

KATRAKLARDA MERMERLERİN FİZİKİ-MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN VE KESİM HIZININ ELMAS SOKETLERDEKİ AŞINMALARA ETKİSİ

Fatih BAYRAM*, Seyfi KULAKSIZ*, Yılmaz OZÇELİK*

* Hacettepe Üniversitesi Maden Muh. Böl., Beytepe-ANKARA -
fbayram@hacettepe.edu.tr

ÖZET

Bu çalışmada günümüzde mermer bloklarından levha üretiminde yaygın olarak kullanılan elmas lamalı katarlar üzerinde kesim sırasında soketlerde meydana gelen aşınmalarla kayaç özelliklerinin etkisi ile kesme verimliliğinin incelenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla, soketlerdeki birim aşınmalar ile kesim hızı ve kayaç özellikleri arasındaki ilişkiler araştırılmıştır. Burada elmas soketlerde meydana gelen birim aşınmalarla kesim hızı arasında yüksek ilişki olduğu, aynı zamanda birim aşınmalarla kayaç özelliklerinden darbe dayanımı, Schmidt sertliği, Shore sertliği ve elastisite modülü arasında da yüksek ilişkiler tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlara dayanılarak elmas lamalı katarlarla levha üretimine yönelik önerilerde bulunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Elmas Lamalı Katrak, Mermer, Soket Aşınması, Kesim Hızı

THE EFFECTS OF SAWING SPEED AND PHYSICAL-MECHANICAL PROPERTIES OF MARBLES TO WEARING ON DIAMOND SEGMENTS ON FRAME SAWS

ABSTRACT

In this study, investigation of sawing efficiency and effects of rock properties to wearing on segments on diamond segmented frame saws used for production of slab from marble blocks was aimed. For this purpose, the relationships between unit wearing on diamond segments with sawing speed and rock properties were investigated. It was determined that unit wearing is well related with sawing speed. Similarly, unit wearing is highly related with toughness strength, elasticity modulus, Schmidt hardness and Shore hardness. Some suggestions to slab production with diamond segmented frame saws were revealed by considering the obtained results.

Keywords: Diamond Segmented Frame Saw, Marble Segment Wear, Sawing Speed

1. Giriş

Eski çağlardan beri mermer, Önemli bir yapı ve süsleme malzemesi olarak kullanılmıştır. Yeterince sağlam olması, cazip renk ve desenler göstermesi, kullanışlı olması gibi nedenlerden dolayı mermer, yapı ve süsleme malzemesi olarak tercih edilmektedir. Mermer ocaklarından elde edilen blokların insanların hizmetine sunulması için bazı aşamalardan geçmesi gerekmektedir. Mermer bloklarının, son ürün elde edilmesi için işlendiği yerler olan mermer işleme tesislerinde amaç, mümkün olan en düşük maliyetle piyasa tarafından ihtiyaç duyulan miktarda ürünün üretilmesinin sağlanmasıdır. Bu amaç doğrultusunda mermer işleme tesislerinde verimli bir biçimde işlemlerin sürdürülmesi gerekmektedir. Mevcut makinelerin bilinçli ve verimli kullanımları, mevcut mermer işleme tesislerinin hem verimliliklerini artıracak hem de üretim maliyetlerini düşürecektir [1].

Ülkemizde mermer işleme tesislerinde yapılan kesim işlemlerinde en önemli konu, kesilen kayaca göre uygun testere soketlerinin seçimidir. Mermer üreticilerinin uygun soket seçimi yapabilmeleri için kesecikleri kayaları yeterince iyi tanımaları gerekmektedir. Kayaların fiziki ve mekanik özelliklerinin kesim sırasında elmas sökelerde meydana gelen aşınmalar üzerinde etkili olduğu bir gerçektir. Bu yüzden kesilecek kayacın fiziki ve mekanik özelliklerinin elmas soketlerdeki aşınmalar üzerine etkilerinin bilinmesi önemli bir konuyu oluşturmaktadır. Bununla birlikte, soketlerdeki aşınmalar üzerinde etkili olan diğer bir önemli konu da kesim parametrelerinin ayarlanmasıdır [2, 3].

Bu çalışmada, elmas lamalı katraklarda kullanılan elmas sökelerde meydana gelen aşınmaların belirlenmesi ve bu aşınmalara kesimi yapılan farklı özellikteki mermerlerin fiziki ve mekanik özelliklerinin etkisinin araştırılması amaçlanmıştır. Bununla birlikte, aynı zamanda önemli bir kesim parametresi olan kesim hızının birim aşınma üzerine etkisi de incelenmiştir. Bu çalışma sonunda ise elde edilen sonuçlar kullanılarak elmas sökelerin optimum bir şekilde kullanılması için gerekli olan bilgilerin sunulması da amaçlanmıştır.

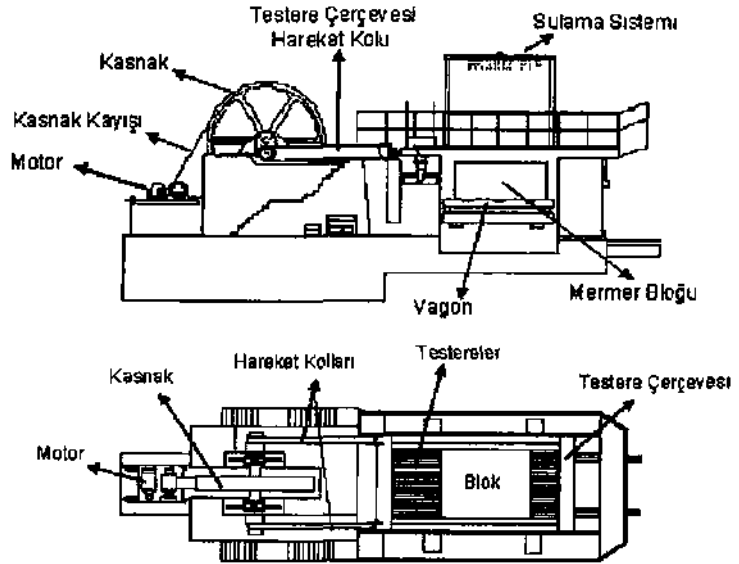
2. Malzeme ve Yöntem

2.1. Elmas Lamalı Katraklar

Mermer ocaklarından gelen bloklardan levha üretimi için, işleme tesislerinde çeşitli yöntemler ve bu yöntemlere uygun makineler kullanılmaktadır.

Mermer işlemeciliğinde, ocaktan gelen ham mermer bloklarının fiziki durumları göz önünde bulundurularak işleme yöntemi seçilmektedir. Bu işleme yönteminin belirlenmesinde, blokların şekilleri, boyutları, kırık ve çatlak sistemleri önemli olmaktadır.

Elmas lamalı katraklar, sayılanmış veya ocaklardan gelen düzgün mermer bloklarından levha elde edilmesinde kullanılan makinalardır (Şekil 1). Elmas lamalı katraklarda kesme işlemi, testerele özel kaynakla monte edilmiş, yaklaşık 20-30 mm uzunluğunda, 4-5 mm genişliğinde ve 6-7 mm yüksekliğinde dikdörtgen prizma şeklinde özel alaşım ortamında elmas içeren soket adı verilen kesici uçlarla yapılmaktadır. Bu katraklarda kesim işlemi makina yapısına bağlı olarak iki tipte gerçekleştirilmektedir. Bunlardan birincisinde blok sabittir ve testerele ileri-geri hareketin yanında, kesim için aşağıya doğru hareket etmektedir. Diğer tipte ise, bloğun bulunduğu vagon yukarıya doğru hareket etmekte ve testerele yatay düzlemde sadece ileri-geri hareket etmektedirler.



Şekil 1. Katrağın yandan ve üstten şematik görünümü [2, 3]

Üretim kapasitesinin yüksek, üretim maliyetinin düşük oluşu elmas lamalı katrağın mermer işleme tesislerinde kullanımını artırmaktadır. Elmas lamalı katrağın verimli olarak kullanılmasında önemli olan, kesim sırasında etken parametrelerin en uygun şekilde ayarlanarak en az maliyetle

üretimin gerçekleştirilmesidir. Katraklarda kesme verimini etkileyen parametreler üç grupta toplanabilir [2, 3].

- Sabit parametreler
- Yarı değişken veya değişken parametreler
- Ortam koşulları

Kesme verimine etki eden sabit parametreler kesilecek kayalarla ilgili parametrelerdir. Yarı değişken veya değişken parametreler kesim yapılan elmas lamalı katrakla ilgili parametrelerdir. Ortam koşulları ise, kesim yapılan ortamdaki çevresel koşullardır. Bu üç ana grup, Çizelge 1'de belirtilen çeşitli parametreleri içermektedir.

Çizelge 1. Katraklarda kesme verimine etki eden parametreler [2, 3]

Kesilecek Kayalarla İlgili Sabit Parametreler	Elmas Lamalı Katrakla İlgili Yan Değişken veya Değişken Parametreler	Ortam Koşulları
<ul style="list-style-type: none">• Fiziki ve mekanik özellikler• Kimyasal özellikler• Mineralojik özellikler• Petrografik özellikler• Süreksizlikler• Dokusal özellikler• Yapısal özellikler	<ul style="list-style-type: none">• Kesme hızı• Lamalar arasındaki mesafe• Lamaların yapısı• Su miktarı ve basıncı• Suyun temizliği ve pH'ı• Kesilen blok boyutları• Makinaların yapısı, motor gücü• Testere boyutları, yapısı ve sayısı	<ul style="list-style-type: none">• Teknik eleman• Kesimde testelerdeki basınç dağılımı• Elmas taneleri ile mermer arasındaki kuvvetler• Titreşim

2.2. Çalışma Yöntemi

Bu araştırma kapsamında yapılan çalışmalar genel olarak üç aşamada gerçekleştirilmiştir:

- Tesis aşaması
- Laboratuvar aşaması
- Değerlendirme aşaması

Çalışmanın tesis aşamasında, mermerlerin elmas lamalı katrakla kesilmesi işleminin incelenmesine yönelik çalışmalar ve kesim işlemleri, Afyon-İncehisar Mermer Sanayi Bölgesi'nde bulunan bir mermer işleme tesisinde yapılmıştır. Bu işletmede bulunan mevcut teknolojik şartlara göre iyi yapılandırılmış bir elmas lamalı katrakta blok kesimleri gerçekleştirilmiştir. Bu mermer blokları Afyon Menekşe (A1, A4, A6 ve A7), Şeker (A2 ve A3) ve Beyaz (A5), Kütahya Menekşe (K2) ve Yeşil (K1 ve K3) ve Akhisar Oniks (O) cinsi mermerlerdir. Tesis aşamasında özellikle blok kesimlerinde

elmas soketlerde meydana gelen aşınmalar belirlenmiştir. Soketlerde meydana gelen aşınmalar, her bir bloğun kesiminden önce ve sonra, testere çerçevesinde önceden belirlenmiş sökellerin hacimsel azalmaları olarak bulunmuştur. Bu aşınmaların kesilen yüzey alanına bölünmesiyle soketlerdeki birim aşınmalar ($\text{mm}^3/\text{V}\cdot\text{m}^2$) belirlenmiştir. Bunun yanında, kesim işlemleri sırasında uygulanan ortalama kesim hızları da tespit edilmiştir. Kesim hızı, bloğun bir saat içinde kestiği blok yüksekliği olarak tespit edilmiştir. Elmas lamalı katrakta, diğer makina çalışma parametreleri (motor gücü, testere boyundan, soket tasarımı, kullanılan su miktan, operatör vb.) daha güvenilir sonuçlar elde etmek amacıyla daima sabit tutulmuştur.

Çalışmanın laboratuvar aşamasında ise, kesimi gerçekleştirilen mermerlerin fiziki ve mekanik özelliklerinin belirlenmesi çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Bunun için gerek mermer bloklarından gerekse kesim sonrası oluşan levhalardan örnekler alınmıştır. Bu örnekler üzerinde TS 699 [4] ve ISRM [5] standartlarına uygun olarak laboratuvar deneyleri yapılmıştır. Bu çalışmalar sonucunda elde edilen, kesimi gerçekleştirilen mermerlere ait fiziki ve mekanik özellikler Çizelge 2'de verilmiştir.

Araştırmanın son aşaması olan değerlendirme aşamasında ise, tesis ve laboratuvar çalışmalarından elde edilen sonuçların birlikte değerlendirilmesi ve sonuçların ortaya konulması amaçlanmıştır. Kesim sırasında elmas soketlerde oluşan aşınmalarla ortalama kesim hızları ve mermerlerin fiziki ve mekanik özellikleri arasındaki ilişkiler incelenmiştir.

Çizelge 2. Kesimi gerçekleştirilen mermerlerin laboratuvar deney sonuçları

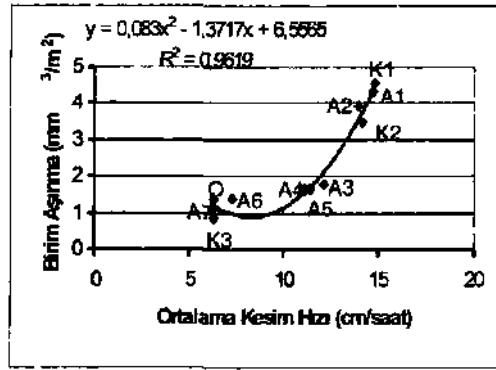
	KAYAC CİNSİ					
	Afyon Menekşe	Afyon Şeker	Afyon Beyaz	Kütahya Menekşe	Kütahya Yeşil	Akhisar Oniks
Birim Hacim Ağırlık (s/cm ³)	2,697	2,694	2,690	2,689	2,699	2,690
Ağırlıkça Su Emme (%)	0,11	0,07	0,09	0,13	0,11	0,16
Görünür Gözeneklilik (<%)	0,29	0,19	0,25	0,35	0,30	0,42
Tek Eksenli Basma Day. (MPa)	63	58	47	63,5	64	47
Çekme Day. (MPa)	6,8	7,2	5,7	6,8	7,5	4,2
Nokta Yükleme Day (MPa)	2,22	2,24	2,53	2,60	2,46	2,33
Darbe Day. (MPa)	3,3	3,6	2	3,6	3,6	3
Shore Sertliği	46	47	40	50	46	45
Schmidt Sertliği	54	55	51	56	53	55
Elastisite Modülü (GPa)	16,89	14,36	18,98	21,14	17,21	17,88
Los Angeles Aşınma Day K ₁₀₀ (%)	28,21	28,41	53,19	25,65	29,20	38,52
Böhme Yüzey Aşınma Dayanımı (cm ^f /50cm ²)	30,06	33,21	31,47	28,75	29,11	26,12

3. Kesme Verimliliğinde Etken Parametrelerle Birim Aşınma İlişkilerinin İncelenmesi

3.1. Kesim Hızı-Birim Aşınma İlişkisi

Elmas lamah katraklarda kesim hızı, katrağın bir saat içerisinde kesim yaptığı blok yüksekliği olarak tarif edilebilir. Kesim hızı, testerelerle kesim işleminde kesme verimliliğini etkileyen önemli bir parametredir. Prensipte olarak kesim hızının optimum seviyede tutulması gerekmektedir. Kesim hızı sadece birim zaman başına yapılacak üretimi değil, aynı zamanda kesimin kalitesini ve lamalar üzerinde oluşan baskıyı da etkilemektedir. Her durumda kesim hızı, elmas lamaların kendiliğinden keskinleşmesini sağlayacak şekilde yeterli olmalıdır.

Elmas lamalı katraklarda aynı tip elmas soketlerle farklı özellikteki mermer bloklarının kesimi yapılmaktadır. Bu özellikten dolayı, kesim hızı elmas soketlerde meydana gelecek aşınmalar üzerinde çok etkili olmaktadır. Kesilecek kayaç hızlı kesildiğinde elmas soketlerde aşınma fazla olmakta, buna karşılık kesim gereğinden yavaş yapıldığında hem kesim için kullanılan enerji artmakta hem de toplam kesim süresinin artmasından dolayı makina gereğinden fazla çalışarak yıpranmaktadır. Her iki koşul da kesim maliyetini ve dolayısıyla üretim maliyetini olumsuz yönde etkilemektedir. Kesilecek kayaca uygun optimum kesim hızının seçilmesi, katrakların verimli kullanılmasında çok önemlidir. Çalışma kapsamında mermer işleme tesisinde yapılan kesimler sonucunda, elmas soketlerde meydana gelen birim aşınmalar ile ortalama kesim hızları arasındaki ilişki incelendiğinde oldukça yüksek derecede ilişki ($R^2=0,96$) olduğu görülmüştür (Şekil 2).



Şekil 2. Kesimi yapılan blok mermerlerin kesim hızı-birim aşınma ilişkisi

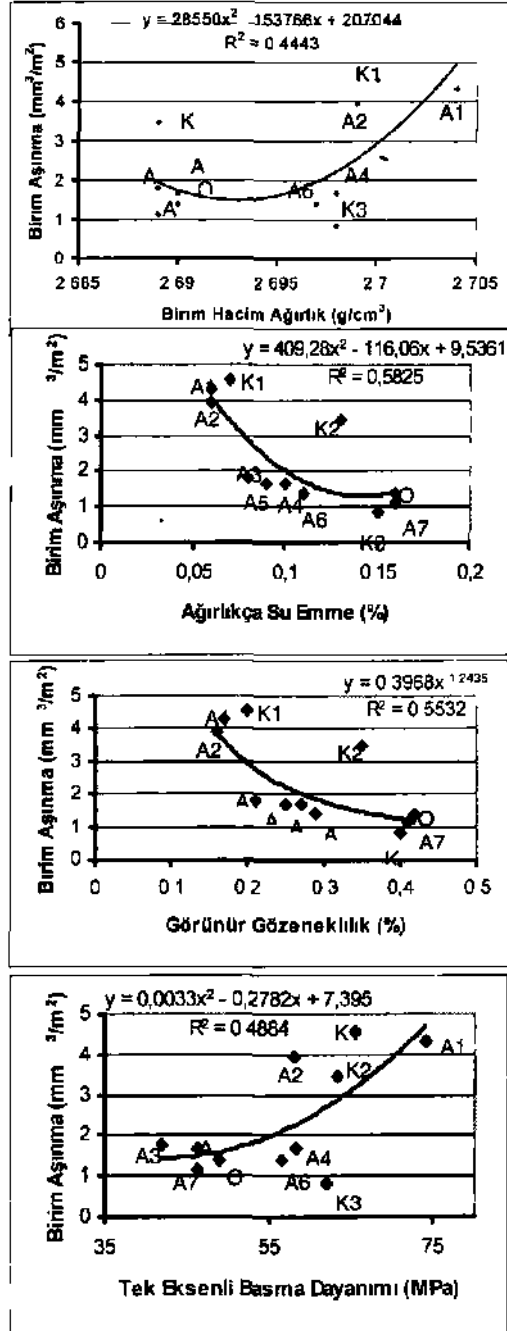
Şekil 2'de görüldüğü gibi en yüksek birim aşınma $4,56 \text{ mm}^3/\text{m}^2$ ile Kütahya Yeşil cinsi mermerde meydana gelirken en düşük birim aşınma $0,83 \text{ mm}^3/\text{m}^2$ ile yine aynı cins mermerde meydana gelmiştir. Bu kesimlerde ortalama kesim hızlarının birbirinden oldukça farklı olduğu görülmektedir. Kesim hızının yükselmesiyle elmas soketlerde meydana gelen aşınmalar aşırı derecede artmakta ve soketlerin verimli bir şekilde kullanılmasını kısıtlamaktadır.

3.2. Kayaç Özellikleri-Birim Aşınma İlişkileri

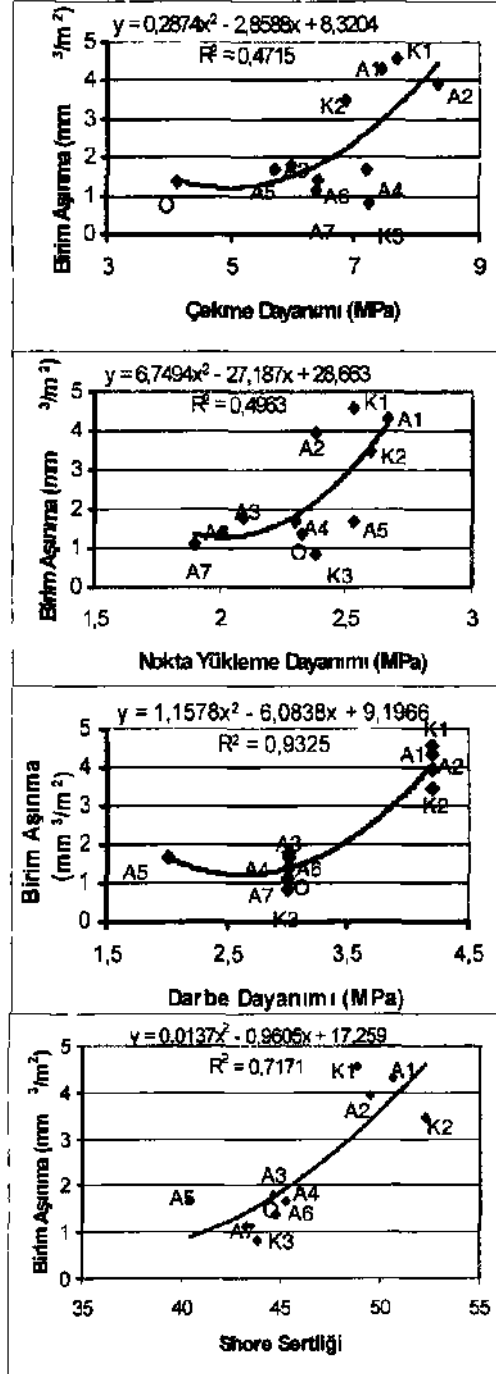
Kayaçla ilgili sabit parametreler, kesme verimini etkileyen önemli parametrelerdendir (Çizelge 1). Bu parametreler kayaçların değiştirilemez özellikleridir ve genel olarak, kayaçın fiziki ve mekanik, mineralojik, kimyasal, petrografik, dokusal ve yapısal özelliklerinden oluşmaktadır. Bu

yüzden kesim işleminde önemli olan husus, kayaçla ilgili sabit parametrelerin önceden tespit edilip bunlara göre yan değişken ve değişken parametrelerin uygun olanlarının seçilmesidir. Bu çalışmada kesimi gerçekleştirilen mermerlerin sadece fiziki ve mekanik özelliklerinin soketlerde meydana gelen aşınmalara etkilerinin incelenmesi ve bu özelliklerden hangilerinin kesme verimliliği üzerinde daha etkili olduğunun tespiti hedeflenmiştir. Bu amaçla, elmas lamalı katrakla kesimi yapılan mermerlerin fiziki ve mekanik özelliklerinin elmas soketlerde meydana gelen birim aşınmalar üzerindeki etkileri grafiksel olarak incelenmiş ve Şekil 3-a,b ve c'de verilmiştir.

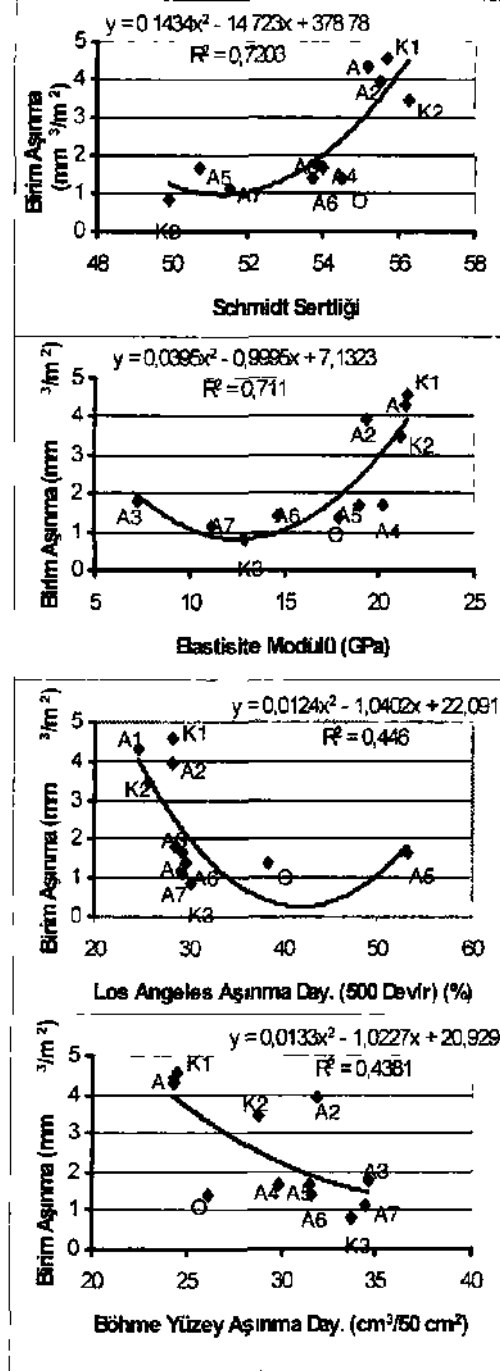
Yapılan kesim işlemlerinde kayaç özelliklerinin birim aşınmalar üzerine etkileri incelendiğinde (Şekil 3-a,b,c), birim aşınma ile en belirgin ilişkinin darbe dayanımı ($R^2=0,93$) arasında olduğu tespit edilmiştir. Diğer önemli ilişkiler, birim aşınma ile Schmidt sertliği ($R^2=0,72$), Shore sertliği ($R=0,72$) ve elastikte modülü ($R=0,71$) arasında saptanmıştır. Bu özellikler dışında kalan diğer kayaç Özellikleriyle birim aşınma arasında $R^2=0,44$ ile $R^2=0,58$ arasında değişen ilişkiler elde edilmiştir.



Şekil 3-a. Mermerlerin fizik i-mekanik özellikleriyle birim aşınma ilişkileri



Şekil 3-b. Mermerlerin fiziki-mekanik özellikleriyle birim aşınma ilişkileri



Şekil 3-c. Mermerlerin fiziki-mekanik özellikleriyle birim aşınma ilişkileri

4. Sonuçlar ve Öneriler

Bu çalışmada, elmas lamalı ktraklarda kesme verimini etkileyen sabit parametrelerden kayaçların fiziki ve mekanik özellikleri ile yarı değişken/değişken parametrelerden kesim hızının elmas soketlerdeki aşınmalara etkileri ayrı ayrı incelenmiş ve aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır:

- Yapılan incelemeler sonucunda, elmas lamalı ktraklarla kesim işlemlerinde kesim hızının soketlerdeki aşınmalara etkisinin oldukça fazla olduğu belirlenmiştir. Kesim hızının artmasıyla elmas soketlerdeki aşınmaların aşın derecede arttığı tespit edilmiştir ($R^2=0.96$).
- Elmas soketlerdeki birim aşınmalar ile mermerlerin fiziki ve mekanik özelliklerinden darbe dayanımı ($R^2=0,93$), elastisite modülü ($R^2=0,71$), Schmidt sertliği ($R^2=0,72$) ve Shore sertliği ($R^2=0,72$) arasında iyi ilişkiler olduğu görülmüştür.

Elde edilen bu sonuçlara bağlı olarak elmas lamalı ktraklarla ilgili aşağıdaki öneriler verilmektedir:

- Kesim hızı, kesilecek kayaçlarla ilgili sabit parametreler (fiziki ve mekanik özellikler, mineralojik özellikler vb.) düşünülerek belirlenmelidir. En düşük maliyetle en yüksek üretim kapasitesine ulaşmak için kesim hızının optimum düzeyde ayarlanması gerekmektedir. Bu çalışmada elde edilen kesim hızı-birim aşınma ilişkisi (Şekil 2) dikkate alındığında, üzerinde çalışılan bu mermerler için X firması tarafından üretilen elmas soketlerde birim aşınma değerlerinin en düşük seviyede tutulacağı kesim hızının yaklaşık 10 Cm/saat olduğu görülmektedir.
- Kesim işlemlerinde elmas soketlerde meydana gelen aşınmalar üzerinde etkili olan kayaç özellikleriyle birim aşınmalar arasındaki ilişkilerden yola çıkarak her mermer cinsi için tahmini birim aşınma değerleri ortaya konulabilir. Ktraklarla yapılan bu kesim işlemlerinin her cins mermer için tekrarlanması ve veri sayısının artırılması ile elde edilecek ilişkiler daha genel anlamda olacak ve her cins mermer için kabul edilebilir duruma gelecektir. Bu da mermer üreticileri için oldukça faydalı bir çalışma olacak ve bu çalışmaların sonuçlarını işletmelerinde kolayca uygulayabileceklerdir.

Kaynaklar

- 1 Bayram, F.; Kulaksız, S. and özçelik. Y., A Critical Approach To Usage of Diamond Segmented Frame Saws, 18th International Mining Congress & Exhibition of Turkey-IMCET 2003, Antalya, pp. 565-570, (2003).
- 2 Bayram. F., Elmas Lamalı Katraklarda Kesme Verimliliğinin İncelenmesi, Yüksek Mühendislik Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 131 s., (2002).
- 3 Kulaksız, S.; özçelik, Y.; Bayram, F.; Yaşitli. N.E. ve Atasoy, K, Elmas Lamalı Katraklarda Kesme Verimliliğinin İncelenmesi, Hacettepe Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Birimi, Proje No: 01 01 602 024, 149 s., (2002).
- 4 TSE, TS 699, Tabii Yapı Taşları- Muayene ve Denev Metotları, T.S.E Yayını, 82 s. (1987).
- 5 ISRM, Rock Characterization Testing and Monitoring; Suggested Methods, Oxford, J 6 p., (1981).

