

ZONGULDAK KOMUR , HAVZASINDAKİ FORMASYONLARIN JEOMEKANİK ÖZELLİKLERİNİN BURGU DAVRANIŞLARINA ETKİSİ

Nuh BİLGİN**)

ÖZET

Bu çalışmada, Kozlu, Üzülmöz ve Karadon Bölgelerindeki değişik 12 formasyonda burgu ilerleme hızları ölçülmüştür. Alman numunelerin, jeoteknik özellikleri İngiltere'nin Newcastle Upon Tyne üniversitesinde ve İ.T.Ü. Maden Fakültesinin Laboratuvarlarında yapılan deneyler sonucu tespit edilmiştir.

Burgu hızı ile jeoteknik özellikler arasındaki istatistiksel olarak anlamlı ilişkileri en iyi, sırasıyla, Shore sertliği, konil delici değeri, çekme dayanımı, basınç dayanımı, elastisite modülü ve nokta yük değerleri vermektedir. Bu istatistiksel bağıntılardan kayaç özelliklerini güvenilir bir şekilde hesaplamak mümkün olmaktadır.

SUMMARY <

Penetration rates of percussive drill bits were measured in 12 different roadways in Kozlu, Karadon and Üzülmöz Region of Zonguldak Coal Field. The geotechnical properties of the rock specimen taken from the same roadways were determined in the laboratories of the University of Newcastle Upon Tyne and in the Mining Faculty of the Istanbul Technical University.

Rock properties such as, Shore scleroscope hardness, cone indenter index, tensile strength, compressive strength, elasticity modulus and point load strength index showed the best statistical relationships with drill bit penetration rates.

(*) Dr. Maden Y, Mühendisi, İTÜ Maden Fakültesi, İSTANBUL.

1-GİRİŞ VE AMAÇ

Hergün değişik sorunlarla karşılaşan Maden Mühendisi tasarım sorunlarına çözüm ararken sürülecek galerilerde ve açılacak kuyularda karşılaşacağı formasyonların veya üretim yerlerindeki tavan, taban kayaçlarının jeomekanik özelliklerini bilmek zorunluluğunu hisseder. Çözüm kesin ve çabuk olmalıdır. Formasyonlardan alınan numunelerin araştırma laboratuvarlarına gönderilmesi ve gelen neticelerin değerlendirilmesi uzun süreler almakta ve bazende oldukça büyük yükler getirmektedir. Bu nedenle daha kolay çözümlere gitmek için indeks değerleri veren deneyler geliştirilmiş ve uygulamaya koyulmuştur (1). Shore scleroscope'u, Schmidt çekici, nokta yük aleti bu türdendirler. Diğer bir yaklaşımda burgu davranışlarından yararlanarak jeomekanik özelliklerin tahminidir. Bu çözüm, her ocakta zaten basınçlı hava şebekesinin mevcut olmasından, daha çabuk, kolay ve ekonomik olarak gözükmektedir. Amerikan Madencilik Dairesinde ve diğer bazı araştırma merkezlerinde burgu hızından yararlanılarak formasyonların fiziksel ve mekanik özelliklerin hesap edilmesi üzerine yoğun çalışmalar yapılmış ve neticeler yayınlanmıştır (2). Bu neticelerin genelleştirilip çok değişik şartlarda çalışan EKİ'ne uygulanabilirliğinin araştırılması için benzer çalışmaları EKİ'nin değişik bölgelerine uygulamak gerekir.

2- ARAŞTIRMA YÖNTEMLERİ

ölçüler Kozlu, Üzülmaz ve Karadon Bölgelerinin 12 değişik formasyonunda yapılmıştır. Neticeler Çizelge 1 de verilmektedir. Çalışmaların tümü boyunca MAZ tipi mar-toperferatör'ler kullanılmıştır. Kullanılan burgular monoblok tipinde ve MAZ yapısıdır.

ölçümler sırasında hava basıncı devamlı kontrol edilmiş ve 4-4.2 Atü işletme başm- andaki ölçüler esas alınmıştır. Meyilli deliklerde yapılan ölçmeler hesaba katılmamıştır. Burgu hızı olarak verilen her değer beş delikten alınan değerlerin ortalamasıdır ve delik uzunluğunun beklèmeler dışındaki delme süresine bölünmesiyle bulunmuştur. Her defasında yeni bilmiş burgunun kullanılmasına özen gösterilmiştir.

3- NUMUNELERİN FİZİKSEL VE MEKANİK ÖZELLİKLERİ

Numune özellikleritabakalaşmadüzlemlerine dik ve paralel yönde değişiklik gösterir. Bu nedenle deneyler burgu ilerleme yönüne paralel olarak yapıldı. Yapılan her deney hakkında kısa bilgiler aşağıdadır. Neticeler çizelge 2 ve 3 de verilmiştir.

3.1. Tek Eksenli Basıncı Dayanımı ve Çekme Dayanımı

30 x 60 mm boyutlarındaki silindirik numuneler belirlenen standartlara göre önce fırınlarda kurutuldu, tartıldı ve birim hacim ağırlıkları bulundu. Daha sonra her numune 6.9 kg/cm²/saniyelik yükleme hızında kırıldı.

Çekme dayanımı için 30 x 30 mm boyutundaki numunelere Brazilian yöntemi uygulandı. -.

3.2. Elâstisite Modülü

Malzemenin elâstisitesi onun deformasyona karşı gösterdiği dayanımdır. Her kayaç

için basınç ve birim kısalım bağlantıları kırılma yüküne kadar melanik komparatörler ile kaydedildi ve elastisite modülü kırılma yükünün % 50 sinden çizilen teğetten bulundu.

Çizelge-1: Ölçü Yapılan Yerlerde Burgu Hızları

No.	Yer	Formasyon	Burgu Hızı (m/dak)	Tadfti,
KOZLU				
1	> 21191, +18 Kılıçlar Başyukarı	Kalker	15.2	10.1.,1980
2	21910, Uzun Mehmet Ana Lâğım	Çamurtaşı	33-*	5.5,1980
3	21196, +25 İhsaniye Akrösaj Lâğımı	Kumtaşı	24.0	5.5,1980
4	22929, İncirharmanı Sulu Başyukarı	Kumtaşı	21.0	6.5.1980
5	22929, İncirharmanı Sulu Başyukarı	Konglomera	2.5	7.5.1080
6	21918, Uzun Mehmet Ana Lâğım	Kumtaşı		
ÜZÜLMEZ				
7	34452,-200/250 Desandri	Konglomera	33,1	10.1.1980
8	34334,69. Ocağı, -100 Kuzey Lâğımı	Açık R. Kumlası	29,9	11.3.1981
9	34334,69 Ocağı, -100 Kuzey Lâğımı	Koyu R. Kumtaşı	32.1	11.3.1981
10	32353, Kemer Baca, Kertli Geçme	Kumtaşı	15.0.	12.3.1981
11	Aynı yer, arına 100 m geride	Çamurtaşı*	27.0	12.3,1981
KARADON				
12	40216,-150 Ana Lâğım	Kumtaşı	13.4	1.8.1980

3.3. Nokta Yük Ölçmeleri

Nokta yük aleti basit, kolay netice veren taşınabilir bir cihazdır (Şekil 1). Numune iki konik başlık arasında, hidrolik el presi ile kırılır ve kırılma yükü tespit edilir. Nokta yük değeri ile kayacın tek eksenli bastırma dayanımı arasındaki lineer bağlantı vardır (3).

$$I_s = \frac{P}{d^2} ; \sqrt{c} = 24. I_s$$

Burada :

I_s = nokta yük değeri,

s

d = deney başlıkları arasındaki numune yüksekliği

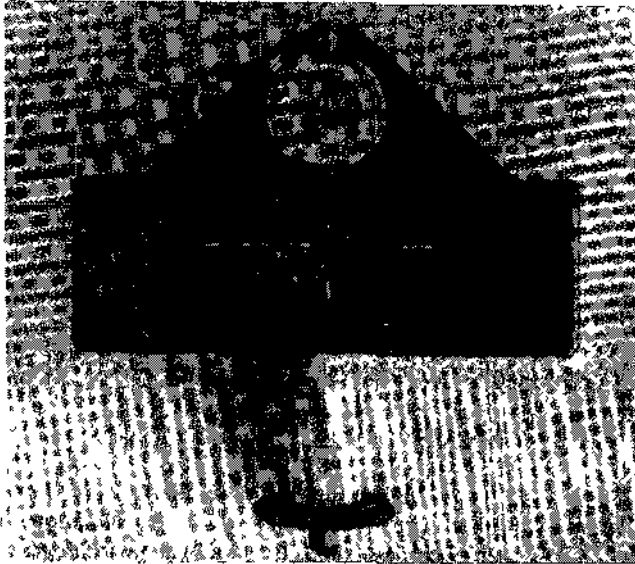
P = kırılma yükü,

c = kayacın tek eksenli basınç dayanımıdır.

Deney gayri muntazam numuneler üzerinde yapıldığı takdirde, d=5 cm; d/L=1-1.4 olmalı, silindirik numunelerde ise çapsal yüklemde d/L=1.5 olmalıdır. Burada L numune uzunluğudur. Karot çapı 5 cm den farklı ise verilen abaklardan gerçek nokta yük değeri bulunmalıdır. Alet esas olarak arazide kullanılmak üzere geliştirildiğinden çizel-



Şekil - 1 • % kt a Vüjce Deney Aleti



Şekil - 2 : Koni Delici Deney Aleti

ge 2 ve 3 de verileri türt noktâ yük değerleri için gayri muntazam numuneler kullanılmıştır.

3.4. Koni Delici Üe Yapılan Ölçmeler

Şekil. 2 de verilen alet İngiliz Kömür idaresi Laboratuvarlarında geliştirilmiştir. 60° sivriltilmiş tungsten karbid uç 25 x 25 x 6 mm boyutlarındaki numuneye belli kuvvet altında batırılıp batma derinliği ölçülür. Batma derinliği kayacın sertliğini verir. İri taneli kayaçlarda kullanılması hatalıdır. Uç devamlı mikroskop altında kontrol edilmeli, belirli bir körelme yarıçapında kullanılmamalıdır. Koni delici değeri ile kayacın tek eksenli basınç dayanımı arasında aşağıdaki bağıntı vardır.

$$\sqrt{c} \approx KD \times 24.8$$

Butada:

$$\sqrt{c} \neq \text{kayacın basınç dayanımı, MN/m}^2$$

KD * koni delici değeri.

Bazı yazarlar koni delici değerini kayacın basınç dayanımını bulmak için kullanma yerine kayacın ayrı bir özelliği olarak kullanmanın daha doğru olacağını İleri sürmektedirler (4).

3.5. Schmidt Çekici Deneyleri

N tipi Schmidt çekici ile yerinde sertlik deneyleri yapılmıştır. Cihazda mevcut çelik uç bir yay vastasıyla kurulur/ ölçü yapılan yüzeye uç çarpar ve geri döner. Zıplama mesafesi sertliği verir. İlk değerden sonra değerler yükselir ve belirli bir noktadan sonra sabit kalır. Sertlik değeri olarak 20'ci ölçü alınır. Kayacın plâstisite değeri ise 20'ci değer ile ilk değer arasındaki yüzde farktır ve aşağıdaki gibi hesaplanabilir.

$$PD = \frac{SD_{20} - SD_1}{SD_{20}} \times 100$$

Burada;

PD = kayacın plâstisite değeri,

SDf= birinci ölçmedeki Schmidt değeri,

SD20 = yirminci ölçmedeki Schmidt degeridfr.

3.6 Shore Scleroscope Sertliği

Elmas uçlu bir ağırlık önceden hazırlanmış kayaç üzerine düşürülür. Ağırlık skalalı cam tüp içinde serbestçe gidip gelebilmektedir. Elmas uçlu ağırlığın zıplama yüksekliği Shore sertliğini verir. Her zıplamadan sonra yüzey kompaktlaştığından, sertlik değeri belirli bir zıplama sayısına kadar yükselir ve sabit kalır. Her noktada 15 okuma yapılır. Schmidt çekicinde olduğu gibi Shore plâstisite değerinfde hesaplamak mümkündür.

Kıngjomera gibi çok iri tanelerin bulunduğu kayaçlarda, elrflş MÇ her noktada değişik yüksekliklere iplayacaktır. Bu nederle bu gibi yapı gösteren kayaçlarda değişik bir yöntem uygulanır. Yüzeyi elmas testere ile kesilmiş numune 1 x 1 cmjik karelere ayrılır ve gözle ayırt edilen yapılar kendi aralarında saplandırılır ve tüm yüzeydeki oram lan hesap edilir. Numuneyi temsil eden Shore sertliği ise ağırlıklı ortalamaya göre bulunur.

3,7 Darbe Dayanım Değeri

Klâsik yöntemde 9.5 - 3.2 mm boyutlarına kırılmış 10 gm numune 30.5 cm uzunluğunda ve 4.45 cm çaplı çelik silindir içersine boşaltılır, 1.8 kg ağırlığındaki çelik ağırlık numune üzerine 20 defa düşürülür ve 3.2 mm boyutunun üzerindeki numune ağırlığı darbe"dayanım değeridir (5). Kolaylık olması açısından bu yöntemle elde edilen değere darbe dayanım 1 değeri denilecektir. Bu yöntem Amerikan Madencilik Dairesinde değiştirilmiştir (6). Aynı deney aygıtını kullanarak verilen esaslar çerçevesinde her kayaç çekiçle parçalara ayrıldı ve elendi. 25 mm - 19 mm arasındaki parçalar eşit hacimlerde oldukları kabul edilerek 6 şar adetlik gruplara bölündü. Her grup kendi arasında ikişer ikişer ayrılarak deney silindirine koyuldu ve belirli bir darbe sayısı uygulandı. Çıkan parçaların tümü 2 mm lik elekten elendi ve elek altı tartılıp numune birim hacim ağırlığına bölünerek son ürünün solid hacmi hesaplandı. Diğer her grup ise değişik darbe sayıları-la kırıldı ve darbe sayısı ile darbe sayısı/ ufalanan hacim eğrisi çizildiğinde elde edilen minimum darbe sayısı/ufalanan hacim değeri, darbe dayanım 2 değeri olarak alındı.

4- DELME HIZLARI İLE KAYAÇ ÖZELLİKLERİ ARASINDAKİ BAĞINTILAR

Burgu hızının kayaç özelliklerinden yararlanılarak önceden hesaplanabilmesi, özellikle maden projesi yapan bir mühendis için önemlidir. Hesaplama ne kadar sağlıklı olursa galeri termin plânları o derece uygulanabilir olacaktır. Diğer yönden bu yöntem madencilik faaliyetleri içinde olan kişiye de formasyonların özelliklerini, kolay ve çabuk bir şekilde belirlemesini sağlıyacaktır.

Zonguldak Kömür Havzasında yapılan çalışmalarından elde edilen sonuçlara dayanarak burgu hızının kayaç özellikleriyle ne şekilde değiştii Şekil 3-12 de verilmiştir. Aşağıdaki istatistiksel bağıntılardan anlaşılacağı gibi en iyi neticeler sırasıyla; Shore sertliği, koni delici değeri, çekme dayanımı, elâstisite modülü ve nokta yük değerlerinden elde edilmiştir.

SD= 116.15 - 1.96 DH	Korelasyon katsayısı	0.976
KD= 6.76 - 0.159 DH	Korelasyon katsayısı	0.873
\$ 1 = 170.12 - 4.54 DH	Korelasyon katsayısı	0.863
İïc= 1992.8 - 49.72 DH	Korelasyon katsayısı	0.800
E = 489530 - 12187.33 DH	Korelasyon katsayısı	0.794
NY=93.96 - 2.35 DH	Korelasyon katsayısı	0.777

Bu bağıntıda;

DH = delme hızı cm/dak,

SD = Shore sertliği,

- KD = koni delici değeri,
 \sqrt{t} = çekme dayanımı kg/cm²,
 \sqrt{c} = basınç dayanımı kg/cm²
E = elâstisite modülü kg/cm²,
NY = nokta yük değeri kg/cm².

Şekil 9 ve 10 dan görüldüğü gibi, Schmidt çekici ve darbe dayanım 2 değerleri ile burğu hızları arasında hiç bir bağıntı yoktur*. Schmidt çekici ile yapılan ölçmelerin, arının kırıklı ve çatlaklı oluşu nedeni ile , gerçek sertlik değerini yansıtmadığı söylenebilir. Tarkoy, tünel açma makineleri için yaptığı gözlemlerde buna değinmiştir (7). Amerikan Madencilik Dairesinde çalışan araştırmacılar darbe dayanım 2 deneyi için kayalar kırılabilirliklerine göre sınıflandırmışlar ve değerlendirmeyi her grup için ayrı ayrı yapmışlardır. Aynı düşünceyle hareket edilerek, sadece kumtaşları için çizilen 11 ve 12 nolu şekiller, kayaları kendi aralarında gruplandırmanın darbe dayanım deneyi için daha uygun olduğunu göstermiştir.

5-SONUÇLAR

Zonguldak Kömür Havzasında burğu davranışının etüdü adlı bu çalışmada varılan sonuçları kısaca aşağıdaki gibi sıralamak mümkündür.

1) 12 değişik yerde, ölçü yapılan formasyonlardan alınan numunelerin basınç dayanımları 310 kg/cm² den 1714 kg/cm² ye, çekme dayanımları 21 kg/cm² den 127 kg/cm² ye, elâstisite modülleri 0.91×10^6 kg/cm² den 4.18×10^6 kg/cm²ye kadar değişmektedir.

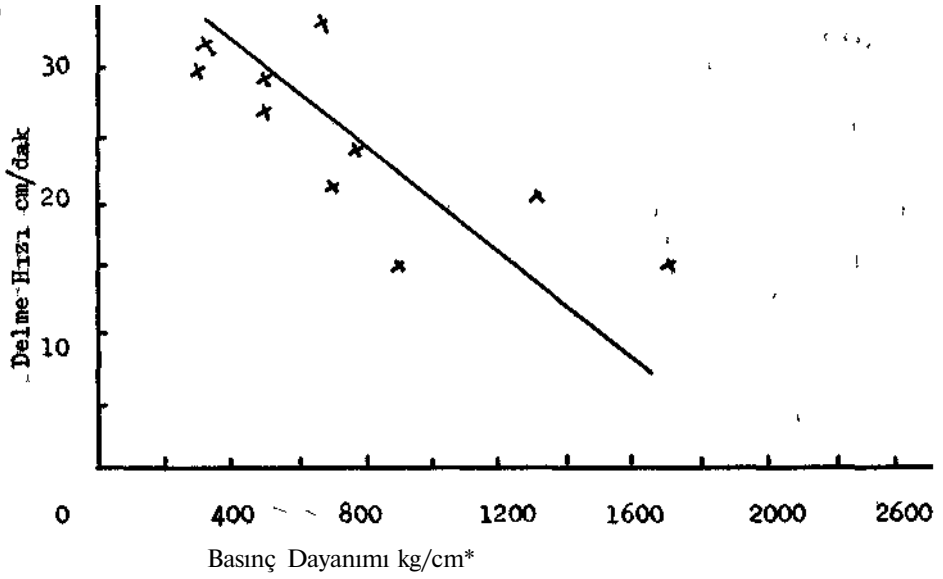
2) Amerikan Madencilik Dairesinde uygulanan yöntemle ölçülen darbe dayanım değerleri 0.42 ile 4.28 arasında, klâsik yöntemle ölçülen darbe dayanım değerleri 52 ile 84.1 arasında bulunmuştur.

3) önceden belirlenen şartlarda 12 değişik formasyonda yapılan ölçüler burğu hızının 13.4 cm/dak ile 33.5 cm/dak arasında değiştiğini göstermiştir.

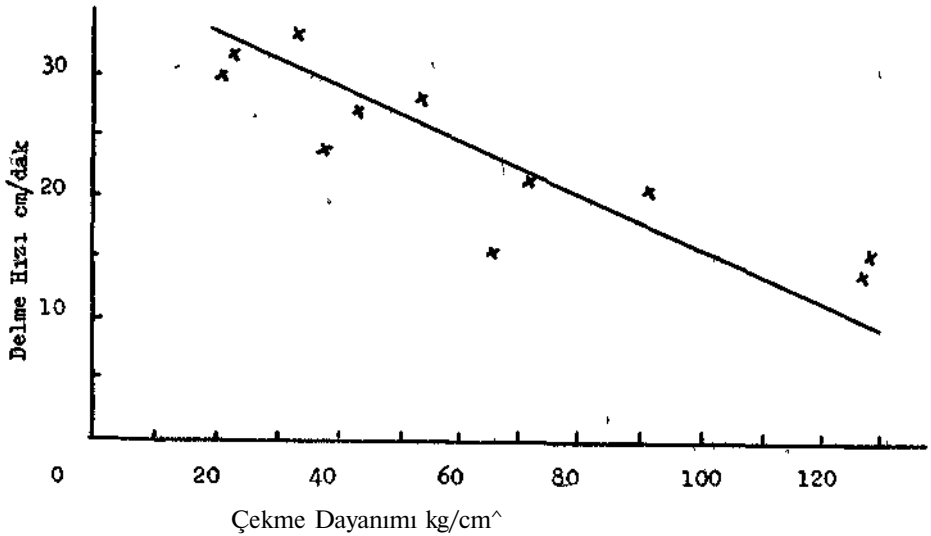
4) Kayaların jeomekanik özellikleriyle burğu hızlarının değişimi istatistiksel olarak incelenmiş ve en iyi neticeler sırasıyla; Shore scleroscope sertliği, koni delici değeri, çekme dayanımı, basınç dayanımı, elâstisite modülü ve nokta yük değerinden elde edilmiştir. Bu istatistiksel bağıntılardan kayaç özelliklerini güvenilebilir bir şekilde hesaplamak mümkün olmaktadır.

5) Schmidt çekici ve darbe dayanım değerleri ile burğu hızları arasında hiç bir bağıntı yoktur. Schmidt çekici ile yapılan ölçmelerin, arının kırıklı ve çatlaklı oluşu nedeni ile, gerçek sertlik değerini yansıtmadığı söylenebilir.

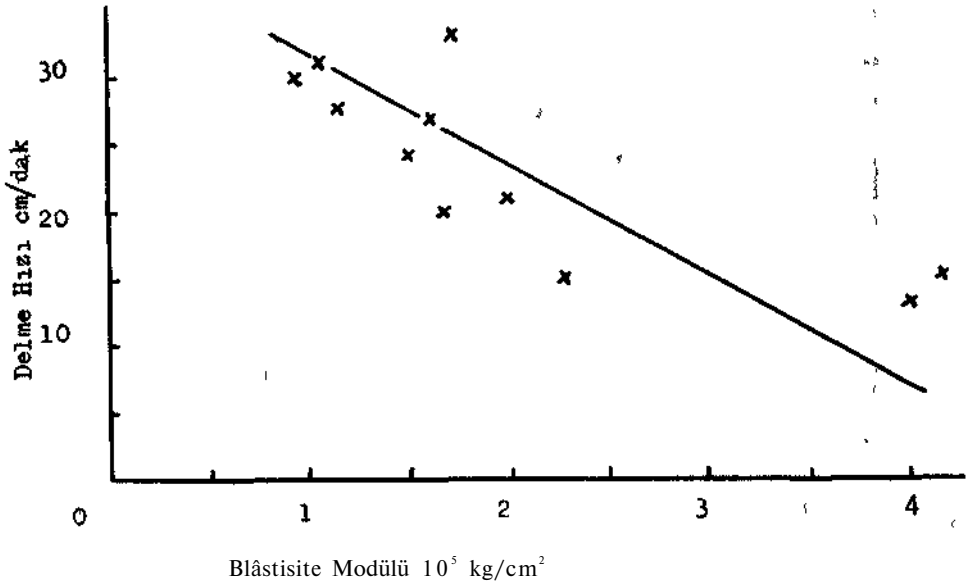
6) Kayalar kendi aralarında gruplandırıldıkları takdirde, darbe dayanım değerleri ve burğu hızları arasındaki bağıntılar daha belirgin hale gelmektedirler.



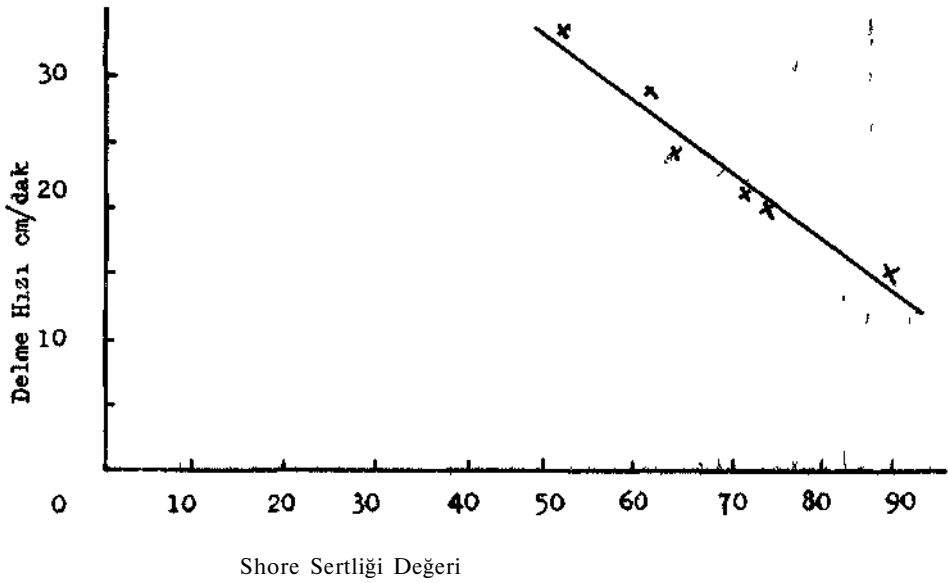
Şekil— 3: Burgu İlerleme Hızının Basınc Dayanım Değerleri ile Değişimi



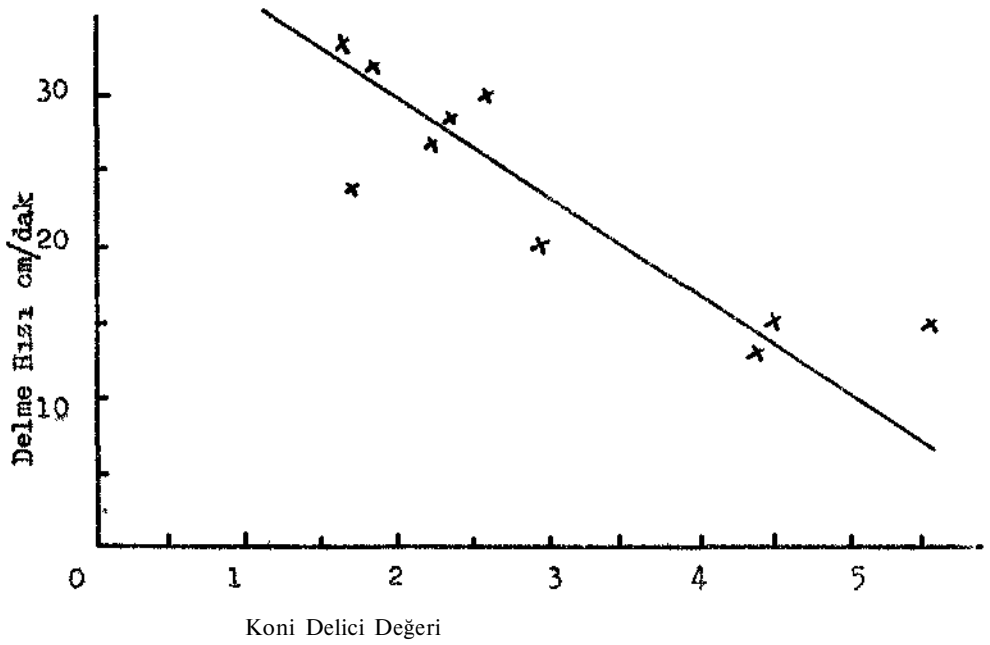
Şekil — 4: Burgu İlerleme Hızının Çekme Dayanım Değeri İle Değişimi



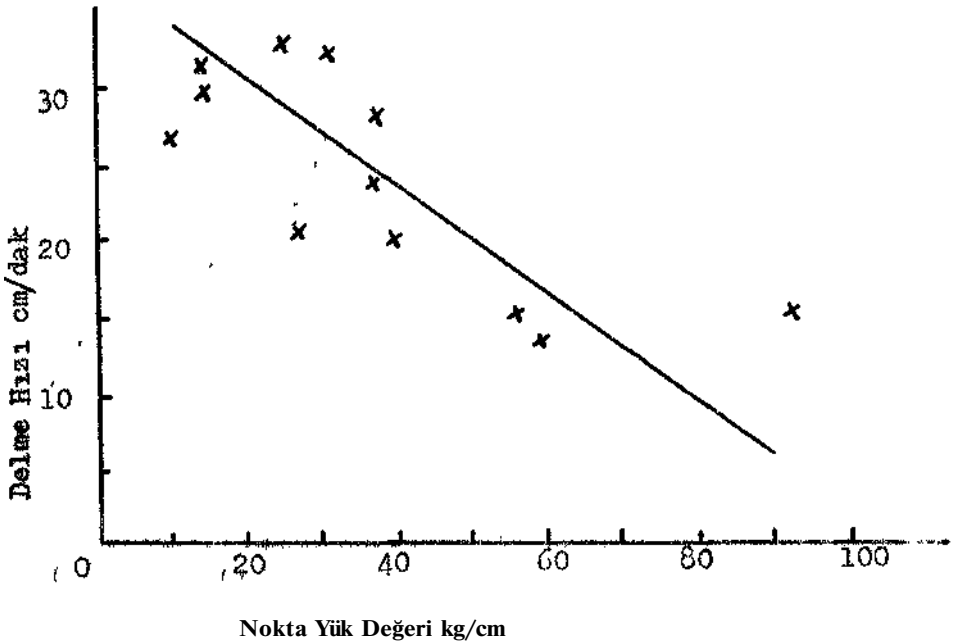
Şekil — 5: Burgu İlerleme Hızının Elâstisite Modülü Değerleri İle Değişimi



Şekil — 6: Burgu ilerleme Hızının Shore Sertliği Değerleri İle Değişimi



Şekil — 7: Burgu ilerleme Hızının Koni Delici Değerleri ile Değişimi



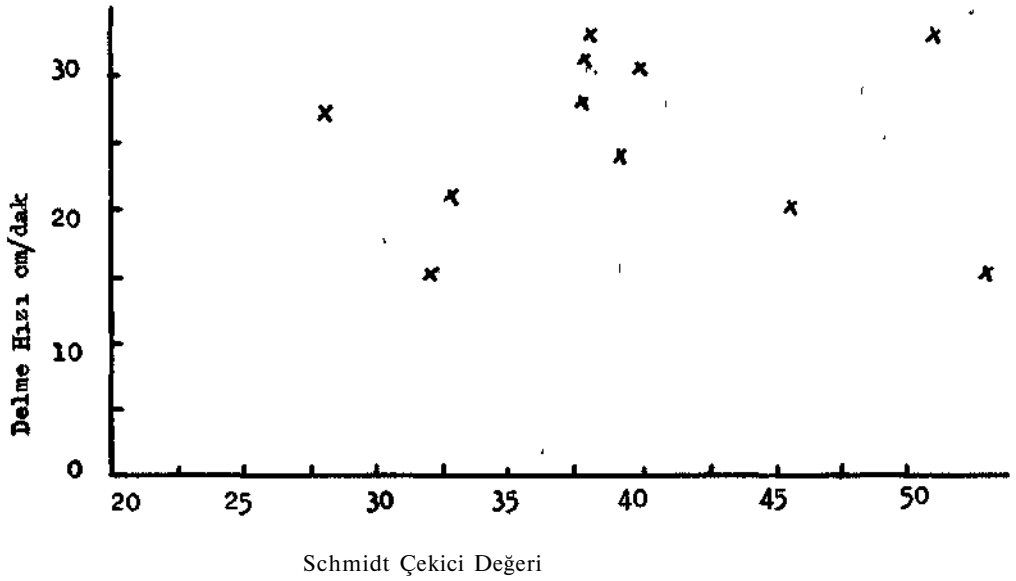
Şekil — 8: * Burgu ilerleme hızının nokta yük değerleri ile değişimi

Çizelge — 2 : Kozlu Bölgesinden Alınan Numunelerin Fiziksel ve Mekanik özellikleri

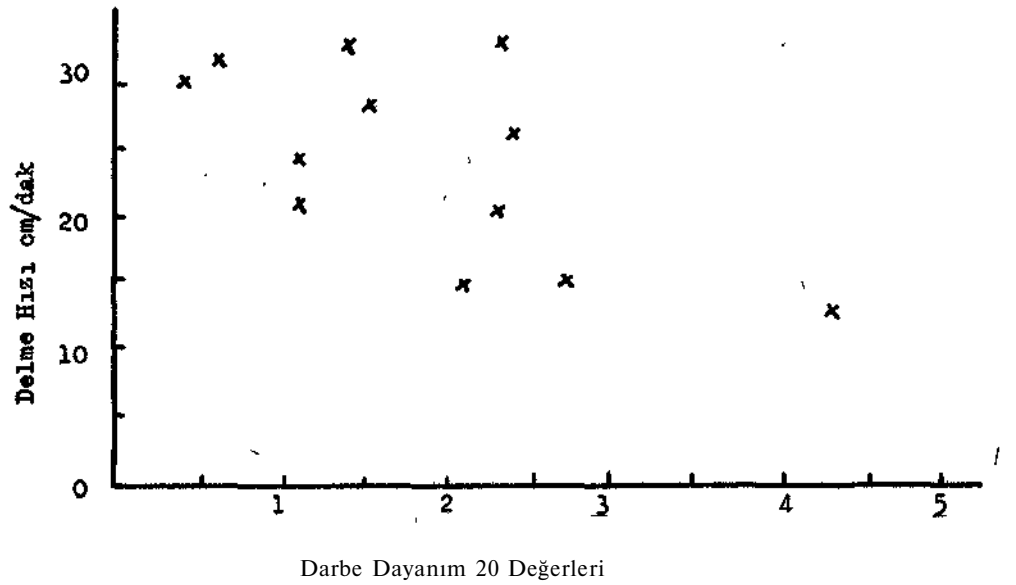
DENEY	Deney Sayısı	Numune No.					
		1	2	3	4	5	6
Basınç Dayanımı, $\text{kg/cm}^2 \pm \text{S.S}$	7	1714 \pm 71	689 \pm 31	776 \pm 6	517 \pm 10	710 \pm 28	1322 \pm 100
Çekme Dayanımı, $\text{kg/cm}^2 \pm \text{S.S}$	7	127 \pm 15	34 \pm 3	38 \pm 1	54 \pm 2	71 \pm 4	91 \pm 3
Birim Hacim Ağırlığı, gm/cm^3	7	2.66	2.19	2.30	2.25	2.50	2.40
Elâstisite Modülü, $\text{kg/cm}^2 \times 10^5$	2	4.18	1.76	1.48	1.14	2.03	1.68
Kuvars Miktarı,%	—	0	6	13	15	—	25
Kuvars Tane Ebadı, mm	—	0	0.04	0.50	0.30	—	0.35
Nokta Yük Değeri, $\text{kg/cm}^2 \pm \text{S.S}$	7	87.7 \pm 4	24.9 \pm 2	36.9 \pm 3	36.9 \pm 4	27 \pm 2	40.4 \pm 3
Koni Delici Değeri $\pm \text{S.S}$	5	5.54 \pm 0.2	1.63 \pm 0.1	1.7 \pm 0.2	2.36 \pm 0.2	—	2.95 \pm 0.1
Schmidt Çekici Değeri $\pm \text{S.S}$	10	53 \pm 4.3	51 \pm 1.7	39 \pm 2.9	38 \pm 3.4	33 \pm 4.2	46 \pm 5.3
Schmidt Çekici Plâstisite Değeri $\pm \text{S.S}$	10	11.3 \pm 1	11.8 \pm 1.5	28 \pm 2	33 \pm 3.2	15 \pm 4	11.1 \pm 1.2
Shore Sertliği $\pm \text{S.S}$.	10	90 \pm 3.1	52 \pm 2.1	65 \pm 2.9	62 \pm 3.4	73 \pm 8.7	76.1 \pm 3.1
Shore Plâstisite Değeri $\pm \text{S.S}$	10	25 \pm 2	9 \pm 0.3	20 \pm 1.5	21 \pm 1.7	15 \pm 1.6	15 \pm 0.7
Darbe Dayanım Değeri 1 $\pm \text{S.S}$.	5	80.7 \pm 1.9	83.9 \pm 2.1	68.9 \pm 0.7	72.6 \pm 1.3	73.7 \pm 4.7	73.6 \pm 0.5
Darbe Dayanım Değeri 2	—	2.71	2.37	1.09	1.48	1.09	2.27

Çizelge — 3 : Üzülmez ve Karadon Bölgelerinden Alınan Numunelerin Fiziksel ve Mekanik özellikleri

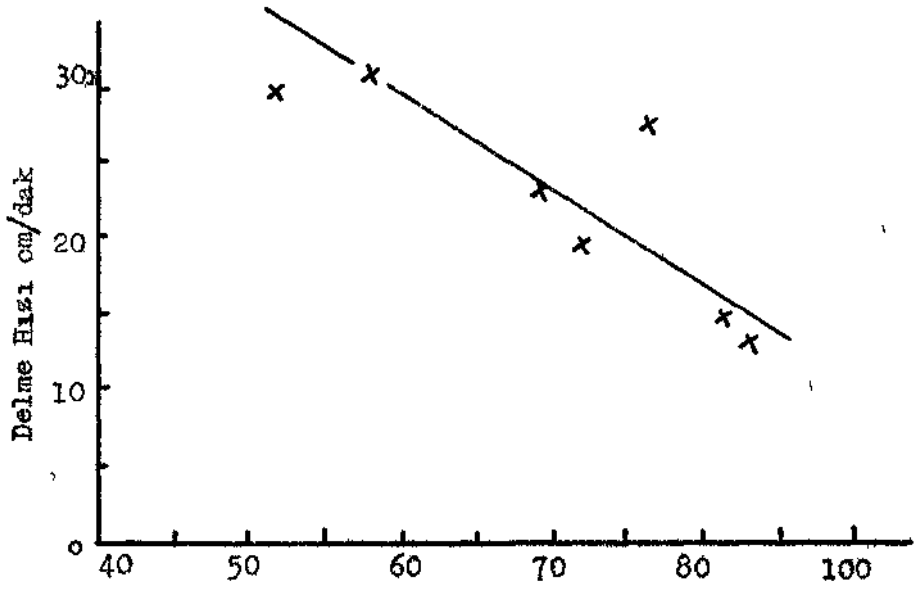
	Deney Sayısı	Numune No					
		7	8	9	10	11	12
Basınç Dayanımı, $\text{kg/cm}^2 \pm \text{S.S}$	7	—	310 ± 5	318 ± 10	900 ± 15	500 ± 20	1258 ± 32
Çekme Dayanımı, $\text{kg/cm}^2 \pm \text{S.S}$.	7	—	21 ± 0.5	23 ± 1.5	61 ± 1.8	43 ± 1.0	126 ± 3.3
Birim Hacim Ağırlığı, gm/cm^3	7	2.45	2.20	2.23	2.30	2.19	2.40
Elâstisite Modülü $\text{kg/cm}^2 \times 10^5$	2	—	0.91	1.13	2.3	1.6	4.0
Nokta Yük Değeri, $\text{kg/cm}^2 \pm \text{S.S}$	7	30.7 ± 4	15.4 ± 2.1	14.4 ± 1.2	56.1 ± 3.5	9.7 ± 0.7	59.4 ± 6.3
Koni Delici Değeri $\pm \text{S.S}$	5	—	2.61 ± 0.2	1.82 ± 0.1	4.47 ± 0.5	2.17 ± 0.1	4.4 ± 0.3
Schmidt Çekici Değeri $\pm \text{S.S}$	10	38 ± 4	40 ± 3.7	38 ± 2.9	32 ± 2.8	28 ± 1.9	—
Schmidt Çekici Plâstisite Değeri $\pm \text{S.S}$.	10	21 ± 2.1	10 ± 0.9	21 ± 1.7	6 ± 0.3	29 ± 3.1	—
Darbe Dayanım Değeri 1 $\pm \text{S.S}$	3	75.8 ± 0.6	52 ± 2.1	58 ± 2.1	80.8 ± 0.5	84.1 ± 0.5	82.2 ± 0.5
Darbe Dayanım Değeri 2	—	1.23	0.42	0.63	2.09	2.36	4.28



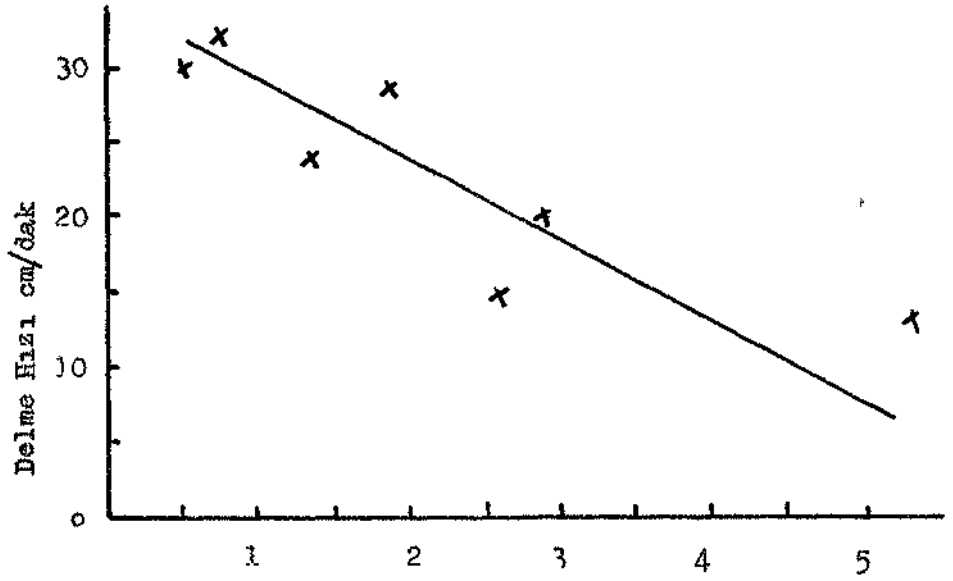
Şekil — 9: Burgu ilerleme hızının Schmidt çekici değerleri ile değişimi



Şekil — 10: Burgu ilerleme hızının darbe dayanım 2 değerleri ile değişimi



Şekil - 11: Kumtaşlarında burğu ilerleme hızının darbe dayanım 1 değerleri ile değişim.



Şekil - 12: Kumtaşlarında burğu ilerleme hızının darbe dayanım 2 değerleri ile değişimi

TEŞEKKÜR

Bu çalışmada TÜBİTAK MAG-548 nolu projenin bir bölümünü teşkil etmektedir. Araştırmaya tüm olanakları ile yardımcı olan Ereğli Kömürleri İşletmesi Müessesesi Müdürlüğü'ne teşekkürü bir borç bilirim.

KAYNAKLAR

- 1) SZLAVIN, J., 1974 Relationships Between some Physical Properties of Rock Determined by Laboratory Tests. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences, Vol. 11, pp.57—66.
- 2) CLARK, G.B., 1979, Principles of Rock Drilling. Colorado School of Mines, pp. 91.
- 3) BROCH, E.—FRANKLIN, J.A., 1972, The Point Load Strength Test, international Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences, Vol. 9, pp.669—697.
- 4) McFEAT.S. — TARKOY, P.J., 1979, Assessment of Tunnel Boring Machine Performance. Tunnels and Tunnelling, December, pp.33—37
- 5) EVANS, I.— POMEROY, CD., 1966, The Strength, Fracture and Workability of Coal, Pergamon Press, pp. 270.
- 6) TANTANAND, S.—UNGER, H.F., 1975, Drillability Determination, a Drillability Index for Percussive Drills. U.S. Bureau of Mines, R.I.8073, pp.20.
- 7) TARKOY, P.J., 1976, Rock Index Properties to Predict Tunnel Boring Machine Penetration Rate, Illinois Univ. Dept. of Civil Eng. pp. 48.

