

*Kayaların Testerelele Kesilebilirliğinin
Pratik Olarak Belirlenebilmesi İçin
İstatistiksel Bir Yaklaşım*

**A Statistical Approach For Practical Determination
of Sawability of Rocks**

Bahtiyar UNVER (*)

OZET

Kayaların dairesel kesicili tezgahlarda kesilebilirliği konusu işlenmiş taş ürünlerine olan talebin artması ile önem kazanmıştır. Bu makalede, kayaların kesilebilirliğinin belirlenebilmesi amacıyla yapılan kesme deneyleri sonuçlarının istatistiksel analizi konu edilmiştir. İstatistiksel analiz sonuçlarına bağlı olarak kayaların kesilebilirliğini etkileyen faktörler belirlenmiş ve regresyon denklemleri sayesinde güvenilir bir tahmin yöntemi geliştirilmiştir.

ABSTRACT

The increasing demand for stone products has inevitably increased the importance of stone cutting. This paper deals with the rock cutting trials and statistical analysis of the test results. Important factors affecting rock cuttability were found by means of factor analysis. Predictive equations that can be used for reliable prediction of rock cuttability were developed by means of regression analysis.

(*) Dr. Maden Müh., ELI Eyzet İşletme Müdürlüğü, SOMA

1. GİRİŞ

İşlenmiş taş ürünleri için artan talebin sonucunda dünyanın birçok yerinde yeni taş ocakları açılmıştır. Bunun sonucunda, üretilen taş ve taş ürünleri çeşidi de büyük ölçüde artmıştır. Taş ocaklarında üretilen taşın kesilerek şekillendirilmesi işlemi ve elmaslı dairesel testere seçimi ve tasarımı konuları önem kazanmıştır. Belirli bir taşın kesilebilmesi için uygun testerenin belirlenmesi işlemi ancak tecrübe yolu ile bulunmaktadır. Taşların kesilebilirliğinin belirlenebilmesi için değişik çalışmalar yapılmaktadır. Ancak, bu çalışmalar hem pahalı olmakta hem de çok zaman gerektirmektedir.

Bu makalede kayaların kesilebilirliğinin bulunması amacıyla Nottingham Üniversitesi'nde yapılan bir çalışmanın sonuçları ve parametreler arasındaki istatistiksel ilişkiler sunulmaktadır. Pratik kesme deneyleri İngiltere'deki De Beers Firması'nın Elmas Bölümü Teknik Servisi'nde yapılmıştır (Cassapi 1987). Elde edilen sonuçlar üzerinde yapılan istatistiksel faktör ve regresyon analizleri sonucunda kayaların kesilebilirliği hakkında hızlı ve güvenilir bir yöntem geliştirilmiştir (Cassapi, Ünver ve Singh 1987).

2. SEÇİLEN NUMUNELER VE PETROGRAFİK ÖZELLİKLERİ

Kesme deneyleri için 7 adet granit türü kaya ve 1 adet kumtaşı numunesi seçilmiştir. Seçilen numuneler ve değişik mineralojik ve sertlik özellikleri Çizelge 1'de sunulmuştur.

Numunelerin özellikle sağlam ve fiziksel ve kimyasal olarak aşınmamış olmasına özen gösterilmiştir. Numunelerden hazırlanan ince kesitler analiz edilerek, kayaların kesilebilirliğini etkilemesi açısından kuvars ve feldspat (plajiyoklaz ve ortoklaz) miktarları ve tane boyutları belirlenmiştir (Cassapi 1987).

3. KAY AÇ MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN BULUNMASI

Nuümunelerin petrografik ve ince kesit analizleri yapıldıktan sonra her numune üzerinde kesme deneyi ile birlikte çeşitli mekanik özelliklerin bulunması amacıyla bir dizi deney yapılmıştır. Çizelge 2'de aşağıda sıralanan deney sonuçları aşınma oranları ve kesme kuvvetleri ile birlikte verilmiştir (Cassapi 1987; Cassapi, Ünver ve Singh 1987).

- Tek eksenli basma dayanımı deneyi,
- Tek eksenli çekme dayanımı deneyi,
- Shore Skeleroskop sertlik endeksi deneyi,
- NCB konik sertlik endeksi deneyi,
- Cerchar aşınma endeksi deneyi,
- Kesme kuvvetlerinin bulunması,

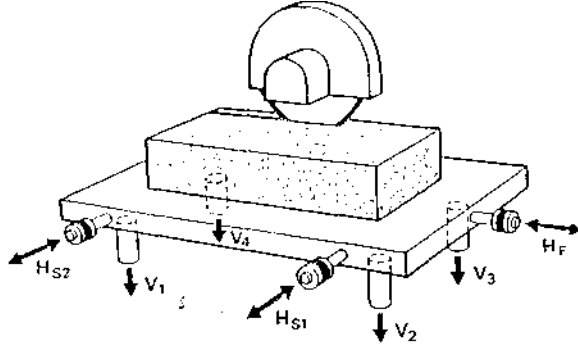
4. KESME DENEYLERİ

Kesme deneyleri Dairesel Gregori Testere'si kullanılarak yapılmıştır (Cassapi 1987). Kesici tezgahı, 350-4350 devir/dakika'lık bir dönüş

Çizelge 1. Numunelerin Değişik Petrografik Özellikleri

Numune Numarası	Ortalama		Kuvars		Plajiyoklaz		Ortoklaz		Diğer %
	Mohs Sertlik Sayısı	Kaya Türü	%	Tane Boyutu (mm)	%	Tane Boyutu (mm)	%	Tane Boyutu (mm)	
1	5.85	Gri Granit	15	1-4	40	1-5	35	3-10	10
2	6.05	Pembe Granit	20	0.0-5	20	0.7-2	-	-	50
3	5.63	Larvekit	-	-	-	-	80	4-7	20
4	6,05	KırmızıGranit	30	3-8	13	1-6	50	1-1.5	7
5	4.76	Diorit	20	0.1-0.4	45	0.5-1.5	-	-	35
6	6.38	Gabro	-	-	50	1-8	-	-	50
7	6.32	KırmızıGranit	25	0.5-3	20	1.5-5	55	2-6	-
8	5.9	Kumtaşı	70	0.125-0.25	(%30)	Bağlayıcı olarak	-	-	30

hızına olanak veren 95 kW gücünde ve doğru akımla çalışan bir motorla tahrik edilmiştir. Kesme deneyleri yapılırken yük algılayıcıları kullanılarak kesme yükleri ölçülmüştür (Cassapi 1987). Şekil 1 yük algılayıcılarının yerleştiriliş düzenini göstermektedir.



Şekil 1. Sabit kesicili deney düzeneği ve yük algılayıcılarının konumu.

Kesme deneyleri sırasında oluşan kuvvetler doğru akıma bağlanmış olan birim deformasyonlu kuvvet algılayıcıları (sealed strain gauged force transducers) tarafından grafiksel kaydediciye gönderilmiştir. Düşey kuvvetler birbirlerine paralel olarak bağlanmış olan V_1 , V_2 , V_3 , V_4 , yatay kuvvetler H_{s1} ve H_{s2} ve besleme kuvveti ise H_f algılayıcıları kullanılarak bulunmuştur.

Kesme deneyleri 600 mm çapında ve yüksek kaliteli sentetik elmas içeren bir dairesel testere kullanılarak yapılmıştır. Elmasların (SDA100) boyutu 30 - 40 meş olup bıçak üzerindeki konsantrasyonu 30 dur, (Konsantrasyon 100, kesici bıçak matrisinin bir cm^3 'ünde 4.4 karat elmasa eşittir). Dairesel testerenin çevresel kesme hızı 2100 m/dakika, kesme hızı 300 cm/dakika ve kesme derinliği 10 mm olarak seçilmiştir (Cassapi 1987).

5. DAİRESEL BIÇAKLARDA AŞINMA

Taşların kesilmesinde kullanılan bıçaklardaki aşınma çevre boyunca dolgu malzemesinin ve elmas parçacıklarının aşınması eşit ve düzenli bir şekilde olmalıdır (Buttner 1974). Kesici bıçağın çevresi boyunca içinde elmas bulunan dolgunun aşınma oranı elmas parçacıklarının aşınma oranından daha fazla olduğu zaman elmas parçacıklarının dökülmesi nedeniyle aşınma erken olmaktadır. Buttner (1974), elmas parçacıklarının durumunu bıçağın ömrü boyunca dört aşamada incelemiştir:

- 1 - Elmas parçacıklarının dolgu maddesi ile kaplı olması,
- 2 - Dolgu maddesinin aşınması sonucunda elmas parçacıklarının kesilen taş ile temas etmesi,

Çizelge 2. Numune Mekanik Özelliklerinin Özeti

Numune No	Birim Aşınma (mm/m ²)	Kesme Kuvveti (N)	Skleroskop Sertlik Endeksi	Konik Delici Sertlik Endeksi	Cerchar Aşınma Endeksi	Tek eksenli Basma Dayanımı (MPa)	Tek eksenli Çekme Dayanımı (MPa)
1	0.129	980	91.77	12.49	3.46	166.5	8.06
2	0.064	780	94.4	7.98	3.60	174.7	7.52
3	0.055	780	92.0	13.84	3.58	192.27	8.78
4	0.204	1075	98.90	16.04	2.84	158.88	6.87
5	0.030	700	81.08	9.89	3.75	194.77	11.89
6	0.085	830	82.00	14.04	3.32	211.80	12.51
7	0.124	915	97.10	12.43	3.98	190.06	10.89
8	0.019	300	42.5	2.77	2.12	83.68	4.52
Ortalama Değerler	0.08875	795	84.96	11.18	284	171.58	8.88

3 - Kesme işlemi sırasında elmas parçacıklarının aşınması,

4 - Dolgu maddesinin aşınması ve elmas parçacıklarının yerinden koparılması.

6. DENEY SONUÇLARININ İSTATİSTİKSEL ANALİZİ

Deneylerden elde edilen sonuçların istatistiksel analizini verimli bir şekilde yapabilmek için değişkenler bağımlı ve bağımsız olmak üzere iki gruba ayrılmıştır.

Aşınma oranı ve kesme kuvveti kesilecek kayacın petrografisine, mineralojisine ve değişik mekanik özelliklerine bağımlı olarak değişmektedir. Böylece aşınma oranı (specific wear rate mm/m²) ile bağımsız değişkenler arasında ilişki kurulması amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda, istatistiksel analiz yapılmasında aşağıdaki işlem sırası takip edilmiştir:

1 - Yapılan her deney için ayrı ayrı aşınma oranları ile kayaç özellikleri arasındaki ilişkinin istatistiksel faktör analizi sonucu belirlenmesi.

2 - Değişik mineralojik, petrografik, endeks ve kayaç mekanik özelliklerinin aşınma üzerindeki birleşik etkilerinin belirlenerek çok değişkenli regresyon analizinin yapılması,

3 - Aşınma oranına en çok etki eden faktörler kullanılarak, aşınma oranlarının sağlıklı ve güvenilir bir şekilde önceden tahmin edilebilmesini sağlayacak olan çok değişkenli regresyon denklemlerinin bulunması.

6.1. Aşınma Oranları ve Kayaç Özellikleri Arasındaki İlişkinin İstatistiksel Faktör Analizi ile Bulunması

Mineralojik ve petrografik incelemeler ve değişik deneyler sonucu elde edilen sonuçlar ICL 3100 seri bir sistem bilgisayara yüklenmiş ve Penn State Üniversitesi tarafından yazılmış olan "Minitab" adlı istatistiksel analiz paket programı kullanılarak analiz edilmiştir. İlk olarak, aşınma oranları ile değişik kayaç özellikleri ile ilgili parametreler arasındaki ilişkiler bulunmuştur. Bağımlı değişken olan aşınma oranları ile diğer parametreler arasındaki ilişkiler bulunurken önce ilişki grafiksel olarak görülmüş ve baz olarak da korelasyon katsayıları alınmıştır.

Çizelge 3'de aşınma oranları ve diğer değişkenler arasındaki korelasyon katsayıları toplu olarak verilmiştir. Çizelgeden de görülebileceği gibi aşınma oranı ile kuvars tane boyutu, plajiyoklaz tane boyutu, konik nokta sertliği, Shore Skleroskop ve Mohs sertlik endeksleri arasında oldukça belirgin bir doğrusal korelasyon mevcuttur.

6.2. Aşınma Oranları ve Kayaç Mineralojik ve Mekanik Özellikleri Arasındaki İlişki

Çizelge 2'de verilen değerler incelendiğinde en sert kayaç olan 4 nolu numune kırmızı granitin kesilmesindeki aşınma, ikinci sert kayaç olan 1 nolu gri granitin kesilmesindeki aşınmadan % 58 daha fazla olarak gerçekleşmiştir. 8 nolu numune olan York kumtaşının kesilmesindeki aşınma en sert numune olan kırmızı granite oranla % 90 daha az olmuştur (Cassapi 1987).

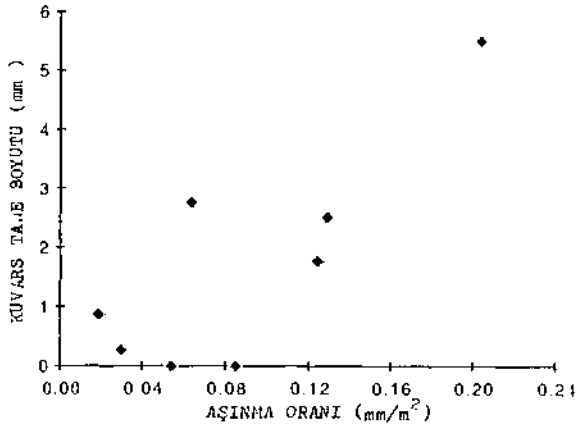
Değişik numunelerin kesilmeleri sırasında oluşan aşınma oranları arasında direkt bir ilişki bulunamamıştır. Bu sonuç, kaya kesimi endüstrisinde yaygın olarak kullanılan ve kayaç kesilebilirliğinin kuvars içeriği ile açıklandığı ampirik yöntemle bağdaşmamaktadır.

Aşınma oranları ile ortalama kuvars tane boyutu, ortalama plajiyoklaz tane boyutu, Shore Skleroskop ve Mohs sertlik endeksleri arasındaki ilişkiler grafiksel olarak sırasıyla Şekil 2, 3, 4 ve 5'de verilmiştir. Şekillerden de görülebileceği gibi aşınma oranları ile adı geçen parametreler arasında anlamlı bir faktörel ilişki vardır. İstatistiksel olarak, değişik parametrelerin birleşik ilişkilerinin regresyon analizi sonucu bulunması ile çok yararlı bir aşınma oranı tahmin yöntemi geliştirmek mümkündür.

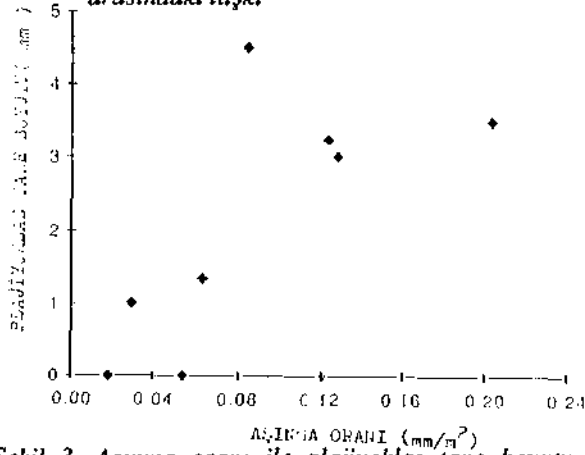
Yapılan faktör analizi sonucunda, tek eksenli basma ve çekme dayanımı deney sonuçlarının aşınma oranları ile anlamlı ilişkilerinin olmadığı gözlenmiştir. Buna karşılık tek eksenli basma ve çekme deney sonuçları ile kesme kuvveti değerleri arasında belirgin bir doğrusal ilişki olduğu anlaşılmıştır. Diğer taraftan, Cerchar aşındırıcılık endeksi değerleri ile aşınma oranları arasında belirgin bir ilişki bulunamamıştır. Bu durumun nedeninin Cerchar aşındırıcılık endeksi değerlerinin büyük tane boyutlu kayaçlarda, kayacın genel aşındırıcılık karakteristiğinin

Çizelge 3. İtastiksel Analiz Sonucunda Elde Edilen, Değişkenler Arasındaki Doğrusal Korelasyon Katsayıları

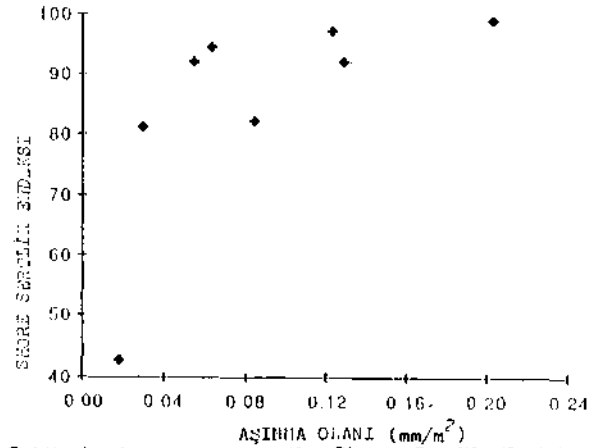
	Aşınma Oranı	Kesme Kuvveti	Shore Sertliği	Konik Nokta Sertliği	Cerchar Aşındır. Endeksi	Tek Eksenli Basma Dayanımı	Tek Eksenli Çekme Dayanımı	Moh's Sertliği	Kuvars Tane Boyutu	Kuvars Yüzdesi	Plajiy. Tane Boyutu	Plajiy. Yüzdesi	Ortoklaz Tane Boyutu	Ortoklaz Yüzdesi
Kesme Kuvveti	0.846													
Shore Sertliği	0.641	0.921												
Konik Nokta Sertliği	0.717	0.889	0.801											
Cerchar Aşındır. Endeksi	0.064	0.532	0.737	0.457										
Tek Eksenli Basma Day.	0.140	0.608	0.755	0.649	0.869									
Tek Eksenli Çekme Day.	-0.037	0.347	0.401	0.484	0.735	0.834								
Moh's Sertliği	0.461	0.252	0.143	0.188	-0.150	-0.019	-0.132							
Kuvars Tane Boyutu	0.850	0.645	0.530	0.374	-0.078	-0.060	-0.363	0.287						
Kuvars Yüzdesi	-0.170	-0.629	-0.721	-0.741	-0.740	-0.919	-0.701	0.004	0.095					
Plaj. Tane Boyutu	0.723	0.703	0.475	0.637	0.213	0.410	0.447	0.474	0.412	-0.361				
Plajiyoklaz Yüzdesi	-0.219	-	-0.324	-0.181	-0.013	0.073	0.430	-0.145	-0.319	-0.006	0.367			
Ortoklaz Tane Boyutu	0.307	-	0.422	0.420	0.367	0.132	-0.007	0.063	0.060	0.361	-0.033	-0.345		
Ortoklaz Yüzdesi	0.048	-	0.361	0.348	0.457	0.240	0.122	0.047	-0.212	-0.394	-0.182	-0.561	0.854	



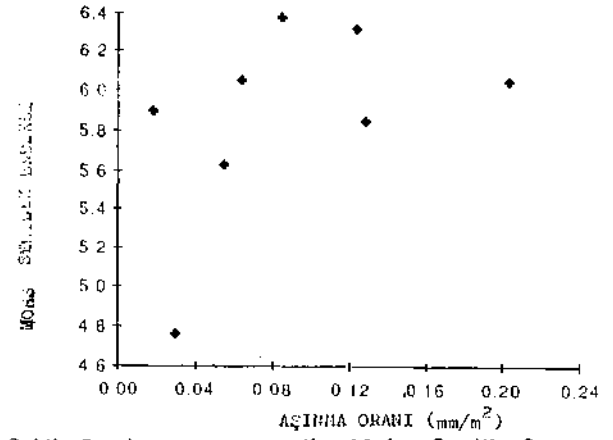
Şekil 2. Aşınma oranı ile kuvars tane boyutu arasındaki ilişki



Şekil 3. Aşınma oranı ile plajiyoklaz tane boyutu arasındaki ilişki



Şekil 4. Aşınma oranı ile Shore Sertlik Endeksi arasındaki ilişki



Şekil 5. Aşınma oranı ile Mohs Sertlik Sayısı arasındaki ilişki

bulunması yerine, geneli temsil etmeyen tanelerin aşındırıcılık değerinin bulunması olduğu kanısına varılmıştır.

6.3. Kesme Kuvvetine Etki Eden Faktörler

Kesme kuvvetine etki eden faktörler ve ista-

tistiksel detaylar Çizelge 4'de verilmiştir. Kesme kuvveti ile sertlik endeks değerleri, Cerchar aşındırıcılık endeksi, Plajiyoklaz ve kuvars tane boyutları arasında doğrusal bir ilişkinin olduğu görülmüştür.

Çizelge 4. Kesme Kuvveti ile Değişik Parametreler Arasındaki İstatistiksel İlişki

Bağımlı Değişken	Bağımsız Değişken	Doğrusal Korelasyon Katsayı	İstatistiksel Güvenilirlik %
Kesme Kuvveti	Shore Sertliği	0.921	99.95
	Konik Nokta Sertliği	0.889	99.95
	Plajiyoklaz Tane Boy.	0.703	98.75
	Kuvars Tane Boyutu	0.645	98.0
	Tek Eks. Basma Day.	0.608	96.75
	Cerchar Aşındır. End.	0.532	92.50

7. KAYALARIN KESİLEBİLİRLİĞİNİN TAHMİNİ İÇİN ÇOK DEĞİŞKENLİ REGRESYON ANALİZİ

7.1. Aşınma Oranlarının Regresyon Denklemleri ile Tahmin Edilmesi

Doğrusal faktör analizinin sonuçları değerlendirilerek aşınma oranına en çok etki eden aşağıdaki beş değişik faktör, çok değişkenli regresyon analizinde kullanılmıştır.

1. Shore sertlik endeksi,
2. Konik nokta sertlik endeksi,
3. Kuvars tane boyutu,
4. Plajiyoklaz tane boyutu,
5. Mohs sertlik endeksi,

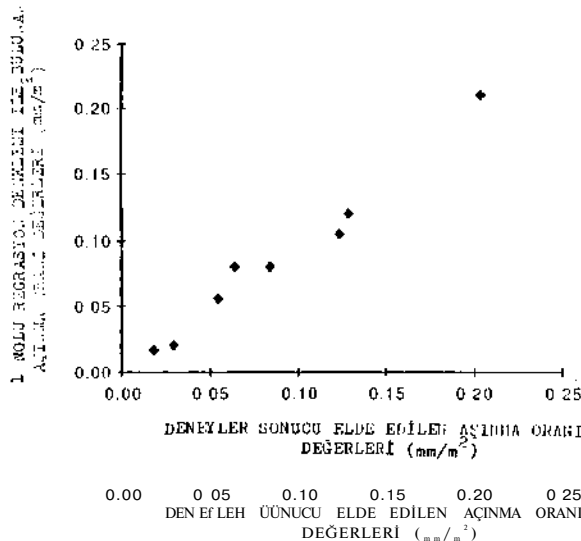
Tek eksenli basma ve çekme dayanımı deney sonuçları ile Shore ve konik nokta sertlik endeks değerleri arasında çok belirgin bir ilişkinin bulunması nedeniyle istatistiksel olarak abartılmış etkiden kaçınmak amacıyla tek eksenli basma ve çekme deneyi sonuçları regresyon analizinde kullanılmamıştır.

Aşınma oranlarının tahmin edilebilmesini sağlayan ve çok değişkenli regresyon analizi sonucunda bulunan formül aşağıda verilmiştir.

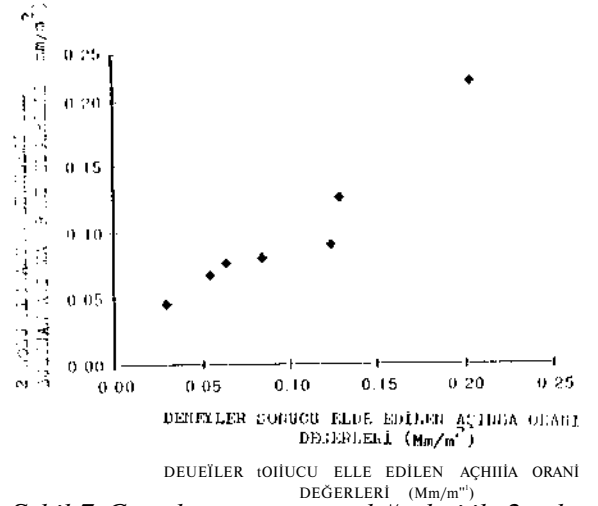
$$Y = -0.059 - 0.008X_1 + 0.0077X_2 + 0.0138X_3 + 0.0212X_4 + 0.054X_5 \quad (1)$$

Y Aşınma oranı (mm/m²)

X₁ Shore sertlik endeksi



Şekil 6. Gerçek aşınma oranı değerleri ile 1 nolu regresyon denklemi ile bulunan aşınma oranı değerleri arasındaki ilişki



Şekil 7. Gerçek aşınma oranı değerleri ile 2 nolu regresyon denklemi ile bulunan aşınma oranı değerleri arasındaki ilişki

X₂ Konik nokta sertlik endeksi

X₃ Mohs sertlik endeksi

X₄ Kuvars tane boyutu (mm)

X₅ Plajiyoklaz tane boyutu (mm)

Yukarıda verilen regresyon denkleminin korelasyon katsayısı 0.98'dir. Bu değer istatistiksel olarak 1 nolu eşitliğin kullanılmasıyla bulunan aşınma oranı değerlerinin % 99.99 oranında güvenilir olduğunu belirtmektedir. 1 nolu regresyon eşitliğiyle bulunan değerler ile gerçek değerler arasındaki ilişki grafiksel olarak Şekil 6'da verilmiştir.

1 nolu regresyon denkleminde kullanılan Shore sertlik, konik nokta sertlik ve Mohs sertlik endeksleri kayaç sertliği ölçüleridir ve birbirleri ile karşılıklı olarak bağımlıdır. Bu nedenle kayaç sertliğini temsilen konik nokta sertlik endeks değerinin kullanıldığı ve üç değişken ile yapılan regresyon analizi sonucu bulunan regresyon eşitliği aşağıda sunulmuştur.

$$Y = 0.00248 - 0.0018X_1 + 0.0098X_2 + 0.024X_3 \quad (1)$$

Y Aşınma oranı (mm/m²)

X₁ Konik nokta sertlik endeksi

X₂ Kuvars tane boyutu (mm)

X₃ Plajiyoklaz tane boyutu (mm)

Yukarıda verilen regresyon denkleminin korelasyonu 0.967 olarak bulunmuştur. Bu değer istatistiksel olarak anlamı 2 nolu denklem ile bulunan aşınma oranı değerlerinin % 99.95 oranında güvenilir olduğudur. Şekil 7'de 2 nolu regresyon denklemi ile bulunan değerler ile gerçek ölçülen değerler arasındaki ilişki verilmiştir.

7.2. Gerekli Olan Kesme Kuvvetinin Regresyon Denklemleri İle Tahmin Edilmesi

Doğrusal faktör analizinin sonuçları değerlendirilerek kesme kuvvetini en çok etkileyen beş faktör, etkinin derecesine göre, aşağıda sıralandığı şekilde bulunmuştur.

1. Shore sertlik indeksi
2. Konik nokta sertlik indeksi
3. Plajiyoklaz tane boyutu
4. Kuvars tane boyutu
5. Kuvars içeriği yüzdesi

Yukarıda sıralanan değişkenlerin kullanımı ile yapılan çok değişkenli regresyon analizi sonucu bulunan ve en yüksek korelasyonu olan regresyon denklemi aşağıda verilmiştir.

$$N = 211 - 8.86X_1 + 10.2X_2 - 1.93X_3 + 11.4X_4 - 2.12X_5 + 38.3X_6 \quad (3)$$

- N Gerekli olan kesme kuvveti (N)
 X_1 Shore sertlik indeksi
 X_2 Konik nokta sertlik indeksi
 X_3 Tek eksenli basma dayanımı (MPa)
 X_4 Kuvars tane boyutu (mm)
 X_5 Kuvars içeriği yüzdesi
 X_6 Plajiyoklaz tane boyutu (mm)

Yukarıda verilen regresyon denkleminin korelasyon katsayısı 0.993 olarak bulunmuştur. İstatistiksel olarak 3 nolu denklem ile % 99.95 oranında güvenilir olarak kesme kuvveti tahmini yapılabilir. Şekil 8'de 3 nolu regresyon denkleminin kullanılması ile bulunan kesme kuvveti değerleri ile ölçülen kesme kuvveti değerleri arasındaki ilişki grafiksel olarak görülmektedir.

Kesme kuvveti bulunması işlemini kolaylaştırmak amacıyla Shore ve Konik Nokta

Sertliği endeks değerleri olmak üzere iki değişkenli bir regresyon analizi yapılmış ve aşağıdaki regresyon denklemi bulunmuştur.

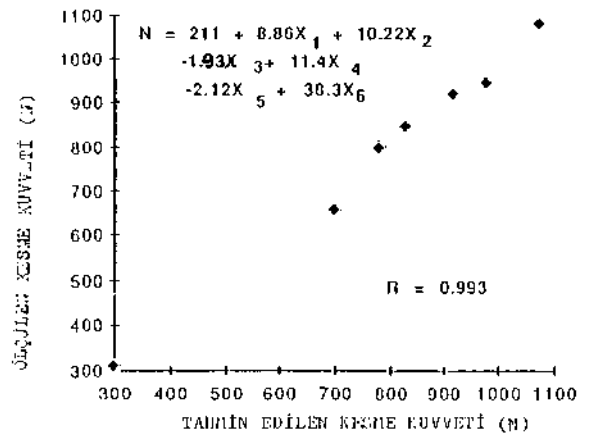
$$N = -98.6 - 7.44X_1 + 23.4X_2 \quad (4)$$

N Kesme kuvveti (N)

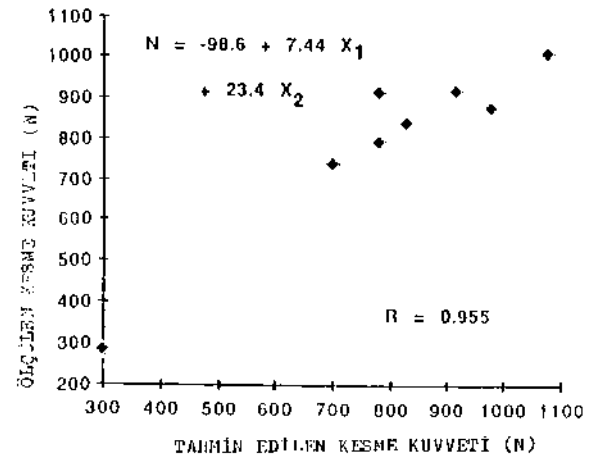
X_1 Shore sertlik indeksi

X_2 Konik nokta sertlik indeksi

Yukarıda verilen regresyon denklemini için korelasyon katsayısı 0.995 olarak bulunmuştur. İstatistiksel olarak 4 nolu denklem ile % 99.95 oranında güvenilir olarak kesme kuvveti tahmini yapılabilir. Şekil 9'da 4 nolu regresyon denklemi kullanılarak bulunan kesme kuvveti değerleri ile ölçülen kesme kuvveti değerleri arasındaki ilişki grafiksel olarak görülmektedir.



Şekil 8. Deneyler sırasında ölçülen ve 3 nolu regresyon denklemi ile bulunan kesme kuvveti değerleri arasındaki ilişki



Şekil 9. Deneyler sırasında ölçülen ve 4 nolu regresyon denklemi ile bulunan kesme kuvveti değerleri arasındaki ilişki

SONUÇ

Kayaların tezgahlarda kesilmesi, birbirine bağılı bir çok faktörün ortak etkileşimi sonucu oldukça karmaşık bir işlemdir. İstatistiksel analiz sonucunda kayaç kesilebilirliği açısından en önemli faktörlerin genel kayaç sertliği ve sert minerallerin tane boyutları olduğu görülmüştür. Sert minerallerin tane boyutları arttıkça kesme işleminin güçleştiği anlaşılmıştır. Özellikle kuvars, plajiyoklaz ve ortoklaz tane boyutlarının miktarları ile birlikte kritik faktörler olduğu tespit edilmiştir.

Kayaların kesilebilirliği teknik ve ekonomik açıdan oldukça önemli bir konudur. Bu yazıda

açıklanan istatistiksel yöntemle kayaç kesilebilirlik tahmini, denenen örnek sayısının az olmasına rağmen istatistiksel ilişkilerin kuvvetli ve anlamlı olması dolayısıyla, güvenilirlik sınırları içinde yapılabilir.

KAYNAKLAR

- BUTTNER, A., 1974; "Diamonds Tools and Stone", Industrial Diamond Review, March, pp. 75-79.
- CASSAPI, V.B., 1987; "Factors Influencing the Sawability of Stones" Nottingham Üniversitesi, Doktora Tezi, İngiltere.
- CASSAPI, V.B., ÜNVER, B. ve SINGH, R.N., 1987; "Statistical Assessment of Sawability of Rocks", De Beers Firması İçin Hazırlanan Proje Raporu, 53 p.