

## BAZI KİREÇTAŞLARININ PARLATILMASINDA ABRASİV KAFA DEVRİNİN ETKİSİ

*Sevgi ÇETİNTAŞ\**  
*Turgay TÜRK\*\**

Alınma:12.01.2018; düzeltme:18.05.2018; kabul:31.05.2018

**Öz:** Bu çalışma, kireçtaşların parlatılabilirlik özellikleri üzerine abrasiv kafa devrinin etkisinin incelenmesi amacıyla yapılmıştır. Bu çalışmada ticari olarak üretimi yapılan iki adet kireçtaşı örneği kullanılmıştır. Parlatma işlemi, 30x30x2 cm boyutlarındaki kireçtaşı örneklerine aynı abrasiv serisi, sabit bant hızı, sabit kafa basıncı ve sabit su miktarında, 400 dv/dk, 600 dv/dk ve 800 dv/dk abrasiv kafa devrinde laboratuvar ölçekli cila makinasında yapılmıştır. Farklı devir hızlarında parlatılan örneklerdeki değişimin tanımlanması amacıyla; pürüzlülük parametrelerinden Ra, Rq ve Rz değerleri ve parlaklık ölçümleri yapılmıştır. Parlatma deneyleri sonucunda, artan abrasiv devir hızına bağlı olarak pürüzlülüğün azaldığı ve parlaklığın arttığı tespit edilmiştir. Bunun yanısıra; parlatma işleminde devir hızının etkisi ile yüzey topografyasının değiştiği Rq ve Rz pürüzlülük değerlerinin artmasıyla gözlenmiştir. Sonuç olarak, kireçtaşlarının farklı abrasiv kafa devrinde parlatılması ile pürüzlülük ve parlaklık değerlerinin değişim gösterdiği ve abrasiv devrinin pürüzlülük ve parlaklık özelliklerini önemli ölçüde etkilediği sonucuna varılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Kireçtaşı, Pürüzlülük, Parlaklık, Abrasiv kafa devri

### The Effects of Abrasive Head Rotation on Some Limestone Polishing Process

**Abstract:** In this study, polishing properties of limestone were investigated to determine the effects of different abrasive head rotation. To achieve this goal, two different limestone samples commercially available in the market were studied. Polishing experiments were applied under constant band speed, abrasive head pressure and water amount for limestone samples of 30x30x2 cm dimension by using a laboratory-scale polishing machine. In order to define the change in the samples polished at 400 rev/min, 600 rev/min and 800 rev/min abrasion head rotation; Ra, Rq and Rz values of roughness parameter and brightness measurements were carried out on pre-determined surfaces of the marble samples. Polishing experiments showed that, with a few exceptions, brightness increases with decreasing roughness. And also; the effect of the speed of rotation on the polishing process and the roughness values of Rq and Rz which the surface topography exhibited change were observed. As a result, in different abrasive head rotation, significantly affected brightness and roughness properties of the tested limestone varieties.

**Keywords:** Limestone, Roughness, Brightness, Abrasive head rotation

\* Sevgi ÇETİNTAŞ Akdeniz Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksek Okulu, Çevre Koruma ve Kontrol Programı, Antalya

\*\* Turgay TÜRK Maden Mühendisi

İletişim Yazarı: Sevgi (Gürcan) Çetintaş (scetintas@akdeniz.edu.tr)

## 1. GİRİŞ

Doğal taşlar, işlenebilirliği ya da cila tutma kabiliyeti sayesinde renk ve dokusal özelliklerini çok iyi yansıtmakta ve tarih boyunca tercih nedeni olmaktadır. Günümüzde kullanılan doğal taşların birçoğunun cilalı bir yüzeye sahip olması istenmektedir.

Türkiye'nin doğal taş sektöründeki ihracat ürün kompozisyonuna baktığımızda; blok ve işlenmiş mermerin 2017 yılı ihracatının sırasıyla yaklaşık 1 milyar 97 milyon ve 900 milyon ABD Doları ile ilk sıralarda yer aldığı görülmektedir. Ancak, işlenmiş mermer ihracatı sürekli artmakla birlikte, uluslararası piyasada henüz istenilen seviyeye ulaşmadığı görülmektedir. Özellikle uygun makine parametrelerinin belirlenmesi, abrasiv serilerinin taşa uygun seçilmesi ve doğal taşların fiziko-mekanik, petrografik ve kimyasal özelliklerinin tanımlanması ile parlatmadaki olumsuz etkilerin ortadan kaldırılabileceği bilinmektedir. Bu nedenle, çok çeşitli renk ve dokuya sahip doğal taşların etkin bir şekilde parlatılabilmesi Türkiye doğal taş sektörüne büyük yararlar sağlayacaktır.

Doğal taşların parlatılmasında etkili olan birçok parametre bulunmaktadır. Bunlar incelendiğinde, parlatma işleminin oldukça karmaşık bir mekanizmaya sahip olduğu anlaşılmaktadır. Bunların genel olarak; makina parametreleri; aşındırma tipi, baskı kuvveti, bant hızı, silim ve cila taşlarının takıldığı disk, disklerin devir sayısı, hareket yönü ve hızıdır. Aşındırıcı parametreleri ise; aşındırıcı tane özellikleri, sertliği, tane boyutu, aşındırma elemanı içindeki dağılımı ve yüzdesi, tanelerin matris ile bağ yapısı, bağlayıcı matris özellikleri, aşındırıcı başlığın geometrik şekli ve parlatılan malzeme ile ilgili özellikler başlıkları altında incelemek mümkündür (Gürcan 2011).

Son yıllarda doğal taşların parlatılması ile ilgili birçok araştırma yapılmıştır. Yapılan çalışmalarda; makinanın bant hızı, abrasiv kafa basıncı, abrasiv kafaların devir hızları gibi parametreler tanımlanarak, farklı doğal taş gruplarında parlaklık ve pürüzlülük değerleri incelenmiştir. Görgülü (1998) tarafından yapılan çalışmada, laboratuvarında oluşturulan aşındırma düzeneği ve mermer fabrikalarında kullanılan cila makinasında parlatma işlemi gerçekleştirilmiş, parlaklık ve pürüzlülük değerlerini incelemiştir. Sarı ve Yavuz (2001) çalışmalarında, aynı abrasiv serisinde ve aynı silim hattından alınan mermer örneklerinde parlaklık değerlerinin homojen bir dağılım göstermediğini, bazı örneklerin parlaklık açısından yeterli düzeyde olmadığını belirlemişlerdir. Yavuz vd. (2010 a,b), endüstriyel çaplı cila makinasında, aşındırıcı disklerin dönme hızı ve basınçlarını sabit tutarak değişik bant hızlarında karbonat kökenli doğal taşlarda parlatma deneyleri yapmışlardır. Bu çalışmalara ek olarak, makine parametreleri optimize edilmemiş, çalışmalar genellikle farklı abrasiv serilerinde, bant hızında ve kafa basınçlarında yürütülmüştür. Ersoy vd. (2013) mermerlerin parlatılmasında abrasiv kafa devirlerinin parlaklık ve pürüzlülüğe etkisini araştırmışlardır. Son yıllarda yapılan bir diğer çalışmada Ersoy vd. (2014) mermer parlatma sürecinde bant hızının yüzey kalitesine etkisini araştırmışlardır.

Literatürde, mineralojik ve petrografik özellikler ile fiziksel ve mekanik özelliklerin parlatmaya etkilerinin incelendiği çalışmalar da bulunmaktadır. Wright ve Rouse (1993), parlatma işleminde parlatma kafalarının basıncı, devir hızı, besleme hızı, seçilen abrasivler ve yapıları gibi birçok faktörün etkili olduğunu, pürüzlülüğün granitlerin tane sınırları geçişlerinde ve mineral kristallerinin özelliklerindeki farklılaşmaya bağlı olarak değiştiğini belirtmiştir. Gökaltun (1997), fiziksel ve kimyasal yapıları ile yüzey dokuları açısından farklılık gösteren kireçtaşlarının parlaklık kaybını araştırmış ve bunlarla parlaklık değişimi arasında bir ilişkinin varlığını tespit etmiştir. Erdoğan (2000) çalışmasında; porozite, farklı kristal sınırları, dilinimler, mikro çatlaklardaki dolgular, kristal yönelme ve kesme düzlemi arasındaki eğiklik gibi faktörler yüzey parlaklığını negatif yönde etkilediğini belirtmiştir. Çelik ve Kavuşan (2001) ise, parlaklık ve ışık yansımalarının, doğrudan mermerlerin kristal yapısından kaynaklandığını ve taşın gözenekli bir yapıda olmasının taşın yüzeyindeki boşlukların izole edilmesinden dolayı cilalama işleminin kalitesini etkilemediğini öne sürmüşlerdir. Uğur ve Gündüz (2003) ile Karaca (2008) tarafından yapılan çalışmalarda, mermerlerde gözeneklilik dağılımının

parlatmaya etki eden parametrelerden biri olduğunu belirtmişlerdir. Kekeç vd. (2006) çalışmalarında, kayaların mekanik davranışlarının belirlenmesinde, kayaç kesme, delme ve parlatma ekipmanlarının performans tahminlerinde kayacın dokusal özelliklerinin en büyük faktör olduğunu belirtmektedir. Gürcan vd. (2013) mermerlerin parlatılmasında, aynı abrasiv serisi, sabit bant hızı ve kafa basıncında mineralojik özelliklerin etkisini incelemişlerdir.

Fabrikalarda kullanılan cila makineleri dışında, laboratuvar ölçekli parlatma cihazlarında granit ve seramik örneklerde parlatma işlemi yapılan bazı çalışmalarda, mineralojik bileşimin aşınma mekanizmasına etkisi araştırılmıştır. Bunun dışında, pürüzlülük ve parlaklık ölçümlerinin yanısıra yüzeydeki aşınma mekanizmalarının taramalı elektron mikroskobu (SEM)'de incelendiği çalışmalar da bulunmaktadır (Shen ve Xu 2007, Dai *et al.* 2006, Shen *et al.* 2006, Li *et al.* 2006; Xu *et al.* 2003).

Özellikle uygun makine parametrelerinin belirlenmesi, abrasiv serilerinin taşa uygun seçilmesi ve doğal taşların fiziko-mekanik, petrografik ve kimyasal özelliklerinin tanımlanması ile parlatmadaki olumsuz etkilerin ortadan kaldırılabileceği bilinmektedir. Bu nedenle, çok çeşitli renk ve dokuya sahip doğal taşların etkin bir şekilde parlatılabilmesi Türkiye doğal taş sektörüne büyük yararlar sağlayacaktır. Doğal taşların parlatılması üzerine günümüze kadar yapılan çalışmalarda eksiklikler göz önüne alınarak planlanan bu çalışmada, sabit bant hızı, kafa basıncı ve su miktarında sedimanter kökenli kireçtaşlarından seçilen örneklerin (Burdur Bej ve Bursa Emperador) Ra, Rq ve Rz pürüzlülük parametrelerinin ve parlaklık değerlerinin abrasiv serisine bağlı olarak farklı kafa devri ile parlatılmasındaki değişim incelenmiştir.

## 2. MATERYAL ve METOT

### 2.1. Materyal

Çalışmada, Afyonkarahisar'da mermer fabrikalarından temin edilen sedimanter kökenli Burdur Bej ve Bursa Emperador örneği kullanılmıştır. Deneylede, 30x30x2 cm boyutlarında ham plakalar kullanılmıştır. Parlatma işleminin gerçekleştirilebilmesi için cila makinasında, Frankfurt tipi 60 nolu, 80 nolu, 120 nolu, 220 nolu, 320 nolu manyezit bağlı, 400 nolu, 600 nolu, 800 nolu sentetik abrasivler ve 5-ekstra cila taşı kullanılmıştır.

### 2.2. Yöntem

Çalışmada kullanılan kireçtaşlarının fiziksel ve mekanik özellikleri TS EN standartları dikkate alınarak, yoğunluk (TS EN 1936), su emme (TS EN 13755), ses ilerleme hızı (TS EN 14579), basınç dayanımı (TS EN 1926), eğilme dayanımı (TS EN 13161), aşınma dayanımı (TS EN 14157) deneyleri yapılmıştır. Ayrıca, ISRM standardına göre nokta yük ve Schmidt sertliği (1981) deneyleri Afyon Kocatepe Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölüm Laboratuvarında yapılmıştır. Bunun yanı sıra; mineralojik ve petrografik özelliklerin tanımlanması amacıyla polarizan mikroskop incelemeleri Afyon Kocatepe Üniversitesi, Doğal Taş Analiz laboratuvarındaki Nikon Eclipse 2V100POL marka polarizan mikroskopta yapılmıştır.

Çalışmada kullanılan tam otomatik bilgisayar kontrollü cila makinası, iki kalibre ve dört adet abrasiv kafadan oluşmaktadır. Makinanın kalibre genişliği 500 mm, abrasiv genişliği ise 400 mm'dir. Cila makinası, mekanik olarak düşey düzlemde yukarı-aşağı hareket eden kalibratör ile düşey düzlemde yukarı-aşağı ve köprü aracılığıyla yatay düzlemde sağa-sola hareket mekanizmasına sahiptir (Şekil 1).



**Şekil 1:**  
*Deneylerde kullanılan cila makinasının genel görünümü*

İnka (2005) ve Gürcan (2011)'ın çalışmaları dikkate alınarak, en uygun bant hızı 1.0 m/dk olarak seçilmiştir. Parlatma işlemi sırasında açığa çıkan ısı ve atıkları ortamdaki uzaklaştırmak için kafa başına en uygun su miktarı 50 lt/dk olarak alınmıştır. Kullanılan cila makinasının özellikleri dikkate alınarak her aşındırıcı kafada beş adet abrasiv kullanılmış ve abrasiv kafaların dönme hızı 400 dv/dk, 600 dv/dk ve 800 dv/dk olarak belirlenmiştir. Çalışmadaki tüm örnekler kalibre işlemine tabi tutulmuş, daha sonra abrasiv serisi ve abrasiv devirleri dikkate alınarak parlatma işlemi gerçekleştirilmiştir. İşlemi tamamlanan plakaların yüzeylerinde, pürüzlülük ve parlaklık ölçümleri yapılmıştır.

Bu çalışmada kireçtaşı örneklerinin pürüzlülük değerleri PHYNIX Manuel TR200 marka pürüzlülük ölçer ile yapılmıştır. Pürüzlülük ölçümlerinde, her bir abrasiv numarasında parlatılan plakaların yüzeyleri üzerinde 5x5 cm boyutlarında kare şeklindeki 16 bölgeye ayrılmış, her bölgenin orta noktasından Ra, Rq, Rz pürüzlülük değerleri ölçülmüştür (Şekil 2). Pürüzlülük ölçümlerinde, ölçüm uzunluğu 2.5 mm ve cut-off değeri ise 0.8 olarak alınmıştır.

Çalışmada parlaklık değerleri ise, Novo Gloss Trio marka glossmetre ile ölçülmüştür. Parlatma işlemi yapılan tüm doğal taşlarda abrasiv numaraları dikkate alınarak, parlaklık ölçümleri yapılmıştır (Şekil 3). Her plaka yüzeyinde 16 adet noktadan 60°'lik açıda parlaklık değeri elde edilmiştir.



**Şekil 2:**  
*Pürüzlülük değeri ölçümü.*



**Şekil 3:**  
*Parlaklık değeri ölçümü.*

### 3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Sabit makine parametrelerinde kireçtaşı örneklerine ait üç farklı pürüzlülük parametresi ve parlaklık değerlerinin abrasiv serisine bağlı olarak farklı kafa devri ile parlatılmasındaki değişim incelenmiştir. Elde edilen bulgular ve tartışmalar bu bölümde başlıklar halinde verilmiştir.

#### 3.1. Fiziksel ve Mekanik Özellikler

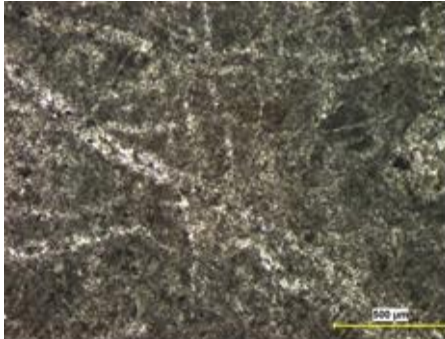
Örneklerin parlatılmasının belirlenmesinde fiziksel özelliklerin etkisini belirleyebilmek amacıyla fiziksel ve mekanik özellikler incelenmiştir. Örneklere ait elde edilen sonuçların ortalama değerleri Tablo 1’de verilmiştir. Burdur bej örneğinin su emme oranı ve aşınma dayanım değerleri Bursa Emperador örneğine göre daha az olduğu tespit edilmiştir. Diğer fiziksel mekanik özelliklerin birbirlerine yakın değerlere sahip olduğu belirlenmiştir.

**Tablo 1. Örneklere ait Fiziksel ve Mekanik Özellikler**

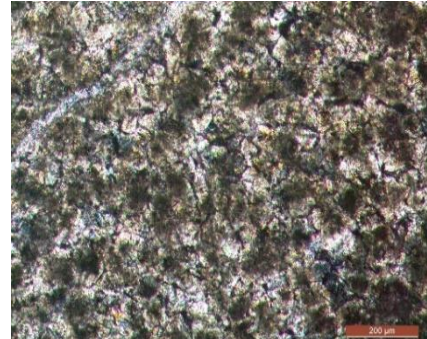
Deney İsimleri	Burdur Bej	Bursa Emperador
Su emme (%)	0,10	0,80
Görünür Yoğunluk ( $\text{kg/m}^3$ )	2670	2670
Özgül Kütle ( $\text{kg/m}^3$ )	2720	2830
Sabit moment altında eğilme dayanımı (MPa)	5,63	4,85
Ses İlerleme Hızı (km/sn)	5,64	5,60
Aşınma Dayanımı (mm)	16,70	18,46
Basınç Dayanımı (MPa)	146,80	148,10
Schmidt Sertliği	64,00	68,00
Nokta yükleme (kN)	10,20	11,80

#### 3.2. Mineralojik ve Petrografik özellikler

Bu çalışmada incelenen Burdur bej örneğinde hakim mineral mikrokristalin kalsit kristalleridir. Kalsit tane boyutu 2-15  $\mu\text{m}$  arasında değişmektedir. Örnekte gözlenen çatlakların genişliği 10-1000  $\mu\text{m}$ ’dir. İkincil kalsit kristalleri tarafından doldurulmuştur. Bu kalsitlerin tane boyutu 3-430  $\mu\text{m}$  arasında gözlenmiştir (Şekil 4). Bursa Emperador örneğinde ise; kayacın birincil ve ikincil kalsit kristallerinden oluştuğu belirlenmiştir. Bu örneğin kristal şekli ksenomorftur. Birincil kalsit minerallerinin tane genişliği 20-680  $\mu\text{m}$  arasında, ikincil kalsit kristalleri ise 0,4-26  $\mu\text{m}$ ’dir. Örnekte bulunan çatlak genişliği ise 2,7-265  $\mu\text{m}$  arasında değişmektedir (Şekil 5).



**Şekil 4.**  
Burdur Örneği ince kesit görüntüsü.



**Şekil 5.**  
Bursa Emperador Örneği ince kesit görüntüsü.

### 3.3. Parlaklık ve Pürüzlülük ölçümleri

Sabit makine parametrelerinde kireçtaşı örneklerine ait üç farklı pürüzlülük parametresi ve parlaklık değerlerinin ölçümleri yapılmıştır. Bu çalışmada elde edilen mermerlere ait pürüzlülük ve parlaklık değerlerine ait ortalama sonuçlar Tablo 2 ve Tablo 5’de verilmiştir.

**Tablo 2. Örneklerin 400 dv/dk’a ait pürüzlülük değerleri.**

		Burdur Bej			Bursa Emperador		
		Pürüzlülük ( $\mu\text{m}$ )			Pürüzlülük ( $\mu\text{m}$ )		
		Ra	Rq	Rz	Ra	Rq	Rz
Abrasive Serisi	80	0,96±0,101	1,196±0,131	4,643±0,742	1,346±0,258	1,672±0,314	6,466±1,794
	120	0,873±0,098	1,08±0,113	4,483±0,585	0,932±0,112	1,208±0,286	4,57±0,846
	220	0,73±0,093	0,972±0,117	3,826±0,402	0,920±0,106	1,149±0,194	4,023±0,703
	320	0,402±0,078	0,513±0,096	2,324±0,347	0,509±0,069	0,664±0,088	2,616±0,541
	400	0,261±0,024	0,347±0,046	1,613±0,251	0,335±0,049	0,488±0,057	2,022±0,444
	600	0,243±0,035	0,341±0,057	1,535±0,224	0,294±0,084	0,484±0,068	1,832±0,304
	800	0,184±0,029	0,267±0,055	1,25±0,175	0,385±0,069	0,517±0,073	1,347±0,194
	Cila	0,152±0,013	0,224±0,041	1,048±0,083	0,191±0,015	0,302±0,051	1,107±0,095

**Tablo 3. Örneklerin 600 dv/dk’a ait pürüzlülük değerleri.**

		Burdur Bej			Bursa Emperador		
		Pürüzlülük ( $\mu\text{m}$ )			Pürüzlülük ( $\mu\text{m}$ )		
		Ra	Rq	Rz	Ra	Rq	Rz
Abrasive Serisi	80	0,851±0,091	1,102±0,231	4,087±0,566	1,181±0,224	1,464±0,367	4,919±0,878
	120	0,687±0,093	0,757±0,109	3,644±0,571	0,927±0,100	1,125±0,184	3,967±0,826
	220	0,623±0,087	0,747±0,098	2,93±0,414	0,687±0,080	0,873±0,102	3,315±0,794
	320	0,377±0,067	0,486±0,075	2,243±0,310	0,435±0,087	0,527±0,074	1,826±0,351
	400	0,234±0,069	0,295±0,058	1,351±0,178	0,278±0,080	0,39±0,095	1,631±0,294
	600	0,117±0,027	0,700±0,082	0,868±0,092	0,190±0,046	0,293±0,094	1,265±0,244
	800	0,105±0,030	0,157±0,040	0,75±0,066	0,183±0,042	0,286±0,058	1,160±0,204
	Cila	0,048±0,010	0,069±0,014	0,372±0,091	0,079±0,012	0,124±0,040	0,656±0,096

**Tablo 4. Örneklerin 800 dv/dk'a ait pürüzlülük değerleri.**

		Burdur Bej			Bursa Emperador		
		Pürüzlülük ( $\mu\text{m}$ )			Pürüzlülük ( $\mu\text{m}$ )		
		Ra	Rq	Rz	Ra	Rq	Rz
Abrasive Serisi	80	0,736±0,108	0,907±0,124	3,317±0,680	1,079±0,214	1,337±0,271	4,711±0,810
	120	0,546±0,083	0,685±0,090	2,710±0,630	0,679±0,100	0,850±0,178	2,944±0,640
	220	0,580±0,072	0,712±0,098	2,792±0,664	0,567±0,081	0,688±0,120	2,625±0,471
	320	0,370±0,088	0,467±0,096	1,945±0,420	0,334±0,068	0,418±0,080	1,835±0,324
	400	0,199±0,050	0,257±0,062	1,226±0,237	0,169±0,031	0,235±0,071	0,993±0,184
	600	0,075±0,022	0,103±0,041	0,540±0,100	0,084±0,034	0,125±0,080	0,733±0,120
	800	0,070±0,008	0,094±0,013	0,507±0,092	0,082±0,013	0,124±0,086	0,694±0,114
	Cila	0,020±0,007	0,033±0,011	0,223±0,097	0,029±0,010	0,039±0,013	0,203±0,082

**Tablo 5. Örneklerin kafa devrine ait parlaklık değerleri (Gloss).**

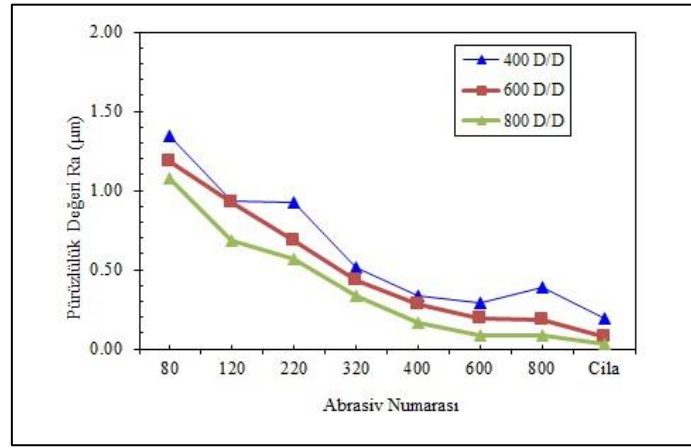
Örnek	Burdur Bej			Bursa Emperador			
	Kafa Devri (dv/dk)			Kafa Devri (dv/dk)			
	400	600	800	400	600	800	
Abrasive Serisi	80	2,72±0,64	2,53±0,78	2,26±0,82	1,73±0,85	1,69±0,88	5,96±1,44
	120	3,34±1,17	3,41±1,04	2,45±0,86	2,55±0,80	2,16±0,90	9,89±2,83
	220	2,67±1,06	2,92±1,00	2,49±0,91	2,25±0,87	2,28±0,69	12,51±2,45
	320	3,91±1,28	3,98±1,41	3,12±1,04	3,02±1,08	3,26±0,97	35,92±4,56
	400	5,83±1,84	6,84±2,06	4,84±1,84	8,42±2,17	11,07±2,81	62,88±5,83
	600	15,98±3,34	20,58±3,81	8,66±2,25	18,22±3,41	29,51±3,60	74,81±4,30
	800	21,49±3,51	26,87±3,46	11,62±3,02	26,51±3,87	35,08±4,05	73,13±4,61
	Cila	30,53±4,22	34,81±4,04	73,38±4,20	39,02±4,12	37,70±4,48	75,70±4,82

### 3.4. Pürüzlülük Değişimi

Bu çalışmada ele alınan pürüzlülük parametreleri Ra, Rq ve Rz değerleridir. Yüzey pürüzlülük parametreleri; genişlik parametreleri, alan parametreleri ve karma parametreler olmak üzere üç grupta incelenmektedir. Yüzey topografyasının karakterizasyonunda en önemli parametre genişlik parametresidir (Gadelmawla *et al.* 2002). Genişlik parametresi olarak Ra, Rq ve Rz ifadeleri kullanılmaktadır. Ra parametresi, ölçülen uzunluktaki orta çizgi üzerinde kalan düzensiz pürüzlüklerin mutlak ortalaması olarak tanımlanır. Kalite kontrol için çok sıklıkla kullanılmakta ve merkez çizgi ortalaması olarak da isimlendirilmektedir. Bu parametre çok kolay tanımlanır ve ölçülür. Ancak profildeki küçük değişimlere duyarlı değildir ve dalga boyu uzunluğu hakkında herhangi bir bilgi vermemektedir. (Rq) parametresi, yüzey yükseklikleri dağılımının standart sapmasını göstermektedir. Bu yüzden, istatistiksel yöntemlerle yüzey pürüzlülüğünün açıklanmasında kullanılabilir en önemli parametredir. Bu parametre, aritmetik ortalama yüksekliği (Ra) değerine göre daha hassastır. Rz parametresi ise, ölçümü

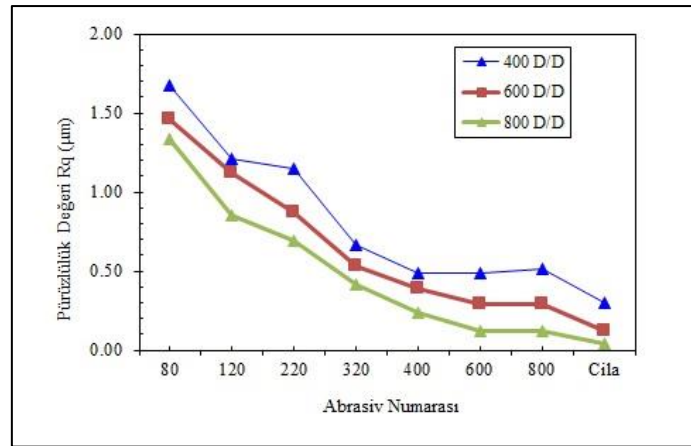
yapılan pürüzlü malzeme yüzeyinde bulunan yüksek noktalar (tepe) ve düşük noktalar (vadiler) arasındaki ilişkiyi kapsamından dolayı, Ra parametresine göre daha hassas bir değere sahiptir (Gadelmawla *et al.* 2002).

Bursa Emperador kireçtaşında farklı abrasiv kafa devri ile yapılan parlatma işlemi sonucunda elde edilen pürüzlülük değerlerinin herbiri, abrasiv numarasına bağlı olarak Şekil 6 ve Şekil 8’de verilmiştir. Şekil 6 incelendiğinde, artan abrasiv numarasına bağlı olarak pürüzlülük değerinin azaldığı görülmektedir. Ayrıca devir hızları dikkate alındığında, abrasiv kafa devri arttıkça pürüzlülük değerinde azaldığı görülmektedir. Şekil 7 ve Şekil 8’de verilen Rq ve Rz pürüzlülük parametrelerinde de benzer eğilimin sergilendiği gözlenmektedir. Bursa Emperador örneğinde; Ra değeri 400 dv/dk ve 600 dv/dk kafa devrinde; 120, 320 ve 400 nolu abrasivlerde birbirine çok yakın pürüzlülük değerlerine sahip olduğu tespit edilmiştir. Ancak Rq ve Rz pürüzlülük parametresinde sözkonusu devirlerdeki pürüzlülük değerlerinde değişim sözkonusudur. Rz parametresinin, malzeme yüzeyinde bulunan yüksek noktalar (tepe) ve düşük noktalar (vadiler) arasındaki ilişkiyi kapsamından dolayı, Ra parametresine göre daha hassas bir değer elde edildiği belirlenmiştir.



**Şekil 6:**

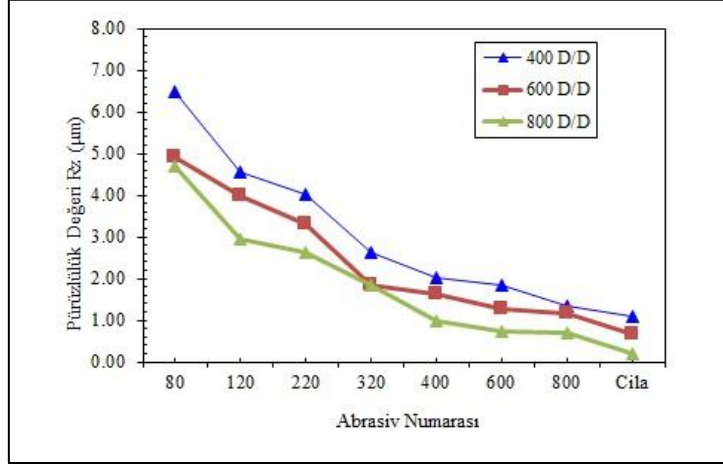
*Bursa Emperador örneğine ait Ra pürüzlülük değişimi*



**Şekil 7:**

*Bursa Emperador örneğine ait Rq pürüzlülük değişimi*

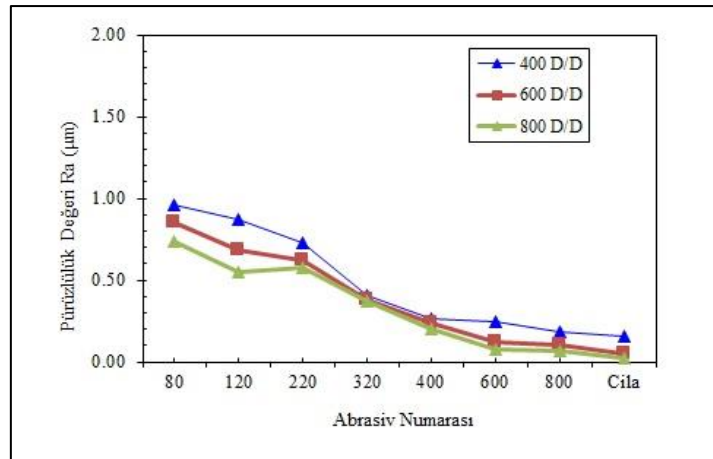




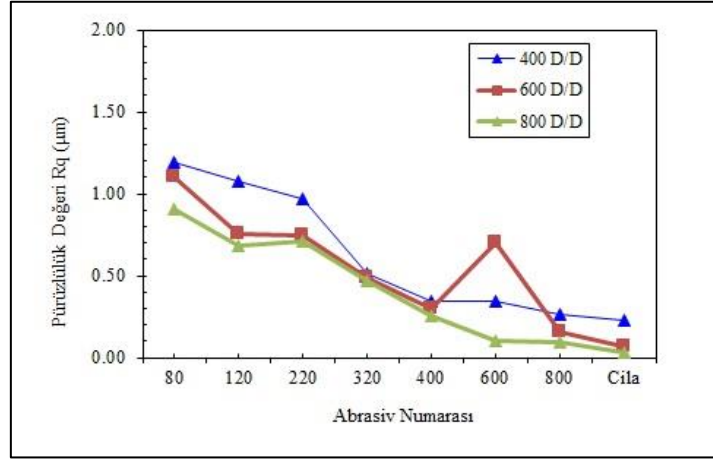
**Şekil 8:**  
*Bursa Emperador örneğine ait Rz pürüzlülük değişimi*

Burdur kireçtaşında yapılan parlatma işlemi sonrası, pürüzlülük (Ra) - abrasiv numarası grafiği incelendiğinde; 80 nolu abrasiv ve 400 dv/dk'da parlatılan yüzeyin pürüzlülük değeri 0.960 µm, cilalı yüzeyin pürüzlülük değeri ise 0.152 µm olarak ölçülmüştür (Şekil 9). 800 dv/dk abrasiv devir hızında ise; 80 nolu abrasivdeki pürüzlülük değeri 0.736 µm, cilalı yüzeyde ise 0.020 µm'dir. Artan abrasiv numarasına bağlı olarak, pürüzlülük değerinin azalırken, abrasiv devir hızının artışına bağlı olarak pürüzlülük değeri azalmaktadır. Bunun yanısıra; Ra parametresinin tüm devir hızlarında birbirlerine yakın değerlere sahip olduğu tespit edilmiştir.

Çalışmada Rq pürüzlülük değerine ait grafik incelendiğinde; kireçtaşının 80 ile 400 nolu abrasivlerle parlatılan yüzeylerinin pürüzlülük değerlerinde devir hızının artmasına bağlı olarak bir azalma elde edilirken, 600 nolu abrasive ait pürüzlülük değerinde aynı eğilimi göstermediği görülmektedir (Şekil 10). Daha önceki çalışmada, bir seride aynı plaka kullanılmadığı için, pürüzlülük değerlerinde bu tür farklılıkların gözlenmesinin doğal karşılanması gerektiği belirtilmiştir (Gürcan 2011). Bu değerlendirme doğrultusunda, Burdur kireçtaşındaki bu değişimin gerek farklı plaka kullanımından gerekse çatlak genişliği değerinin 10-1000 µm olmasından dolayı, pürüzlülük değerinin arttığı söylenebilir.



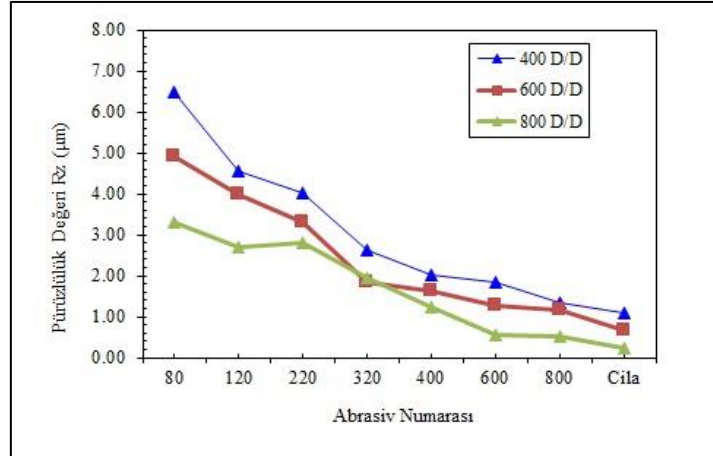
**Şekil 9:**  
*Burdur Bej örneğine ait Ra pürüzlülük değişimi*



Şekil 10:

Burdur Bej örneğine ait Rq pürüzlülük değişimi

Şekil 11’de görüldüğü gibi, artan abrasiv numarasına bağlı olarak pürüzlülük değeri azalmıştır. Ancak, Ra pürüzlülük parametresine kıyasla en önemli durum, parlatma sonrası Rz pürüzlülük değerinin en yüksek değere sahip olmasıdır. Tanovic vd. (2009), çalışmalarında, mermer yüzey parlatma mekanizmasının karışık bir işlem olduğu, özellikle talaş yapı mekanizması, parlatma metodu, abrasivlerdeki aşındırıcı tane dağılımı ve abrasiv yapılarının bu süreçte önemli olduğu belirtmişleridir. Bu değerlendirmeye göre, farklı devir hızlarında yapılan parlatma işleminde talaş yapısının değişmesinden dolayı, pürüzlülük parametresi Rz değerinin arttığı düşünülmektedir.



Şekil 11:

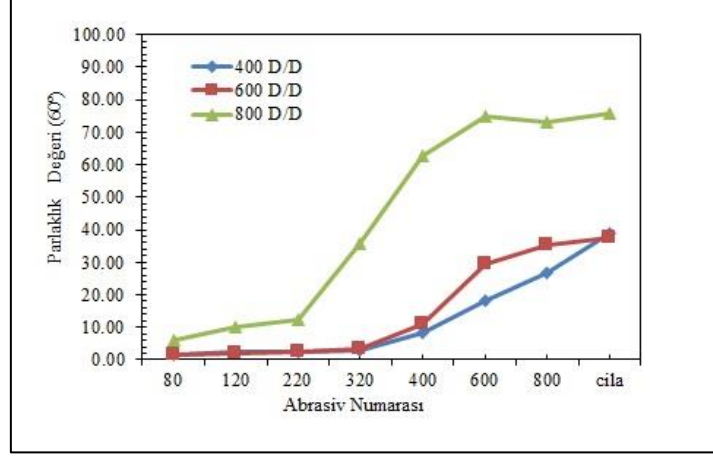
Burdur Bej örneğine ait Rz pürüzlülük değişimi

### 3.5. Parlaklık Değişimi

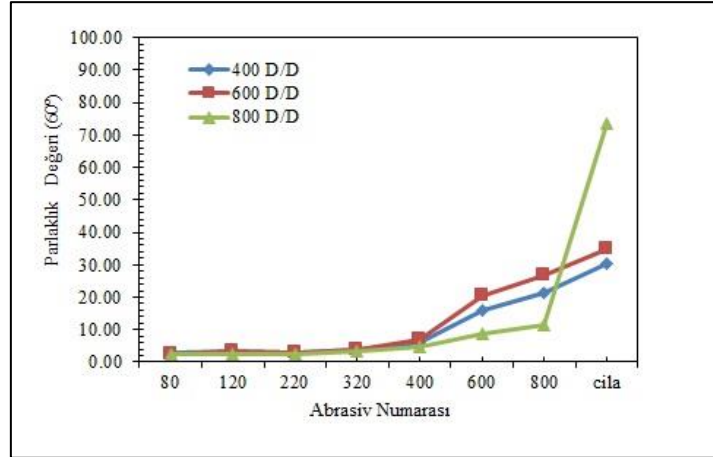
Bu çalışmada, aynı abrasiv numarası ve bant hızı dikkate alınarak iki farklı kireçtaşı örneğine ait ortalama parlaklık değerleri farklı kafa devirlerindeki değişimleri incelenmiştir. Her iki örneğinde kafa devirlerine bağlı parlaklık değerlerinin değiştiği gözlemlenmiştir.

Bursa Emperador kireçtaşına ait farklı kafa devrine bağlı parlaklık değişim grafiği Şekil 12’de verilmiştir. Şekil incelendiğinde; parlaklık değerinin 400 dv/dk’da 80 nolu ve cila arasında 1,73 ile 39,02 gloss arasında değiştiği görülmektedir. Kafa devri 600 dv/dk’da, 1,69 ile 37,70 gloss, 800 dv/dk’da ise abrasiv numarasına bağlı olarak parlaklık değeri 5,96 ve 75,70

gloss olarak ölçülmüştür. Bu örnekte en iyi parlaklık değerine 800 dv/dk'da elde edilmiştir. Parlatma performansı incelendiğinde, 400 dv/dk ile 600 dv/dk'nın 800 dv/dk'ya oranla düşük değerlere sahip olduğu tespit edilmiştir.



**Şekil 12:**  
*Bursa Emperador örneğine ait parlaklık değişimi*



**Şekil 13:**  
*Burdur örneğine ait parlaklık değişimi*

Şekil 13'de görüleceği üzere, artan abradiv numarasına bağlı olarak Burdur kireçtaşının parlaklık değerlerinde üstel bir artış değişimi gözlenmiştir. Burdur kireçtaşına ait parlaklık değerinin 80-400 nolu abradivler arasında her üç devir hızında da birbirine çok yakın değerlere sahip olduğu görülmektedir. Öyleki; 400 dv/dk'da 2,72 ile 5,83 gloss arasında, 600 dv/dk'da 2,53 ile 6,84 gloss arasında, 800 dv/dk'da ise 2,26 ile 4,84 gloss arasında değişmektedir (Tablo 5). Daha sonra; 600 ve 800 nolu abradivler arasında parlaklık değerinin artış gösterdiği belirlenmiştir. Cila sonrası Burdur kireçtaşının parlaklık değeri 800 dv/dk'da ani bir artış göstermiştir. Buna göre; cila sonrası parlaklık değeri 400 dv/dk'da 30,53 gloss, 600 dv/dk'da 34,81 gloss ve 800 dv/dk'da 73,38 gloss'dur. Daha önceki yapılan farklı parametrelere bağlı çalışmalarda da sedimenter kökenli doğal taşların cila sonrası parlaklık değeri yaklaşık 30 ile 45 gloss arasında değiştiği tespit edilmiştir (Ersoy vd. 2013; Gürcan ve Öztürk 2013). Parlaklık değerinin 800 dv/dk'da diğer devir hızlarından daha yüksek olmasının en önemli sebebi, Burdur kireçtaşının mikrokristalin kalsit kristallerinin hakim olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

#### 4. SONUÇLAR

Bu çalışmada, sabit bant hızı, kafa basıncı ve su miktarında iki adet kireçtaşı örneğinin parlatılmasında farklı kafa devrinin etkisi araştırılmıştır. Çalışmadan elde edilen başlıca sonuçlar şunlardır:

- i. Parlatma deneyleri sonucunda, genel olarak azalan abrasiv serisine bağlı olarak pürüzlülüğün azaldığı ve parlaklığın arttığı gözlenmiştir.
- ii. Kafa devrinin artmasına bağlı olarak pürüzlülüğün azaldığı, parlaklığın arttığı tespit edilmiştir. Kafa devirleri dikkate alındığında, 400 dv/dk ile parlatılan örneklerin daha düşük parlaklık değerine, 800 dv/dk ile parlatılan örneklerin en yüksek parlaklık değerine sahip olduğu tespit edilmiştir.
- iii. Bursa Emperador örneğinde; Ra değeri 400 dv/dk ve 600 dv/dk kafa devrinde; 120, 320 ve 400 nolu abrasivlerde birbirine çok yakın pürüzlülük değerlerine sahip olduğu tespit edilmiştir. Ancak Rq ve Rz pürüzlülük parametresinde sözkonusu devirlerdeki pürüzlülük değerlerinde değişim sözkonusudur.
- iv. Burdur kireçtaşının artan abrasiv numarasına bağlı olarak, pürüzlülük değerinin azalırken, abrasiv devir hızının artışına bağlı olarakta pürüzlülük değeri azalmaktadır. Bunun yanı sıra; Ra parametresinin tüm devir hızlarında birbirlerine yakın değerlere sahip olduğu tespit edilmiştir.
- v. Elde edilen bulgular ışığında, Ra parametresinin tüm devir hızlarında birbirlerine yakın değerlere sahip olduğu tespit edilmiştir. Ancak Rq ve Rz pürüzlülük parametresinde sözkonusu devirlerdeki pürüzlülük değerlerinde değişim sözkonusudur. Rz parametresinin, malzeme yüzeyinde bulunan yüksek noktalar (tepe) ve düşük noktalar (vadiler) arasındaki ilişkiyi kapsamamasından dolayı, Ra parametresine göre daha hassas bir değer elde edildiği belirlenmiştir. Bu nedenle, daha sonraki çalışmalarda Rz parametresinin de dikkate alınması gerektiği düşünülmektedir.
- vi. Sonuç olarak, abrasiv kafa devrinin önceden belirlenmesiyle, mermer işleme tesislerinin parlatma işlemlerini daha verimli bir şekilde organize edebilecekleri anlaşılmıştır.

#### KAYNAKLAR

1. Çapık, M. Çavuşoğlu, İ. Yılmaz, A.O. (2010). Türkiye doğaltaş sektörüne genel bir bakış. *MERSEM 7. Uluslararası Mermer ve Doğaltaş Kongresi*, 107-116.
2. Çelik, M.Y. ve Kavuşan, G. (2001). Doğal taş ve mermerlere uygulanan yüzey şekillendirme teknikleri, *4.Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu*, 77-86.
3. Dai, L.Q. Qin, Q.C. and Xu, X.P. (2006). Study on the dependence of glossiness on the micro-uneven of natural granite surface. *Key Engineering Materials*, 304-305, 305-309. doi: 10.4028/www.scientific.net/KEM.304-305.305
4. Erdogan, M. (2000). Measurement of polished rock surface brightness by image analysis method, *Engineering Geology*, 57, 65-72. doi: 10.1016/S0013-7952(99)00148-9
5. Ersoy, M. Çelik, M.Y. Yeşilkaya, L. Geçer, G. (2013) Mermer parlatma sürecinde abrasiv kafa devrinin yüzey kalitesine etkisinin araştırılması, *Madencilik*, 52(4), 13-26.
6. Ersoy, M. Yeşilkaya, L. Çelik, M.Y. Geçer G. (2014) Mermer parlatma sürecinde bant hızının yüzey kalitesine etkisinin araştırılması, *Journal of Politeknik Dergisi*, 17(4), 153-160.
7. Gadelmawla, E.S. Koura, M.M. Maksoud T.M.A. Elewa, M. Soliman H.H. (2002). Roughness parameters. *Journal of Materials Processing Technology*, 123(1), 133-145. doi: 10.1016/S0924-0136(02)00060-2

8. Gürcan, S. (2011), Metamorfik kökenli mermerlerin parlatılmasında mineralojik ve petrografik özelliklerin etkisi, *Doktora Tezi*, AKÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Afyonkarahisar.
9. Gürcan, S. Goktan, R.M. Yıldız, A. (2013). Effect of mineralogical and microstructural properties on surface roughness and gloss of some ornamental marbles subjected to polishing process, *X-Ray Spectrometry*, 43, 70-78, doi: 10.1002/xrs.2492.
10. Gürcan, S. Öztürk E. (2014) Bazı kireçtaşlarının parlatılmasında farklı abrasivlerin etkisi, *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 14(2), 1-11. doi:10.5578/fmbd.7494
11. Gökaltun, E. (1997). Atmosferik kirleticilerin kuru ve ıslak çökeltme mekanizmalarının kireçtaşlarındaki parlaklık kaybına etkisi, *Doktora Tezi*, İ.T.Ü, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
12. Görgülü, K. (1998). Bazı mermer birimleri için optimum aşındırma-cilalama koşullarının araştırılması ve malzeme özellikleri ile ilişkilendirilmesi. *Doktora Tezi*, C.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Sivas.
13. ISRM, (1981). *Rock Characterization, Testing and Monitoring –ISRM Suggested Methods*, Pergamon Pres, 211.
14. İnka, (2005). *Mermer-Traverten-Granit Yüzey İşleme Güçlendirme Dolgu Koruma&Atık Su Arıtma Sistemleri*, TÜMMER, Ankara.
15. Karaca, Z. (2008). Effect of head pressure and abrasive series on surface roughness of marbles, *Surface Modification Technologies XXII*, University West, 289-296.
16. Kecec, B. Unal, M. Sensöğüt, C. (2006). Effect of the textural properties of rocks on their crushing and grinding features, *Journal of University of Science and Technology Beijing, Mineral, Metallurgy, Material*, 13, 385-392. doi: 10.1016/S1005-8850(06)60079-0
17. Li, Y. Huang, H. and Xu X.P. (2006). Gloss formation and its relationship with roughness in granite grinding. *Key Engineering Materials*, 304-305: 413-416. doi: 10.4028/www.scientific.net/KEM.304-305.413
18. Sarı, D. ve Yavuz, H. (2001). Mermer parlaklığının nicel tanımı. *Türkiye 3. Mermer Sempozyumu*, 265-275.
19. Shen, J.Y. Xu, X.P. (2007). Study on polishing rock minerals of natural stone. *Advanced Materials Research*, 24-25, 183-188. doi: 10.4028/www.scientific.net/AMR.24-25.183
20. Shen, J. Lin, W. Ohmori, H. Xu, X. (2006). Surface roughness characteristics of finely ground ceramics. *Materials Science Forum*, 532-533, 416-419. doi: 10.4028/www.scientific.net/MSF.532-533.416
21. Tanovic, L.J. Bojanic, P. Puzovic, R. Klimenko S. (2009). Experimental investigation of microcutting mechanisms in marble grinding, *Journal of Manufacturing Science and Engineering*, 131, doi: 10.1115/1.4000619.
22. TS EN 1936, (2001). Doğal Taşlar - Deney Metotları - Gerçek Yoğunluk, Görünür Yoğunluk, Toplam ve Açık Gözeneklilik Tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
23. TS EN 13755, (2003). Doğal Taşlar - Deney Metotları - Atmosfer Basıncında Su Emme Tayin, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
24. TS EN 14579, (2006). Doğal Taşlar - Deney Metotları - Ses Hızı İlerlemesinin Tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
25. TS EN 1926, (2000). Doğal Taşlar - Deney Metotları - Basınç Dayanım Tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

26. TS EN 14157, (2005). Doğal Taşlar - Deney Metotları – Aşınma Direnci Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
27. TS EN 13161, (2003). Doğal Taşlar – Deney Metotları – Sabit Moment Altında Eğilme Dayanımı Tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
28. Uğur, İ. ve Gündüz, L. (2003). mermer işleme fabrikalarında dar silim - geniş silim ve honlama işlemlerinde silim karakteristiklerinin irdelenmesi, *IV. Mermer Sempozyumu*, 99-116.
29. Wright, D.N. and Rouse C. (1993) Stone polishing measurement of surface finish, *Industrial Diamond Rev*, 10-13.
30. Yavuz, H. Ozkahraman, T. and Demirdag, S. (2010a) Polishing experiments on surface quality of building stone tile, *Construction and Building Materials*, 25 ,1707–1711. doi:10.1016/j.conbuildmat.2010.10.016
31. Yavuz, H. Ozkahraman, T. Demirdağ, S. (2010b) Doğaltaş plakalarının yüzey kalitesine bazı silim parametrelerinin etkisi, *7. Uluslararası Mermer Sempozyumu*, 419-426.
32. Xu, X.P. Huang, H, Li, Y. (2003) Material removal mechanisms in diamond grinding of granite, Part 1: The Morphological Changes of Granite from Sawing to Grinding. *Key Engineering Materials*, 250 215-221. doi: 10.4028/www.scientific.net/KEM.250.215