49	A	12,29	A	15,53	A
	Rz	5,96	Y	4,63	Y	7,98	Y	5,50	Y	5,91	Y	16,89	O
Eskitme	P1	15,62	A	13,82	A	15,59	A	15,86	A	15,58	A	16,68	A
	P2	14,04	A	12,51	A	14,27	A	14,11	A	14,86	A	16,13	A
	P3	13,62	A	12,48	A	14,12	A	14,08	A	14,48	A	16,04	A
	Rz	8,45	Y	4,88	Y	8,65	Y	6,60	Y	5,95	Y	19,40	O
Travertenler		T1		T2		T3		T4		T5			
		Kayma Açısı	Sınıf	Kayma Açısı	Sınıf	Kayma Açısı	Sınıf	Kayma Açısı	Sınıf	Kayma Açısı	Sınıf		
Cilalı	P1	14,49	A	16,29	A	16,65	A	15,50	A	16,51	A		
	P2	14,12	A	16,04	A	15,54	A	15,32	A	15,38	A		
	P3	13,94	A	15,84	A	14,51	A	15,08	A	15,09	A		
	Rz	21,52	D	25,07	D	21,84	D	23,51	D	24,20	D		
Honlu	P1	17,69	A	18,48	B	21,43	B	17,78	A	16,84	A		
	P2	17,02	A	17,41	A	20,98	B	16,10	A	16,61	A		
	P3	16,82	A	17,04	A	19,61	B	15,86	A	15,36	A		
	Rz	27,82	D	29,32	D	31,28	Ç	26,87	D	26,50	D		
Eskitme	P1	22,41	B	24,33	C	29,72	C	21,15	B	18,07	B		
	P2	18,56	B	21,72	B	24,02	C	19,74	B	16,65	A		
	P3	18,49	B	16,81	A	22,07	B	18,65	B	15,43	A		
	Rz	31,02	Ç	33,79	Ç	38,71	Ç	29,71	D	28,73	D		

P1: 30.5x30.5x1 cm, P 2: 40x40x2 cm, P 3: 60x60x2 cm, Rz: Yüzey pürüzlülüğü, Y: Yüksek, O: Orta, D: Düşük, Ç: Çok Düşük

Çalışmada kullanılan doğaltaş plakaların cilalanmış yüzeylerinde P1, P2 ve P3 plaka boyutunda olan M1, M2, M3 numuneleri, K1, K2, K3, K5 numuneleri ve T1, T2, T3, T4, T5 numunelerinin kayma açısı değerleri 12° den büyük olduğu için A sınıfında yer almaktadır. Bu doğaltaş plakalar genellikle kuru, çıplak ayakla kullanılan koridorlarda, sporcu soyunma odalarında, derinliği 80 cm'yi geçmeyen sığ yüzme havuzlarında emniyetli bir şekilde kullanılabilir. Cilalı yüzeylerde tüm mermer numuneleri ve kireçtaşlarında K6 numunesi hariç diğer numunelerin yüzey pürüzlülüğü 10 µm'den düşük olduğu için kayma potansiyeli yüksek seviyededir. Cilalı yüzeylerde traverten numunelerinde yüzey pürüzlülüğü 20–30 µm

arasında olduğu için kayma potansiyeli düşük seviyededir. M4, M5 numuneleri ve K2, K5 numuneleri cilalanmış yüzeylere sahip gruptaki kullanılan plaka boyutlarında X sınıflandırmasında yer aldığı için ıslak zeminlerde emniyet açısından kullanılmamalıdır.

Honlanmış yüzeyler incelendiğinde mermer numunelerin P1 plaka boyutunda M3 numunesi haricindeki numunelerin kayma açısı değeri A sınıflandırmasında yer almaktadır. Kireçtaşlarında P2 ve P3 plaka boyutundaki K2 numunesi X sınıflandırmasında diğer kireçtaşı numuneleri ise A sınıflandırmasında yer almaktadır. Travertenlerde P1 plaka boyutunda T2 numunesi ve tüm plaka boyutlarında T3

numunesi B sınıflandırmasında, diğer traverten numuneleri ise A sınıflandırmasında yer almaktadır. Honlu yüzeylerde mermerlerin yüzey pürüzlülüğü cilalı yüzeylere göre artarak, 10–20 µm arasında olduğu için kayma potansiyeli orta seviyededir. Kireçtaşlarında K6 numunesi haricindeki numunelerde kayma potansiyeli yüksek seviyede, travertenlerde ise T3 numunesi haricindeki numunelerde düşük seviyededir.

Eskitilmiş yüzeyler incelendiğinde özellikle P1 ve P2 plaka boyutlarında M3, M4, M5 numuneleri B sınıflandırmasında iken diğer numuneler A sınıfında yer almaktadır. Çalışmada kullanılan mermer ve travertenlerin yüzeylerinin eskitilmesi sonucu elde edilen yeni ürünlerin B sınıflandırmasında yer almasından dolayı, A sınıflandırması içine dahil olmayan daha kaygan koridorlarda, spirallerle dezenfekte edilen alanlarda, yüzme havuz çevresindeki alanlarda, çocuk havuzları, özellikle yağmur alan merdivenlerde, yüzme havuz dışındaki merdiven basamaklarında emniyetli olarak kullanılabilir. Kireçtaşları eskitilmiş yüzeylerde A sınıflandırmasında, travertenler ise P1 plaka boyutunda T2 numunesinde ve P1, P2 plaka boyutunda T3 numunesinde C sınıflandırmasında yer almıştır. C sınıflandırmasında yer alan travertenler havuzların kıyı eğimlerinde, B sınıflandırmasında yer almayan su içindeki merdivenler, yüzme havuzu dışındaki merdiven basamaklarında kullanılabilir. Eskitilmiş yüzeylerde mermerlerin yüzey pürüzlülüğü honlu yüzeylere göre artarak, 10–20 µm arasında olduğu için kayma potansiyeli orta seviyede yer almıştır. Kireçtaşlarında ise yüzey pürüzlülüğü 10 µm'dan küçük olduğu için kayma potansiyeli yüksek, travertenlerde ise 20–30 µm arasında ve 30 µm'dan büyük olduğu için kayma potansiyeli düşük çıkmıştır.

4. SONUÇLAR

Yapılan çalışmada zemin kaplama malzemesi olarak kullanılacak doğaltaşların, DIN 51097 standardı kullanılarak 16 tür doğaltaşın üç farklı boyutta; cilalanmış, honlanmış ve eskitilmiş yüzeylerdeki kayma açıları belirlenmiştir. Doğaltaşların yüzey işleme yöntemlerine bağlı olarak kayma açılarının değiştiği gözlemlenmiştir. Buna göre cilalı yüzeyden, honlu ve eskitilmiş yüzeye doğru doğaltaşların yüzey pürüzlülüğünün arttığı gözlenmiştir.

Doğaltaşların plaka boyutlarına ve yüzey işlemlerine göre belirlenen kayma açıları DIN 51097 Standardında belirtilen sınıflandırmaya uygun olarak ıslak zeminlerde kullanım alanları saptanmıştır. Buna göre; kayma açısı değeri A sınıfı içinde olan doğaltaşlar; genellikle kuru iken çıplak ayak kullanılan koridorlarda, sporcuların soyunma odalarında, sığ yüzme havuzlarında kullanılabilir. Kayma açısı değeri B sınıfında yer alan doğaltaşların; yüzme havuzu çevresindeki alanlarda, çocuk havuzlarında, yağmur alan veya ıslanan bölgelerdeki merdivenlerde, yüzme havuzu dışındaki merdivenlerde ve platformlarda insan emniyeti açısından kullanılabileceği belirlenmiştir. ıslak zemin kaplamalarında kayma açısı değeri C sınıfında yer alan doğaltaşlar ise eğimli havuz kenarlarında, su içinde kalan merdivenlerde kullanılabilecektir.

Pürüzlülük arttıkça, kayma açısı artmakta, bununla birlikte kayma emniyeti yükselmektedir. Zemin kaplamalarındaki derz boşlukları, çıplak ayakla zemin arasında pürüzlülüğü arttırdığı için, doğaltaşların ıslak zeminlerde kayma emniyetini yükseltmektedir. Çalışmada çıplak ayakla yürünecek ıslak zeminler için eskitilmiş yüzeylerde, küçük plaka boyutlarının daha güvenli olduğu belirlenmiştir. Doğaltaşlarda su emme, porozite ve permeabilite değeri arttıkça kayma açısı artmakta ve bunun yanında basınç dayanımı azaldıkça kayma açısı artmaktadır.

KAYNAKLAR

Adams, N., 1997; "Slips and Falls-Some Arguments About Measuring Coefficients of Friction (COF)", Productivity, ergonomics and safety : the total package : Proceedings of the International Workplace Health and Safety Forum and the 33rd Ergonomics Society of Australia Conference, 72-83.

Bowman, R., 1997; "Slip Resistance Standards Provide No Unconditional Guarantees", CSIRO Building, Construction and Engineering, (12), 364-367.

Bowman, R., 2003; Slip Resistance Ignorance: A Recipe for Costly Falls. (<http://www.infotile.com/tiletoday/issues/pdf/40article.pdf>).

Chang, W.R., 1998; "The Effects of Surface Roughness on Dynamic Friction Between Neolite and Quarry Tile", Safety Science, 29, 89-105.

- Chang, W.R., 1999; "The effect of surface roughness on the measurement of slip resistance", *International Journal of Industrial Ergonomics*, **24**, 299–313.
- Chang, W.R., Kim, I.J., Manning, D.P., Bunternngchit, Y., 2001; "The role of surface roughness in the measurement of slipperiness", *Ergonomics*, **44**, 1200–1216.
- Chang, W.R., 2003; "The Role of Surface Waviness in Friction at Shoe and Floor Interface", *Proceedings of the Ergonomics Society Annual Conference, Edinburgh, UK*, 105-110.
- Chang, W.R., Hirvonen, M., Grönqvist, R., 2004; "The effects of cut-off length on surface roughness parameters and their correlation with transition friction", *Safety Science*, **42**, 755–769.
- Carpenter, J., Lazarus, D., Perkins, C., 2006; Safer surfaces to walk on reducing the risk of slipping, *Construction Industry Research and Information Association (CI RIA) C652*.
- DIN EN 51097, "Testing of floor Coverings; Determination of The Anti-Slip Properties; Wet-Loaded Barefoot Areas; Walking Method-Ramp Test", 1992, Deutsche Norm, Berlin.
- Engin, İ.C. ve Kulaksız, S., 2007; "Doğaltaş (Mermer) Maden İşletmeciliği ve İşleme Teknolojileri. Doğaltaş Parlatma-Cilalama Yöntemleri ve Kullanılan makineler", *Ankara*, 7, 515-517.
- Engin, İ.C., 2007; "Doğal Taş (Mermer) Maden İşletmeciliği ve İşleme Teknolojileri. Dekoratif Taş İşletmeciliği, Ürün çeşitlendirme Yöntem ve Makineleri", *Ankara*, 8, 594-595.
- Gürcan, S., 2006; Doğal yapı malzemelerinde kaymazlık testi ve kayma direncinin belirlenmesi, Yüksek lisans tezi, A.K.Ü, Fen Bilimleri Enstitüsü, Maden Mühendisliği, Afyon.
- Grönqvist, R., 1995; "Mechanisms of friction and assessment of slip resistance of new and used footwear sales on contaminated metals. *Ergonomics*, **38**, 224–241.
- Grönqvist, R., Hirvonen, M., Tohv, A., 1999; Evaluation of three portable floor slipperiness testers. *International Journal of Industrial Ergonomics*, **25**, 85–95.
- 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.
- 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.
- Manning, DP., Jones, C., Rowland ,FJ., 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.
- Manning, D.P., Jones, C., 2001; "The effect of roughness, floor polish, water, oil and ice on underfoot friction: current safety footwear solings are less slip resistant than microcellular polyurethane", *Applied Ergonomics*, **32**, 185–196.
- Miller, B.C., 1999; "Slip Resistance Standards: Sorting It All Out", *Safety & Health*, March 1999, 62-66.
- Rowland, F.J., Jones C., Manning DP., 1996; "Surface roughness of footwear soling materials: Relevance to slip resistance", *Journal of Testing and Evaluation JTEVA*, **24 (6)**,368–376.
- Sarıışık A., Çelik M.Y., Gürcan S., 2003; "Mermerlerin Mineralojik-Petrografik Özelliklerinin Jeomekanik Parametrelere Olan Etkileri", 20. Yıl Sempozyumu, Isparta, 203.
- Sarıışık A., Gürcan S., Şentürk A., 2007; "Description of slipping test methods and application study on travertine by ramp slip meter", *Building and Environment*, **42**,1707–1710.
- Sarıışık, G., 2007; Bazı Karbonat Kökenli Türk Doğaltaşlarının Teknik Özellikleri, Yapıda ve Restorasyonda Kullanım Alanları, Yüksek lisans tezi, A.K.Ü, Fen Bilimleri Enstitüsü, Maden Mühendisliği, Afyon.
- Sarıışık, A., 2009; "Safety Analysis of Slipping Barefoot on Marble Covered Wet Areas", *Safety Science*, **47**, 1417-1428.
- Şentürk, A., Gündüz, L., Tosun, Y. I., Sarıışık, A., 1996; "Mermer Teknolojisi", Isparta.