

# Mermer Parlatma Sürecinde Bant Hızının Yüzey Kalitesine Etkisinin Araştırılması

Metin ERSOY<sup>a\*</sup>, Liyaddin YEŞİLKAYA<sup>b</sup>, Mustafa Yavuz ÇELİK<sup>a</sup>, Gökhan GEÇER<sup>c</sup>

<sup>a\*</sup>Afyon Kocatepe Üniv. Afyon Meslek Yüksek Okulu, Doğal Yapıtaşları Teknolojisi Programı, Afyonkarahisar,

<sup>b</sup>Afyon Kocatepe Üniv. İncehisahar Doğaltaş Araştırma ve Uygulama Merkezi, Afyonkarahisar,

<sup>c</sup>Maden Mühendisi, Serbest

## ÖZET

Bu çalışmada, mermerlerin parlatılması aşamasında otomatik silim makinalarında bant hızının yüzey kalitesine etkisi araştırılmıştır. Bu amaçla Bursa Emprador, Bucak Traverten ve Muğla Beyaz adalarıyla tanınan 3 farklı numune üzerinde parlatma deneyleri yapılmış olup deneylerde, endüstriyel çapta, 2+4 kafalı otomatik darbant silim makinası kullanılmıştır. Deneyler, kafa basıncı ve devri sabit tutularak farklı bant hızlarında gerçekleştirilmiş ve sürecin belli aşamalarında yüzey özelliklerinin belirlemek amacıyla pürüzlülük ve parlaklık ölçümleri yapılmıştır.

Elde edilen veriler ışığında, mermerlerin parlatılması sürecinde kaba silim aşamasında pürüzlülüğün hızla düştüğü, ince silim aşamasında da parlaklığın hızla arttığı, parlaklık ve pürüzlülüğün ters orantılı değiştiği, bant hızının artmasıyla daha pürüzlü ve mat yüzeyler elde edildiği görülmüştür.

**Anahtar kelimeler:** Mermer, Aşındırma ve parlatma, Parlaklık ve pürüzlülük, Bant hızı

# Investigation of the Belt Conveyor Speed Effect to the Surface Quality in Marble Polishing Process

## ABSTRACT

In this study, the effect of belt conveyor speed on marble surface quality was investigated during the polishing process. For this purpose, three different samples which are known as Bursa Emprador (Limestone), Bucak Travertine, Muğla White (Marble), were tested by using automatic narrow polish machine with 2+4 heads. The polishing experiments were conducted in various belt conveyor speeds when the head pressure and rotation were stable. Then the surface brightness and roughness were measured to describe the surface quality in the some stage of the process.

As a result of the obtained data it was seen that the surface roughness are rapidly decreasing in the rough polishing stage of the process and the surface brightness are rapidly increasing in the fine polishing stage of the process. Brightness and roughness are changing inversely proportional, and smoother and brighter surfaces are obtained by decreasing the abrasive heads rotation.

**Keywords:** Marble, Abrasion and polishing, Brightness and roughness, Belt conveyor speed.

## 1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Mermer ve doğaltaşların işlenmesi, blokların kesilerek levha ve plakalar üretilmesi sonra bunların ebatlanması ve en son yüzey işleme işlemlerinden geçirilerek kullanıma hazır hale getirilmesi şeklinde gerçekleşir. Uygulamada, eskitme, ateşle yakma, kumlama vb. gibi birçok yüzey işleme yöntemi bulunmasına rağmen, en çok uygulanan yöntem aşındırma-parlatma yöntemidir.

Kesme işlemi sonucunda, kesilen yüzeylerde değişik derinlik ve genişliklerde pürüzler oluşmaktadır. Çok değişik renk ve desenlerde oluşum gösteren mermerler, aşındırma işlemi sonucunda yüzey pürüzlülükleri ortadan kaldırılarak parlatma işlemine tabi tutuldukları takdirde doğal güzelliklerini yansıtabilmekte ve dekoratif özellik sergileyebilmektedir. Bu nedenle, mermer işleme-

ciliğinde son aşama olarak aşındırma-parlatma işlemleri uygulanmaktadır [1]. Kolay ve iyi cila alan aynı zamanda da parlaklığını dış etkenlere karşı uzun süre koruyabilen mermer ve doğaltaş türleri, piyasa tarafından tercih edilmekte, hem kolay hem de yüksek fiyata alıcı bulmaktadır.

Mermer ve doğaltaş üretim süreci içerisinde aşındırma-parlatma aşaması, %30'lara varan maliyet payı ile önemli giderlerden birini oluşturmaktadır. Yüksek giderin, düşük kar marjı ve düşük gelir olduğunu göz önünde bulundurulduğunda, konunun önemi anlaşılabilmektedir [2].

Aşındırma-parlatma işlemi genellikle, büyük ebatlı levhalar için geniş bant silim makinalarında, daha küçük plakalar için ise darbant silim makinalarında yapılır. Makinaların çalışma prensibi, kafalara takılan aşındırıcıların döndürülmesi ve bant üzerinde hareket eden malzemeye belli bir basınçla temas ettirilmesi şeklindedir. Ayrıca ortama, sürtünmeden dolayı oluşan sı-

\* Sorumlu Yazar (Corresponding Author)

e-posta: metinersoy@aku.edu.tr

Digital Object Identifier (DOI) : 10.2339/2014.17.4. 153-160

çaklığın düşürülmesi ve aşınarak kopan kırıntıların ortamdandan uzaklaştırılması için, su beslenir. Silim makineleri tek kafalı olabildiği gibi birden fazla kafalı da olabilir. Kafa sayısı çok olan makinalarda, her bir kafaya, kalından inceye farklı numaralı aşındırıcılar takılarak çalışılır ve aşındırma işlemi kesintiye uğramadan devam ettirilir. Aşındırma işleminin en son aşaması parlatmadır ve parlatma, son bir veya iki kafaya asitik ( $H_2C_2O_4$ ) cila taşları takılarak yapılır. Bu aşamada suyla tepkimeye giren asit, özellikle karbonat kökenli doğaltaş yüzeyi üzerindeki ince pürüzleri de alır ve parlak bir görünüm kazanmasını sağlar.

Aşındırma-parlatma işleminde, nihai parlaklık ya da pürüzlülük değerini etkileyen faktörler, malzeme özellikleri ve çalışma parametreleri olarak iki ana grupta incelenebilir.

Malzeme özellikleri, mermer veya doğaltaşın kimyasal bileşimi, mineralojik-petrografik yapısı ve fiziksel-mekanik özellikleridir ki bu faktörler, değiştirilemez parametreler olarak adlandırılabilir. Çalışma parametreleri de, beslenen su miktarı, kafa basıncı, kafa devri ve bant hızıdır.

Su, ortam sıcaklığının düşürülmesi ve oluşan kırıntıların temizlenmesi için kullanılır. Yapılan çalışmalar, yetersiz suyun malzeme yüzeyindeki sıcaklığı artırdığını ve  $CaCO_3$  ı bozarak yanıklara neden olduğunu göstermiştir.

Kafa basıncı ise, aşındırıcılarla malzeme arasındaki sürtünmenin sağlanması için uygulanır ve malzeme özelliklerine göre belirlenir. Malzemenin gevrek ve kalınlığının az (ince) olması durumunda, kırılma yaşanmaması amacıyla, düşük basınçlar uygulanır. Malzemenin basınç dayanımının yüksek olması halinde bile, yüksek kafa basıncı uygulanması, aşındırıcı tüketimini artıracaktır.

Kafa devri, aşındırıcıların dönüş hızıdır ve aşındırıcı ile malzemenin temas miktarının bir ölçüsüdür. Bant hızı ise, aşındırıcı ile malzemenin temas süresinin bir ölçüsüdür. Başka bir ifade ile kafa devri, aşındırıcının birim alanın malzemenin birim alanına temas sayısının, bant hızı ise uygulama zamanının bir fonksiyonudur. Dolayısıyla kafa devrinin düşürülmesi ya da bant hızının artırılması, malzeme ile aşındırıcıların temas sürelerini azaltacağından, bu iki faktör birlikte değerlendirilebilir.

Mermer ve doğaltaşlarda parlaklık ve pürüzlülük konusu, birçok araştırmacı tarafından ele alınmıştır. Bunlardan bazıları aşağıda listelenmiştir.

- Wright ve Rouse (1993), çalışmasında mermerlerde, kesme işleminden parlatılma aşamasına kadar parlaklık ölçümleri yapmış ve mermerleri parlaklıklarına göre sınıflandırmışlardır [3].
- Erdoğan (2000), görüntü analiz yöntemiyle parlaklık ölçümleri yaparak cilalı doğaltaşları parlaklıklarına göre karşılaştırmıştır [4].
- Ersoy ve Köse (2001), mermer örneklerini, klasik aşındırıcılarla parlatmış ve yüzey kalitesi ile mekanik

özellikler arasındaki ilişkiyi araştırmışlardır. Ayrıca parlaklık ve pürüzlülük dağılımında elde edilen eğrinin eğimini, parlatma kolaylığı olarak tanımlamışlardır [5].

- Sarı ve Yavuz (2001), yaptıkları silme-parlatma deneylerinde ve ölçümlerde, aynı şartlar altında farklı tür mermerlerin ölçüm değerlerinin farklı olduğunu ve aynı numune üzerindeki farklı bölgelerin de farklı parlaklıklarda olduğunu belirtmişlerdir [6].
- Huang vd. (2002), yüzeyi işlenmiş parlak granitler üzerinde çalışmışlar ve yüksek yüzey parlaklığının düşük pürüzlü aşındırıcılarla elde edildiğini belirtmişlerdir [7].
- Görgülü vd. (2008), farklı mermer örneklerini klasik ve elmas aşındırıcılarla parlatarak parlaklık ve pürüzlülük ölçümleri yapmışlar ve abrasiv ve makina çeşidine göre parlaklık ve pürüzlülüklerdeki değişimi incelemişlerdir [8-9].
- Ribeiro ve Paraguassú (2008), silisli ebatlanmış levha yüzeylerinin pürüzlülüğü ile teknolojik özellikleri arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir [10].
- Oliveira vd (2009), süs kayaçlarının kron parlatmasında epoxy-kuvars esaslı yeni kompozitlerin kullanımını ve verimliliği konusunda çalışmışlardır [11].
- Wang vd (2009), parlatmada aşındırma sürecinde kaldırılan malzemenin derinliğinin modellemesini ve analizini yapmışlardır [12].
- Yavuz vd. (2011), doğaltaş fayansların yüzey kalitesi üzerine parlatma denemeleri yapmışlardır. Denemeleri sabit kafa devri, kafa basıncında farklı bant hızlarında gerçekleştirmişlerdir [13].
- Gürcan (2011), mermerlerin mineralojik ve petrografik özelliklerin parlaklık ve pürüzlülüğe etkisi konusunda deneyler yapmıştır [14].
- Karaca (2012), mermerlerde yüzey pürüzlülüğü ile mekanik özellikler arasındaki ilişkiyi incelemiştir [15].

Bu çalışmada, mermer örneklerinin aşındırıcı taşlarla temas süresinin nihai yüzey kalitesine etkisinin araştırılması amaçlanmış olup aşındırma ve parlatma sürecinde sabit kafa basıncı ve devrinde, farklı bant hızlarında yüzey pürüzlülüğündeki ve parlaklığındaki değişimler incelenmiştir. Bu amaçla, Tureks Mermer A.Ş. tarafından üretilip Bursa Emperador, Bucak Traverten ve Muğla Beyaz ticari adlarıyla pazarlanan üç doğaltaş türüne ait numuneler, aynı koşullar altında aşındırma ve parlatma işlemine tabi tutulmuş, elde edilen parlaklık ve pürüzlülük verileri değerlendirilmiştir.

## 2. MALZEME VE YÖNTEM (MATERIAL AND METHOD)

### 2.1. Malzeme (Material)

Çalışmada, kireçtaşı, traverten ve hakiki mermer olmak üzere, oluşumları bakımından farklılık gösteren 3 farklı ocaktan alınmış doğal taş numuneleri kullanılmıştır. Numunelerden Bursa Emprador, kireçtaşı türünde, breşik ve fosil içerikli, Bucak traverten, traverten türünde, boşluklu ve Muğla beyaz, hakiki mermer tü-

ründe ve kristalizedir. Numunelerin tamamı karbonat kökenli olup ürettikleri bölgeleri gösteren harita Şekil 1 de ve bazı özellikleri Tablo 1 de verilmiştir.



Bursa Emprador (BE) Bucak Traverten (BT) Muğla Beyaz (MB)

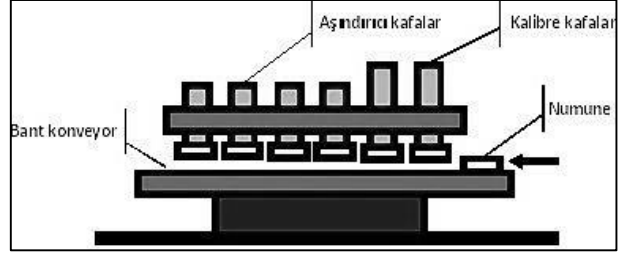
Şekil 1 Çalışmada kullanılan numuneler

Tablo 1. Çalışmada kullanılan mermerlerin fiziko-mekanik özellikleri\*

	Bursa Emperador (BE)	Bucak Traverten (BT)	Muğla Beyaz (MB)
Boyutlar (mm)	305x305x20	305x305x20	305x305x20
Mohs Sertliği	4	3-3.5	3
Knoop Sertliği	169	131	136
Ses Hızı İlerlemesi (km/s)	4.05	2.84	3.33
Birim hacim ağırlık (kg/m <sup>3</sup> )	2750	2530	2710
Özgül Ağırlık (kg/m <sup>3</sup> )	2340	2140	2500
Basınç Dayanımı (MPa)	177.02	58.58	82.84
Kırılma Enerjisi (Joule)	2.23	1.78	5.4
Eğilme Direnci (MPa)	14.9	10.58	14.1
Aşınma direnci (cm/50cm <sup>2</sup> )	1.8	3.3	4.08

\* Üretici firma verileri

Aşındırma-parlatma deneylerinde, AKÜ Müh. Fak. Maden Mühendisliği bölümü laboratuvarında bulunan ve endüstriyel çapta da üretim yapabilen TOYAMER marka, tam otomatik PLC (Programmable Logic Controller) darbant silim makinası kullanılmıştır. Makinanın çalışma parametreleri (bant hızı, kafa devri, kafa basıncı, su miktarı) manuel veya bilgisayar programı yardımıyla ayarlanabilmektedir. Makinada ikisi kalibre olmak üzere toplam 6 adet kafa bulunmaktadır. Makinanın bant genişliği 650 mm, abrasiv-cila genişliği (kafa çapı) 400 mm ve çalışma kalınlığı 8-60 mm dir (Şekil 2).



Şekil 2. Bantlı otomatik silim makinası (TOYAMER) ve şematik gösterimi



Şekil 3 Parlaklık (a) ve pürüzlülük (b) ölçüm cihazları

Deneylerde sırasıyla, endüstriyel uygulamalarda da kullanılan, 80, 120, 180 ve 280 numaralı magnezit, 320, 400, 600 ve 800 numaralı sentetik bağlı aşındırıcılar ile 5-extra cila taşı ve temizlik için keçe kullanılmıştır. Aşındırma-parlatma işlemine tabi tutulan numunelerin parlaklık ölçümleri MC-HDG 60<sup>II</sup> marka parlaklık ölçme cihazıyla, pürüzlülük ölçümleri ise, PHYNIX MANUEL TR200 marka pürüzlülük ölçme cihazıyla yapılmıştır (Şekil 3). Parlaklık ve pürüzlülük ölçme cihazlarına ait özellikler Tablo 2 de verilmiştir.

Tablo 2. Parlaklık ve pürüzlülük ölçüm cihazlarının bazı özellikleri\*

	Parlaklık Ölçüm Cihazı
Ölçüm aralığı	0-200 unit
Ölçüm alanı	10x20 mm
Cihazın ekranı	LCD
Cihazın boyutları	101*40*65 mm
	Pürüzlülük Ölçüm Cihazı
Ölçüm standartları	ISO, DIN, JIS, ANSI
Ölçüm birimi	µm/µinch
Cihazın ekranı	LCD
Cihazın ekranında görülenler	Pürüzlülük parametreleri, profili, batarya durumunu, sensör tipin yönünü
Ölçüm aralığı	Ra, Rq: 0.01 µm ile 40 µm Rz, Rp, Rt, R3z: 0.02 µm ile 160 µm Sm, S: 2 µm ile 4000 µm
Tarama aralığı	0.25mm, 0.8 mm, 2.5 mm

\* Üretici firma verileri

## 2.2. Yöntem (Method)

Aşındırma-parlatma deneyleri, kalınlık kalibrasyonu, kaba ve ince silim, cilalama (parlatma) ve temizleme işlemlerinden oluşmaktadır.

Kalibrasyon, farklı ocaklardan alınan numunelerin tamamının önce, makina çalışma parametrelerine uygun, 30x30x2 cm boyutlarına

ebatlanması sonra, kalınlığın ve yüzey pürüzlülüğünün eşitlenmesi amacıyla sadece kalibre kafalarından geçirilmesi şeklinde yapılmıştır.

İkinci aşama, numunelerin aşındırılması ve parlatılması faaliyetlerinden oluşmaktadır. Bu amaçla önce otomatik silim makinası, kafa basıncı 1.5 atm, kafa devri 800 dv/dk ve bant hızı 0.5 m/dk olacak şekilde ayarlanmış, kafalara sırasıyla 80, 120, 180 ve 280 numaralı manyezit bağlı aşındırıcılar takılmış ve aşındırma işlemi (kaba silim) gerçekleştirilmiştir. Sonra kafalardaki aşındırıcılar 320, 400, 600 ve 800 numaralı sentetik bağlı aşındırıcılarla değiştirilmiş, kafa basıncı ve bant hızı aynı kalmak üzere aşındırma işlemine (ince silim) devam edilmiştir. Son olarak kafalardaki aşındırıcı taşlar sökülüş, son iki kafaya 5-extra cila taşı ve temizleme için keçe takılarak parlatma işlemi gerçekleştirilmiştir.

Parlaklık ve pürüzlülük ölçümleri, sürecin her aşamasında (kalibre, kaba silim, ince silim ve parlatma), numuneler kurulandıktan sonra, her bir numunenin tam orta noktasından ve köşelerinden 2 şer cm içeride olacak şekilde toplam beş farklı noktada yapılmıştır.

Tablo 3 Parlaklık ölçüm sonuçları

Bant Hızı (m/dk)	PaK (%)*				Pa280 (%)*				Pa800 (%)*				PaC (%)*			
	Mak.	Min.	Ort.	Std.	Mak	Min.	Ort.	Std.	Mak.	Min.	Ort.	Std.	Mak.	Min.	Ort.	Std.
0.5	0.23	0.18	0.20	0.04	3.28	2.73	3.00	0.18	28.68	28.00	28.33	0.81	40.62	40.05	40.33	0.16
1.0					4.05	3.21	3.67	0.29	40.07	39.21	39.67	1.00	40.07	39.28	39.67	0.25
1.5					2.21	1.68	2.00	0.19	30.00	29.36	29.67	0.46	31.63	31.04	31.33	0.17
2.0					2.57	2.08	2.33	0.16	24.27	23.71	24.00	0.69	33.57	33.09	33.33	0.16
0.5	0.77	0.63	0.72	0.14	3.82	3.49	3.67	0.12	20.22	19.63	20.00	1.03	32.87	32.47	32.67	0.14
1.0					3.48	3.12	3.33	0.12	17.62	16.96	17.33	0.97	35.18	34.83	35.00	0.10
1.5					3.07	2.84	3.00	0.09	9.25	8.61	9.00	0.88	29.09	28.91	29.00	0.06
2.0					3.77	3.54	3.67	0.07	8.29	7.68	8.00	1.09	28.08	27.92	28.00	0.05
0.5	0.12	0.08	0.10	0.01	6.03	5.27	5.67	0.25	33.41	32.54	33.00	1.57	47.00	46.34	46.67	0.22
1.0					5.88	5.36	5.67	0.19	21.80	20.86	21.33	1.78	48.55	48.12	48.33	0.12
1.5					9.18	8.70	9.00	0.17	21.36	20.50	21.00	2.78	45.54	45.13	45.33	0.11
2.0					3.80	3.53	3.67	0.12	15.11	14.22	14.67	1.17	43.82	43.53	43.67	0.08

\* PaK: Kalibre sonrası; Pa280: İnce silim sonrası; Pa800: Kaba silim sonrası parlaklık. Mak-Min-Ort-Std: En büyük değer-En küçük değer-Ortalama değer-Standart sapma

Tablo 4 Pürüzlülük ölçüm sonuçları

Bant Hızı (m/dk)	PüK (μ)				Pü280 (μ)				Pü800 (μ)				PüC (μ)			
	Mak.	Min.	Ort.	Std.	Mak	Min.	Ort.	Std.	Mak	Min.	Ort.	Std.	Mak	Min.	Ort.	Std.
0.5	9.64	8.71	9.35	1.40	0.91	0.87	0.88	0.02	0.34	0.14	0.29	0.26	0.40	0.10	0.24	0.10
1.0					1.24	1.13	1.18	0.04	0.60	0.45	0.56	0.34	0.43	0.26	0.32	0.05
1.5					1.05	0.94	0.98	0.05	0.69	0.41	0.58	0.25	0.68	0.44	0.51	0.08
2.0					0.68	0.61	0.64	0.03	0.40	0.28	0.35	0.17	0.49	0.38	0.42	0.03
0.5	9.51	9.05	9.32	0.35	1.49	1.31	1.39	0.06	1.02	0.84	1.00	0.41	0.90	0.60	0.74	0.10
1.0					1.01	0.87	0.92	0.07	0.92	0.49	0.83	0.25	0.50	0.11	0.16	0.11
1.5					1.01	0.90	0.94	0.06	0.70	0.44	0.63	0.27	0.68	0.36	0.49	0.09
2.0					1.23	1.04	1.12	0.06	1.08	0.82	1.03	0.29	0.60	0.25	0.39	0.10
0.5	8.09	7.15	7.51	0.63	0.75	0.70	0.72	0.02	0.29	0.19	0.26	0.21	0.22	0.10	0.15	0.03
1.0					1.05	1.00	1.02	0.02	0.34	0.22	0.31	0.31	0.38	0.23	0.29	0.05
1.5					1.01	0.94	0.97	0.02	0.43	0.27	0.38	0.30	0.43	0.24	0.32	0.06
2.0					1.60	1.56	1.56	0.03	0.36	0.03	0.33	0.42	0.55	0.14	0.25	0.13

\* PüK: Kalibre sonrası; Pü280: İnce silim sonrası; Pü800: Kaba silim sonrası Pürüzlülük; Mak-Min-Ort-Std: En büyük değer-En küçük değer-Ortalama değer-Standart sapma; μ: Mikron

Üçüncü ve diğer aşamalarda ise, kafa basıncı 1.5 atm ve kafa devri 800 dv/dk da sabit kalmak koşuluyla makinanın bant hızı; 1.0 m/dk, 1.5 m/dk ve 2.0 m/dk ya ayarlanarak aynı işlemler tekrarlanmış ve parlaklık-pürüzlülük ölçümleri yapılmıştır.

Parlak bir yüzeye gelen ışık demeti, teorik olarak geldiği açıyla kırılarak yansır. Dolayısıyla parlaklık, bir yüzeye belli bir açıyla gelen ışığın yansıyan miktarının

bir ölçüsüdür ve kırılma indisi 1.57 olan camın parlaklığına göre yüzde (%) olarak ifade edilir. Parlaklık ölçümleri ışığın 20, 45, 60 ve 85 derecelik açılarla gönderilmesi şeklinde yapılır. Bu çalışmada 60° açılı yapılan ölçümler baz alınmıştır.

Pürüzlülük ise, malzeme yüzeyindeki girinti ve çıkıntılarının, bu uygulama için, aşındırıcıların oluşturduğu çiziklerin ölçüsüdür. Pürüzlü yüzeyler, gelen ışık demetinin yönünü değiştirir ve farklı açılarla yansıtılarak daha mat görünmesine neden olur. Pürüzlülük bir doğrultu boyunca ölçülür ve bu doğrultu üzerindeki girinti (çukur) ve çıkıntılarının (tepe) tamamının ortalaması (Ra), en yüksek ve en çukur beş pürüzünün ortalaması (Rz), en yüksek ve en derin değerler toplamı (Rt), ortalamadan sapmaların karekökü (Rq), tepe noktaları arasındaki uzaklığın ortalaması (S) vb. şeklinde ifade edilir. Bu çalışmada Ra değerleri esas alınmıştır.

Yapılan ölçümlere ait veriler Tablo 3 ve Tablo 4 te verilmiştir.

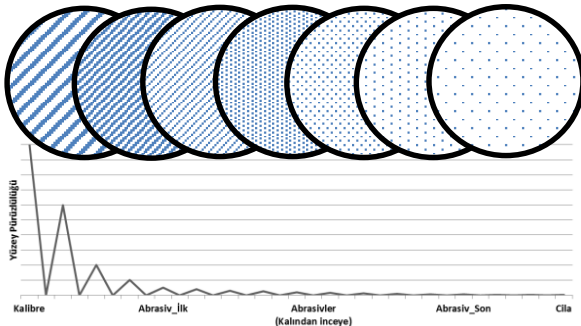
### 3. BULGULAR VE TARTIŞMA (RESULTS AND DISCUSSION)

#### 3.1. Aşındırıcı Numarası ve Parlaklık-Pürüzlülük Değişimi (The Variation of Brightness - Roughness By Abrasive Numbers)

Aşındırma-parlatma işleminde aşındırıcı takılı kafalar, numaralarına göre farklı derinliklerde çizikler

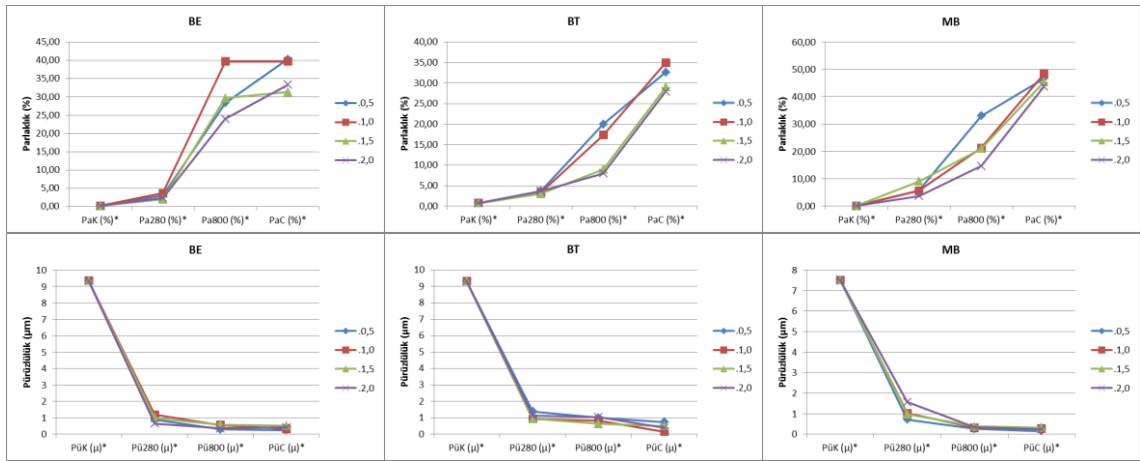
bırakır. İşlem sırasında, kabadan (düşük numaralı) inceye (büyük numaralı) sıralanmış her bir aşındırıcı, kendinden önceki çizikleri süpürür ve kendi çizimini bırakır. Böylece aşındırma işleminin sonunda, büyük numaralı aşındırıcılar daha ince çizgiler bırakacağından, yüzey pürüzlülüğü en aza indirilmiş olur. Son aşamada asitli cila taşları yardımıyla kimyasal aşındırma işlemi yapılır ve ince pürüzler de minimuma indirilir (Şekil 4). Teorik olarak, pürüzlülüğü düşük olan yüzeylerin ışığı daha iyi yansıtması ve daha parlak görünmesi beklenir.

Tablo 3 ve Tablo 4 incelendiğinde beklendiği gibi tüm denemelerde, aşındırıcı numaralarının artmasıyla pürüzlülük değerlerinin düştüğü, parlaklık değerlerinin yükseldiği ve en iyi parlatma değerinin cila uygulamasından sonra gerçekleştiği görülür.



Şekil 4. Aşındırıcı sıralamasına göre mermer yüzeylerdeki pürüzlülük değişimi [16]

Aşındırıcı numaralarının değişimiyle parlaklık ve pürüzlülükte görülen değişimler Şekil 5 de grafik olarak verilmiştir.



Şekil 5 Aşındırıcı numarasına göre parlaklık ve pürüzlülük değişimi

Şekil 5 incelendiğinde en parlak ve en pürüzsüz yüzeyin cilalama sonrası ölçüldüğü görülmektedir. Ayrıca, tüm numuneler için, parlaklık değerlerinin 280 numaralı abrasivden sonra yüksek oranda arttığı, pürüzlülük değerlerinin de 280 numaralı abrasive kadar yüksek oranda düştüğü görülmektedir. Buna göre, parlaklık değerlerinin 280 den sonraki ince silim aşamasına karşı daha duyarlı olduğu, başka bir ifade ile

çok ince pürüzlerin bile ışığın yansımaları yüksek oranda etkilediği söylenebilir. Buna karşın, 280 e kadarki kaba silim aşamasında pürüzlerin yüksek oranda giderildiği, dolayısıyla pürüzsüzleştirme işleminin ince silim aşamasında daha yavaş geliştiği söylenebilir.

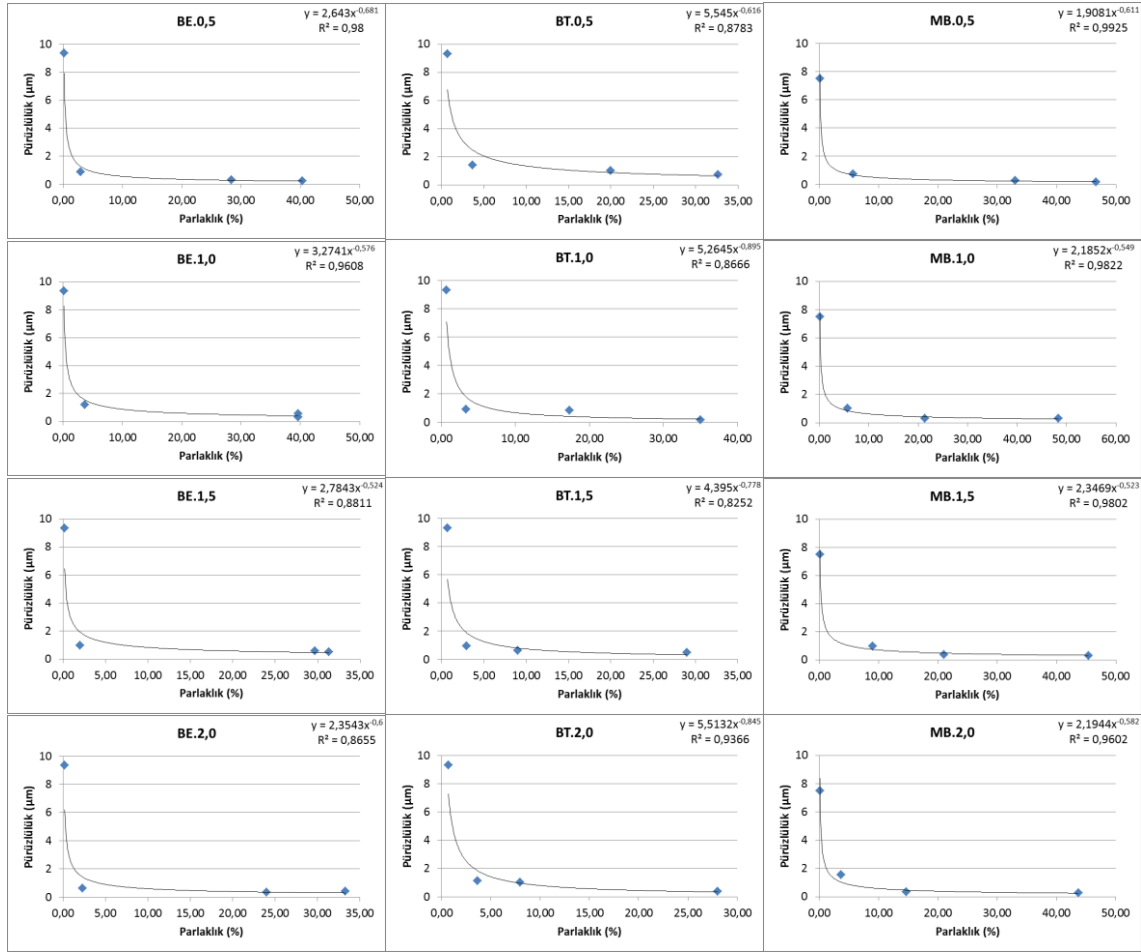
### 3.2. Parlaklık ve Pürüzlülük İlişkisi (Relationship Between Brightness and Roughness)

Parlaklık ve pürüzlülük arasındaki ilişkinin incelenmesi için numunelerin nihai parlaklık ve pürüzlülük değerleri istatistiksel olarak %95 güven aralığında incelenmiş ve dağılım grafikleri çizilmiştir (Şekil 6).

Şekil 6 da, tüm bant hızlarında parlaklıkla pürüzlülüğün ters orantılı olarak değiştiği ve aralarında üstel ters bir ilişki olduğu görülmektedir.  $R^2$  değerlerinin 0.82 ile 0.99 arasında değişmesinden olayı ilişki düzeyinin yüksek olduğu söylenebilir. Ayrıca pürüzlülüğün 2 µm nin altında olduğu durumlarda parlaklıktaki değişimin çok yüksek olduğu, aynı şekilde parlaklığın %5 in altında olduğu durumlarda da pürüzlülükteki değişimin çok yüksek olduğu görülmektedir. Bu da, aşındırıcı numarası ile parlaklık-pürüzlülük ilişkisi incelenirken belirlenen, parlaklığın ince silim aşamasında ve pürüzlülüğün kaba silim aşamasında daha duyarlı ya da değişken olduğu sonucunu desteklemektedir. Buna göre parlaklığın, pürüzlerin belli bir boyutundan sonra fazla değişim göstermediği ve daha parlak yüzey elde etmek için ince pürüzlerin daha önemli olduğu söylenebilir.

### 3.3. Bant hızı ve parlaklık-pürüzlülük ilişkisi (The relations of brightness-roughness by belt conveyor speed)

Aşındırma-parlatma sürecinde bant hızındaki değişiklikler, aşındırılan malzemenin aşındırıcıyla temas süresi ile birlikte makinanın kapasitesini etkiler. Bir başka ifadeyle, düşük bant hızlarında çalışılması, aşındırıcı kafaların yüzey üzerinde daha uzun süre temas et-



Şekil 6 Farklı bant hızlarında nihai parlaklık ve pürüzlülük dağılımı

mesine yani kafaların dönüş sayısının artmasına, buna karşın işlem süresinin uzamasına, kapasitenin düşmesine neden olur. Yüksek bant hızlarında çalışılması durumunda ise temas süresi kısılacığından yüzey kalitesinde düşme ya da malzeme yüzeyinde çatlama görülebilir.

Parlaklık ve pürüzlülük değerlerinin bant hızlarına göre değişimini incelemek üzere, veriler %95 güven aralığında istatistiksel olarak değerlendirilmiş ve dağılım grafikleri çizilmiştir. Bulgular Şekil 7 de verilmiştir.

Şekil 7 incelendiğinde, numunelerin parlaklığının bant hızının artırılmayla düştüğü görülmektedir. R² değerleri BE numunesi için 0.71, BT numunesi için 0.63 ve MB numunesi için 0.6125 olarak hesaplanmıştır. Tüm örneklerin nihai parlaklıklarının ortalamaları hesaplanarak yapılan incelemede ise R²=0.72 olarak hesaplanmıştır. Bu durumda, bant hızı ile parlaklık arasında azalan doğrusal bir ilişki olduğu söylenebilir.

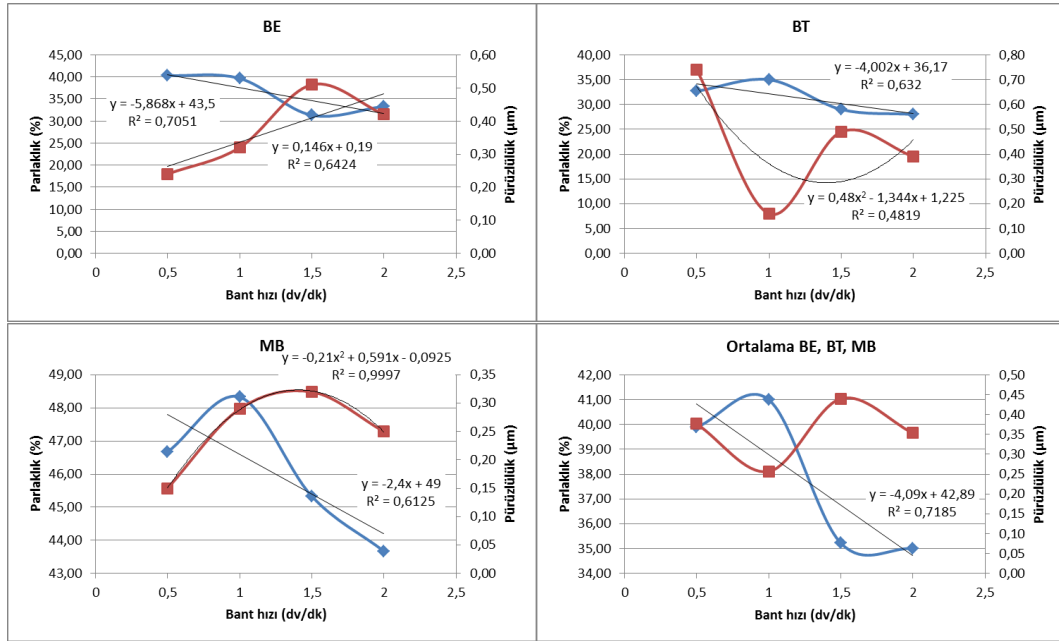
Bant hızı ve pürüzlülük arasındaki ilişki incelendiğinde, BE numunesi için artan doğrusal ilişki olduğu (R²<sub>BE</sub>=0.64), BT ve MB numunelerinde ise ilişkinin ikinci dereceden bir polinomla ifade edilebildiği görülmüştür (R²<sub>BT</sub>=0.48, R²<sub>MB</sub>=0.99). Ortalama pürüzlülük,

parlaklık ve bant hızı arasında ise matematiksel olarak bir ilişki kurulamamıştır.

BT numunesi (traverten), yapısı itibarıyla çok boşlukludur ve ölçülen pürüzlerin, aşındırma-parlatma işleminin sonucunda kalan yani aşındırıcı kafaların bıraktığı çiziklerden değil malzemenin doğal yapısından kaynaklandığı düşünülmektedir. Dolayısıyla bant hızı pürüzlülük arasındaki ilişkinin hem dalgalı olmasının hem de R² değerinin 0.5 ler düzeyinde seyretmesinin doğal olduğu düşünülmektedir. Yine aynı numune için bant hızı-parlaklık ilişkisinin de R²≈0.5 ler seviyesinde hesaplanması da, parlaklık değişiminin kaba pürüzlerde hassas olmamasından (fazla değişim göstermemesinden) kaynaklandığı şeklinde açıklanabilir. Bunun ışığında, traverten türü mermer örneklerinin pürüzlülük ölçümlerinde daha doğru sonuçlar alınabilmesi için, numune üzerindeki boşluklara, aşındırma-parlatma işleminden önce dolgu yapılması gerektiği düşünülmektedir. MB numunesinde de bant hızı-parlaklık arasındaki ilişkinin azalan doğrusal iken bant hızı-pürüzlülük ilişkisinin en iyi bir polinomla tanımlandığı görülmektedir. MB numunesi bir hakiki mermer olup yapısı itibarıyla diğer hakiki mermer çeşitlerinden en önemli farkı da iri kristallere sahip olmasıdır. Bu özelliği nedeniyle yüzeye gönderi-

len ışığın bir kısmı yansırken bir kısmı da kristallerden kırılarak geçer ve geri yansır. Dolayısıyla yüzey üzerindeki küçük değişiklikler, parlaklık değişimine de yüksek oranda etki eder. Bu durumun nedeni, önceki bölümde de değinildiği gibi, parlaklığın ince pürüzlerde daha değişken olması şeklinde açıklanabilir. Ortalama pürüzlülük değerlerinde ilişki bulunamamasının, traverten örneğinin pürüzlülük değerlerindeki tutarsızlık olduğu düşünülmektedir.

- Parlaklık ve pürüzlülük arasında üstel azalan bir ilişki olduğu ve ilişki düzeyinin  $R^2=0.82-0.99$  gibi yüksek değerlerde olduğu, çizilen parlaklık ve pürüzlülük dağılım grafiklerinden anlaşılmıştır. Ayrıca, parlaklık değerinin %5 in altında olduğu durumlarda pürüzlülüğün, pürüzlülük değeri de 2  $\mu\text{m}$  nin altında olduğu durumlarda parlaklığın keskin bir şekilde değiştiği görülmüştür.
- Hem aşındırıcı numarası ile parlaklık-pürüzlülük



Şekil 7 Bant hızına göre parlaklık ve pürüzlülük değişimi

#### 4. SONUÇLAR (RESULTS)

Karbonat kökenli üç farklı türe ait doğaltaş numuneleri üzerinde, sabit kafa basıncı, kafa devri ve değişken bant hızlarında yapılan aşındırma parlatma deneylerinden elde edilen sonuçlar aşağıda listelenmiştir.

- Aşındırma-parlatma sürecinde aşındırıcılar küçük numaradan büyük numaraya olacak şekilde yerleştirilir ve her bir aşındırıcı kendinden önceki aşındırıcının bıraktığı çiziyi silerek kendi çiziyi bırakır. Böylece her bir adımda pürüzler azaltılarak minimuma indirilir. Son aşamada asitik cila taşlarıyla kimyasal aşındırma yapılarak nihai parlaklık elde edilir.
- Deneylerde yapılan ara ölçümlerde, işlemin 280 numaralı aşındırıcıya kadar olan kısmında parlaklık değişiminin az ancak pürüzlülükte keskin düşüşler olduğu, buna karşın 280 numaralı aşındırıcıdan sonra pürüzlülük değişiminin az ancak parlaklıkta hızlı bir artış olduğu gözlenmiştir. Buna göre parlaklık değişiminin ince silimde, pürüzlülük değişiminin ise kaba silimde hızla değiştiği anlaşılmaktadır. Dolayısıyla daha parlak yüzey elde edilebilmesi için büyük numaralı aşındırıcıların sayısının artırılması gerektiği düşünülmektedir.

hem de parlaklık ve pürüzlülük arasındaki ilişkiler değerlendirildiğinde, parlaklığın, pürüzlerin ince olduğu yüzeylerde daha değişken, kaba olduğu yüzeylerde ise duyarsız olduğu sonucuna varılmıştır.

- Aşındırma-parlatma sürecinde bant hızının artırılması sonucunda elde edilen parlaklık değerlerinde de düşmeler olduğu gözlenmiştir. Buna karşın, yine bant hızının artırılmasıyla pürüzlülüğün de arttığı, traverten örneği dışındaki tüm numunelerde gözlenmiştir. Burada bant hızının artırılması sonucu aşındırıcıların numune yüzeyine temas süresinin azaldığı dolayısıyla numunenin tamamen aşındırılmadan bir sonraki kafaya hareket ettiği ve istenen yüzey kalitesinin elde edilemediği sonucuna varılmıştır. Traverten örneğinde ise, numunenin boşluklu yapısından dolayı, pürüzlülük ölçümlerinde sapmalar olabileceği düşünülmektedir.

Sonuç olarak, parlaklık ve pürüzlülüğün ters orantılı olarak değiştiği, aşındırıcı numarasının artmasıyla parlaklığın arttığı, dolayısıyla pürüzlülüğün düştüğü, parlaklık değerinin ince pürüzlü yüzeyler daha değişken olduğu, bant hızının artmasıyla parlaklığın azaldığı ve pürüzlülüğün arttığı söylenebilir. Sonuçlar ışığında daha parlak yüzeyler elde edilebilmesi için, düşük bant hızlarında çalışılmasının ve ince silimde

kullanılan büyük numaralı ince aşındırıcıların sayısının artırılmasının yararlı olacağı düşünülmektedir.

Bu çalışmada sınırlı sayıda doğaltaş türü için bant hızı ve yüzey kalitesi ilişkisi incelenmiş olup sonuçların güvenilirliğinin artırılması amacıyla, deneylerin daha fazla örnek üzerinde tekrarlanması gerekmektedir. Ayrıca kafa devri, kafa basıncı ve aşındırıcı bileşimi gibi diğer etken parametrelerin araştırılması planlanmaktadır.

#### TEŞEKKÜR (ACKNOWLEDGEMENT)

Bu çalışma AKÜ Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu (Proje No: 11. ARŞ. MRK. 05) tarafından desteklenmiştir. Katkılarından dolayı teşekkür ederiz.

#### 4. KAYNAKLAR (REFERENCES)

- 1) Görgülü K., "Bazı Mermer Birimleri İçin Optimum Aşındırma-Cilalama Koşullarının Araştırılması ve Malzeme Özellikleri İle İlişkilendirilmesi" *Doktora Tezi*, Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sivas, 178 s., (1998).
- 2) Varol M., "Laboratuvarında İmal Edilen Silimtaşlarının Mermer Parlaklığı Üzerine Performansının İncelenmesi" *Yüksek Lisans Tezi*, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Maden Mühendisliği Anabilim Dalı, Isparta, 59 s., (2002).
- 3) Wright D.N. and Rouse C., "Stone polishing-measurement of surface finish. *Industrial Diamond Review*", 1: 10–13, (1993).
- 4) Erdoğan M., "Measurement of polished rock surface brightness by image analysis method", *Engineering Geology*, 57: 65–72, (2000).
- 5) Ersoy M. and Kose H., "The relationship between easiness to polishing and mechanical properties of marbles" *III. National Marble Symposium*, Afyon, Turkey, 337–349, (2001).
- 6) Sarı D. and Yavuz H., "Quantitative definition of marble gloss" *III. National Marble Symposium*, Afyon, Turkey, 265–275, (2001).
- 7) Huang H., Li Y., Shen J. Y., Zhu H. M. and Xu XP., "Micro-structure detection of a glossy granite surface machined by the grinding process" *Journal of Materials Processing Technology*, 129: 403–407, (2002).
- 8) Görgülü K., Ceylanoğlu A., Durutürk Y.S. and Arpaz E., "Investigation of roughness and glossiness of different marble units at the stages of continuous grinding and polishing" *Proceedings of 6<sup>th</sup> Symposium on Marble Afyon*, Eds: Ersoy M, Yeşilkaya L and Dinçer AL, 413–422; June 26–27, (2008).
- 9) Görgülü K. and Ceylanoğlu A., "Evaluation of continuous grinding tests on some marble and limestone units with silicon carbide and diamond type abrasives" *Journal of Materials Processing Technology*, 204: 264–268, (2008).
- 10) Ribeiro R. P. and Paraguassú A. B., "Relationship between technological properties and slab surface roughness of siliceous dimension stones" *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, 45: 1526–1531, (2008).
- 11) Oliveira O. C., Bobrovnitchii G. S., Oliveira L. J., Rocha Paranhos R. P., Aigueira R. B. and Marcello F., "Epoxy-quartz based composites for use in polishing crowns of ornamental rocks" *Materials Characterization*, 60: 869–874, (2009).
- 12) Wang G., Wang Y. and Xu Z., "Modeling and analysis of the material removal depth for stone polishing" *Journal of Materials Processing Technology*, 209: 2453–2463, (2009).
- 13) Yavuz H., Özkahraman T. and Demirdağ S., "Polishing experiments on surface quality of building stone tiles" *Construction and Building Materials*, 25: 1707–1711, (2009).
- 14) Gürçan S., "Metamorfik kökenli mermerlerin parlatılmasında mineralojik ve petrografik özelliklerin etkisi" *Doktora tezi*, Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 163 s., (2011).
- 15) Karaca Z., "Relationship between the mechanical properties and the surface roughness of marble" *International Journal of Materials Research*, 103 (5): 633–637, (2012).
- 16) Ozuloğul A. and Erdoğan M., "Mermerlerde Yüzey Parlaklığının Görüntü Analiz Yöntemi ile Ölçülmesi" *Türkiye I. Mermer Sempozyumu*, Afyon, 37–44 sf., (1995).