

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Amir MOHAMMADİAN BALKABAD

**AÇIK OCAKLARDA KULLANILAN DELİK DELME MAKİNELERİNİN
PERFORMANSINI ETKİLEYEN PARAMETRELERİN ARAŞTIRILMASI**

MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ADANA, 2015

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**AÇIK OCAKLARDA KULLANILAN DELİK DELME MAKİNELERİNİN
PERFORMANSINI ETKİLEYEN PARAMETRELERİN ARAŞTIRILMASI**

Amir MOHAMMADİAN BALKABAD

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Bu Tez 16/01/2015 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından
Oybirliği/Oyçokluğu ile Kabul Edilmiştir.

.....
Prof. Dr. Suphi URAL Yrd. Doç. Dr. Hakan GÜNEYLİ Yrd. Doç. Dr. Nil YAPICI
DANIŞMAN ÜYE ÜYE

Bu Tez Enstitümüz Maden Mühendisliği Anabilim Dalında hazırlanmıştır.
Kod No:

**Prof. Dr. Mustafa GÖK
Enstitü Müdürü**

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge ve fotoğrafların
kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere
tabidir.

ÖZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

AÇIK OCAKLARDA KULLANILAN DELİK DELME MAKİNELERİNİN PERFORMANSINI ETKİLEYEN PARAMETRELERİN ARAŞTIRILMASI

Amir MOHAMMADİAN BALKABAD

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Danışman : Prof. Dr. Suphi URAL
Yıl: 2015, Sayfa: 81
Jüri : Prof. Dr. Suphi URAL
: Yrd. Doç. Dr. Nil YAPICI
: Yrd. Doç. Dr. Hakan GÜNEYLİ

Açık ocak madenciliğinde üretimi artırmanın en önemli unsurlarından biri yüksek kapasiteli delik delme makinelerinin tercih edilmesidir. Delinebilirlik mekanik araçları kullanarak kayayı kırmak veya delmek için bir dizi faktör tarafından yönetilmektedir. Bunlardan bazıları kayaç oluşumu ile ilgili olup, bazıları da uygulanan kuvvetler ve delik delme ekipmanları ile alakalıdır. Kayaç özellikleri, kaya kırma mekanizmalarını ve delme parametreleri delinebilirlik ile ilgilidir ve delme verimliliğinin değerlendirilmesi ve kesici performansını belirlemek için oldukça önemli parametrelerdir.

Bu çalışmanın amacı; açık ocaklarda kullanılan delik delme makinalarının tanıtımı ve performansını etkileyen parametrelerin belirlenmesi, her türlü hava şartlarına karşı direnç gösterebilecek makinaların seçilmesi, işletmede maksimum emniyetin sağlanması ve maliyetlerin azaltılması için gerekli parametrelerin belirlenmesidir. Kayaç özellikleri kaya mekaniği deneyleri ile belirlenmiş ve bu özelliklerin delme performansına etkisi değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Delik Delme Makinaları, Kayaç Özellikleri, Kaya Mekaniği, Delme Performansı, Açık Ocak Madenciliği.

ABSTRACT

MSc. THESIS

A STUDY IN THE PARAMETERS WHICH EFFECT THE PERFORMANCE OF DRILLING MACHINES USED IN OPEN PIT MINING
--

Amir MOHAMMADIÂN BALKABAD

**ÇUKUROVA UNIVERSITY
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
DEPARTMENT OF MINING ENGINEERING**

Supervisor : Prof. Dr. Suphi URAL

Year: 2015, Pages: 81

Jury : Prof. Dr. Suphi URAL

: Assist. Prof. Dr. Nil YAPICI

: Assist. Prof. Dr. Hakan GÜNEYLİ

One of the most important factors to enhance the production in the open pit mining is the selection of high capacity drilling machines. By using different mechanical machines, drillability is managed by a number of factors to break the rock or drill them. Some of these are related to the rock formation and some others are related to the applied force and drilling equipment. Rock properties, rock breaking mechanisms and drilling parameters are related to the drillability and are important parameters to determine the evaluation of drilling efficiency and the cutter's performance. The purpose of this study is to introduce the drilling machines used in open pit mining and determine the parameters which affect their performance, select the appropriate machines which resist against all weather conditions, ensure maximum safety in operation and reduce the costs. Rock properties were determined by rock mechanics tests and their effects on drilling performance were evaluated.

Key Words: Drilling Machines, Rock Properties, Rock Mechanics, Drilling Performance, Open Pit Mining.

TEŞEKKÜR

Çukurova Üniversitesi, Maden Mühendisliği Anabilim Dalında yapmış olduğum Yüksek Lisans tez çalışmamın esnasında yardımlarını ve desteğini benden esirgemeyen aynı zamanda bilgilerinden ve tecrübelerinden faydalandığım, değerli danışman hocam Prof. Dr. Suphi URAL 'a, Maden Mühendisi teşekkürlerimi sunarım.

Deneysel çalışmalarında laboratuvar imkânlarından faydalanmamı sağlayan Çukurova Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümüne teşekkür ederim.

Ayrıca yüksek lisans çalışmam içerisinde yer alan olanaklarından yararlanmamı sağladıkları için ve deney çalışmalarında yönlendirici katkılarından ötürü Yrd. Doç. Dr. Nil YAPICI 'a ve Arş. Gör. Dr. Esmâ KAHRAMAN 'a şükranlarımı sunarım.

Tüm hayatım boyunca olduğu gibi bu aşamaya gelmemi çok isteyen, çalışmalarım sırasındaki sıkıntı ve zorluklarda maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen çok değerli aileme teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

SAYFA

ÖZ	I
ABSTRACT	II
TEŞEKKÜR.....	III
İÇİNDEKİLER	IV
ÇİZELGELER DİZİNİ	VI
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	VIII
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	X
1. GİRİŞ	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	3
3. MATERYAL VE METOD	11
3.1. Materyal.....	11
3.1.1. Delici Makinalar, Delme Sistemleri ve Yöntemleri	11
3.1.1.1. Kullanılan Kaya Sınıflama Sistemi.	16
3.1.1.2. Kayalarda Delik Delme Sistemi.....	18
3.1.1.2.(1). Mekanik usullerle Delik Delme	18
3.1.1.2.(2). Termik usullerle Delik Delme	18
3.1.1.3. Delik Delme Metodunun Seçilmesi	19
3.1.1.4. Delik delme hızı ve maliyetleri	20
3.1.1.5. Delik Delme Makineleri.....	22
3.1.1.5.(1). Sehpalı Deliciler	22
3.1.1.5.(2). Vagon Deliciler.....	23
3.1.1.5.(3). Jumbo Deliciler.....	24
3.1.1.6. Delik Delme Makinesi Seçimi	27
3.1.1.6.(1). Kesit Alanına Göre Delici Seçimi	28
3.1.1.6.(2). İşletme Şartları, Galeri ve Çalışma Alanı Özellikleri	28
3.1.1.6.(3). Delinecek Kayaçların özellikleri	29
3.1.1.6.(4). Kullanılan Maden İşletme Yöntemi, Üretim Kapasitesi ve Delik Düzeni	30

3.1.2. Kireçtaşlarının Genel Özellikleri ve Çalışma Sahası.....	30
3.1.2.1. Kireçtaşı.....	30
3.1.2.1.(1). Kireçtaşlarının Sınıflaması	31
3.1.2.1.(2). Kireçtaşının Özellikleri.....	32
3.1.2.1.(3). Kireçtaşının Kullanım Alanları.....	33
3.1.2.1.(4). Türkiye Kireçtaşı Potansiyeli	35
3.1.3.Çalışma Sahası Hakkında Genel Bilgiler	36
3.2. Metod.....	37
3.2.1. Delinebilirlik Tayininde Kullanılan Deney Yöntemleri	37
3.2.1.1. Kayaların Delinebilirliğini Etkileyen Jeolojik Özellikler	38
3.2.1.1.(1). Kayaların Dokusal Özellikleri	38
3.2.1.1.(2). Kayaların Jeomekanik Özellikleri.....	39
3.2.1.1.(3). Laboratuvar Deneyleri	40
3.2.2. Araştırmada Kullanılan Kaya Delme Makinasının Genel Özellikleri.....	52
4. ARAŞTIRMA ve BULGULAR.....	55
4.1. Uygulanan Yöntem.....	55
4.2. Elde Edilen Veriler	57
4.3. Kireçtaşı Örneklerinin Fiziksel Özellikleri.....	58
4.3.1. Kireçtaşı Örneklerinin Laboratuvar Deney Sonuçları	59
4.3.1.1. Kireçtaşının İndeks Özelliği Sonuçları	59
4.4. Kireçtaşı Örneklerinin Mekanik Özelliklerinin Sonuçları.....	62
4.4.1. Kireçtaşı Örneklerinin Tek Eksenli Basınç Dayanımları	62
4.4.2. Kireçtaşı Örneklerinin Nokta Yük Dayanımları.....	66
4.4.3. Schmidt Çekici Sertlik Değerleri.....	68
4.4.4. Shore Skeleroskopu yöntemi ile yüzey sertliğinin ölçülmesi.....	70
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	73
KAYNAKLAR	75
ÖZGEÇMİŞ	81

ÇİZELGELER DİZİNİ

SAYFA

Çizelge 3.1. R.M.R. Sistemi Kayaç Sınıfları	17
Çizelge 3.2. Çeşitli kayalarda kullanılan en uygun delik delme metotları.....	20
Çizelge 3.3. Çeşitli delik delme makinelerinde izafi hız yüzdeleri	21
Çizelge 3.4. Delme Makineleri Sınıflaması	22
Çizelge 3.5. Ana safsızlık oranlarını baz alan sınıflama.....	32
Çizelge 3.6. Ürünün tane boyutuna göre kireçtaşlarının kullanım alanları ve aranan teknolojik özellikler	34
Çizelge 3.7. Türkiye’deki kalker oluşumlarının bölgelere dağılımı	35
Çizelge 3.8. Laboratuvarda yaygın olarak kullanılan karot alıcılar ve çapları	75
Çizelge 3.9. Kaya Sertliği ve Basınç Dayanımı	44
Çizelge 3.10. Mohs sertlik değerleri	45
Çizelge 3.11. Mohs sertlik değerlerine göre kayaların sınıfla	45
Çizelge 3.12. Schmidt çekicine göre kaya sertliğinin sınıflandırılması.....	48
Çizelge 3.13. Furukawa Hidrolik Kaya Delici HCR1200-ED II m özellikleri.....	53
Çizelge 4.1. Ölçümlerden Elde Edilen Veriler.....	56
Çizelge 4.2. Taşocağından Alınan Veriler Ve Yapılan Hesaplama Sonuçları.....	58
Çizelge 4.3. Kireçtaşı Örneklerinin İndeks Özellikleri.....	59
Çizelge 4.4. Kayaların Poroziteye Göre Sınıflandırılması.....	60
Çizelge 4.5. Tek Eksenli Basınç Dayanımı Deney Sonucu	64
Çizelge 4.6. Tek Eksenli Basınç Direnci Kaya Sınıflaması.....	64
Çizelge 4.8. Tek Eksenli Basınç Dayanımı ile Delik delme hızının Yapılan Hesaplama Sonuçları	65
Çizelge 4.9. Nokta yük dayanım deney sonucu	66
Çizelge 4.10. Kayaçların nokta yük dayanım direncine göre sınıflandırılması	67
Çizelge 4.11. Schmidt çekicine göre kaya sertliğinin sınıflandırılması.....	69
Çizelge 4.12. Schmidt çekici deneyi sonucu.....	69
Çizelge 4.13. Kireçtaşı örneklerinin Shore Skeleroskop deneyi sonucu	71

ŞEKİLLER DİZİNİ

SAYFA

Şekil 3.1. Matkap Delme Sistemleri	13
Şekil 3.2. Sehpalı delici görü	23
Şekil 3.3. Vagon deliciler.....	24
Şekil 3.4. Jumbo delici resimleri.....	25
Şekil 3.5. Jumbo delici resimleri.....	25
Şekil 3.6. Kireçtaşı işletmelerinin bölgelere dağılımı	35
Şekil 3.7. Yer Bulduru Haritası.....	36
Şekil 3.8. Kayaların dokusal özelliklerini belirlemede kullanılan mikroskop	39
Şekil 3.9. a) Tek eksenli çekme dayanımı, b) Tek eksenli basınç dayanımı, c)Nokta yük dayanımı deneyi aleti.....	40
Şekil 3.10. Kayaç numunelerinden BX çapında karotun alınışı	41
Şekil 3.11. Kayaların sertliklerinin belirlenmesinde kullanılan deney aletleri	45
Şekil 3.12. Shore skleroskop aleti	46
Şekil 3.13. Laboratuvarda Schmidt Çekici ile sertlik belirlenmesi.....	47
Şekil 3.14. Schmidt sertliği, tek eksenli basınç dayanımı ilişkisi	48
Şekil 3.15. Tek eksenli basınç deneyinin yapılışı	49
Şekil 3.16. Tek eksenli basınç dayanım deneyiyle ilgili açıklayıcı bilgiler.....	50
Şekil 3.17. Nokta yük dayanımı deney aleti	50
Şekil 3.18. Geçerli ve geçersiz deneylere ait tipik yenilme şekilleri	51
Şekil 3.19. Boyut düzeltme faktörü.....	52
Şekil 4.1. Birim Hacim Ağırlığı ile Delik delme hızının ilişkisi	60
Şekil 4.2. Doygun B. H. A. ile Delik delme hızının ilişkisi.....	61
Şekil 4.3. Görünür Porozite ile Delik delme hızının ilişkisi	61
Şekil 4.4. Su İçeriği ile Delik delme hızının ilişkisi	62
Şekil 4.5. Taş Ocağından alınarak deneye hazır hale getirilen karotların görüntüsü	63
Şekil 4.6. Tek Eksenli Basınç Deneyi Sonucu Kırılan Numunelerin Görüntüsü....	63
Şekil 4.7. Tek Eksenli Basınç Dayanımı ile Delik delme hızının arasındaki teorik ilişki.....	65

Şekil 4.8. Taş Ocağından alınarak deneye hazır hale getirilen karotların görüntüsü.....	67
Şekil 4.9. Numuneler Üzerinde Yapılan Nokta Yük Dayanım Deneyi Sonucu Numunelerin Kırılış Biçimleri	67
Şekil 4.10. Nokta Yük Dayanımı ile Delik Delme Hızının ilişkisi.....	68
Şekil 4.11. Schmidt sertlik deneyi ile Delik Delme Hızının ilişkisi	70
Şekil 4.12. Shore Sertlik deneyi ile Delik Delme Hızının ilişkisi.....	71

SİMGELER VE KISALTMALAR

°C	: Santigrat derece
A	: Yüzey Alanı
Al	: Alüminyum
Cm	: Santimetre
D	: Numune Çapı
De	: Düzeltilmiş Karot Çapı
dev.	: Devir
dev/dk	: Devir/dakika
dev/sn	: Devir/saniye
dh	: Doğal Birim Hacim Ağırlığı
dhk	: Kuru Birim Hacim Ağırlığı
dk.	: Dakika
do	: Tane Birim Hacim Ağırlığı
F	: Güvenlik Katsayısı
Fd	: Büyüklük veya Çap Düzeltme Katsayısı
g/cm ³	: Gram/santimetreküp
g	: Gram
G ₁	: Deney sonrası Numune Ağırlığı
G _d	: Ağırlık
G _{ds}	: Numunenin Su İçindeki Kütlesi
G _k	: Kuru Ağırlığı
G _o	: Başlangıçtaki Numune Ağırlığı
H	: Şev Yüksekliği
Is	: Nokta Yük Dayanımı
ISRM	: Uluslararası Kaya Mekaniği Standartları
i	: Pürüzlülük Açısı
JCS	: Süreksizliğe Bitişik Kaya Malzemesinin Tek Eksenli Dayanımı
JRC	: Eklem Pürüzlülük Açısı
kg	: Kilogram

km	: Kilometre
L	: Boy
LK	: Kayma Yüzeyi Uzunluğu
L _m	: Numune Boyu
m	: Metre
mL	: Mililitre
mm	: Milimetre
MPa	: Mega paskal
MTA	: Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü
N	: Schmidt Sertliği
N _{ort}	: Ortalama Schmidt Sertliği
P	: Maksimum Yenilme Yüğü
P	: Numunenin Kırılma Yüğü
P _g	: Görünür Porozite
R	: Çap
r	: Yar çap
S	: Standart Sapma
S _h	: Hacimce Su Emme Oranı
S _k	: Kütlece Su Emme Oranı
TSE	: Türk Standartları Enstitüsü
u	: Kayma Yüzeyine Dik Doğrultuda Etki Eden Su Basıncı
V	: Hacim
W	: Ağırlık
XRD	: X-Ray Diffraction
XRF	: X-Ray Fluorescence
γ _o	: Özgöl Ağırlık
γ	: Yoğunluk
σ	: Normal Gerilme
σ _C	: Sağlam Kaya Parçalarının Tek Eksenli Basma Dayanımı
σ _c	: Tek Eksenli Basınç Dayanımı

1. GİRİŞ

Yerkabuğunda ekonomik olarak değer taşıyan mineral veya mineral gruplarına maden denir. Diğer bir tarife göre de; Maden yerkabuğunda kayaçları oluşturan bileşenlerdir. Yer altında taş ve toprakla karışık halde bulunan madene ise maden cevheri denir (Uz, 1990).

Günümüz madenciliğinde artan rekabet koşulları ve çoğu zaman giderek azalan rezerv ve kalite parametreleri (tenör, kalori, ppm vb) işletmelerde birim maliyetlerin düşürülmesini ve işletme içi operasyon verimlerinin yükseltilmesini gerekli kılmaktadır. Bu bağlamda işletme parametre ve giderleri, operasyonlar ve makine ekipmanların teknik ve ekonomik anlama optimize edilmesi, yeniden yorumlanıp uygulanması madencilik realitesidir (Köse ve Gönen, 2011).

Yeraltı kaynaklarının aranması, tespit edilmesi, yeryüzüne çıkarılması ve endüstrinin ihtiyacını karşılayabilecek ürün haline getirilmesi işlemlerinin tümüne genel olarak madencilik adı verilmektedir (Akkoyun, 2005).

Madencilik sektörü hızla gelişen teknolojiye paralel olarak artış göstermiş, tüm sektörlerde olduğu gibi madencilik sektöründe de talep artışını beraberinde getirmiştir (Yıldız ve Köse, 2003).

Yeraltı kaynaklarının yeryüzüne çıkarılması iki temel yöntem ile gerçekleştirilmektedir; Bunlardan birincisinde yeraltındaki kıymetli madenler içeren maden yatağının üzerinde bulunan kıymetsiz örtü tabakasının kazılması ve taşınması sonucunda maden yatağının gün ışığına çıkarılması işlemi gerçekleştirilmektedir ki bu yöntem uygulandığında bu yönteme açık maden işletme yöntemi, maden ocağına da açık maden işletmesi, yerüstü maden işletmesi ya da kısaca açık işletme adı verilmektedir (Akkoyun, 2005).

Açık ocak madenciliğinde delme-patlatma ve kazı faaliyetleri için Delik delme makinaları ve ekskavator yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu iş makinalarının belirlenmesinde patlatılacak ya da kazısı yapılacak olan jeolojik birimlerin özelliklerine uygunlukları, kapasite ve verimlilikleri bakımından uyumlulukları, en önemli parametrelerdir. Döngüsel bir sistemde yürütülen açık ocak işletmeciliğinde

her hangi bir noktada olabilecek aksama tüm işletmeyi etkileyecek ve verimliliğin azalmasına neden olacaktır (Yıldız ve Köse, 2003).

Günümüzde kayacı parçalayıp taşınabilir hale getirmek için yaygın olarak kullanılan üç farklı yöntem vardır. Birinci yöntemde; kayaç üzerine değişik çekiçlerle darbe uygulanarak kayacın parçalanması sağlanır. Bu yöntemde kullanılan ekipmanlara genel olarak mekanik çekiç denir. İkinci yöntemde kayaç içine delikler delinir ve bu deliklere patlayıcı maddeler doldurulur ve patlatılır. Delme-Patlatma olarak adlandırılan bu yöntem sonucunda kayaç kütlesi parçalanmış olur. Bu yöntem de kullanılan ekipmanlara genel olarak delme makineleri denir (Eklind, 2010). Üçüncü yöntem ise patlatma işlemi yapmadan mekanik araçlarla doğrudan kayaç yüzeyinden baskı ve sürtünme kuvvetleri birleşimiyle parçalar koparmaktır. Bu yöntem mekanik kazı olarak adlandırılır ve kullanılan ekipmanlara da genellikle mekanik kazıcılar denir.

Açık ocak madenciliğinde üretimi artırmanın en önemli unsurlarından biri yüksek kapasiteli delik delme makinelerinin tercih edilmesidir. Delik delme performansını etkileyen üç önemli parametre vardır. Bunlar sondaj sırasında açığa çıkan kırıntılar, kesici üzerindeki kuvvet ve dönme hızıdır. Dördüncü ve en önemli parametre ise torktur (Eklind, 2011).

Delinebilirlik mekanik araçları kullanarak kayayı kırmak veya delmek yeteneği ve bir dizi faktöre tarafından yönetilmektedir. Bunlardan bazıları kayaç oluşumu ile ilgili olup, bazıları da uygulanan kuvvetler ve delik delme ekipmanları ile alakalıdır. Kayaç özellikleri, kaya kırma mekanizmalarını ve delme parametreleri delinebilirlik ile ilgilidir. Genellikle kaya delme prensipleri ve onların pratik uygulamaları, modern delinebilirliğin temelini oluşturur (Eklind, 2011).

Bu çalışmanın amacı, açık ocaklarda kullanılan delik delme makinalarının performansını etkileyen parametrelerin belirlenmesidir. Bu amaçla sahadan alınan örnekler üzerinde mekanik ve fiziksel deneyler yapılarak; bu deney sonuçlarının delici makinenin ilerleme hızına etkisi değerlendirilmiştir. Deneyler sonucunda elde edilen veriler yorumlanarak delme performansı ile yani delik ilerleme hızıyla olan negatif veya pozitif ilişkiler ortaya konmaya çalışılmıştır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Fish (1961), laboratuvarda bazı tortul kayalar üzerinde yaptığı deneyler sonucunda, matkaba uygulanan yükün delme hızına olan oranı ile kayaların tek eksenli basınç dayanımları arasında doğrusal bir ilişki gözlemlemiştir.

Paone ve Madson (1966), elmaslı karot matkapları ile delinebilirlik üzerine yaptığı arazi ve laboratuvar çalışmaları sonucunda, delme hızı ile tek eksenli basınç dayanımı ve çekme dayanımı arasında üstsel bir ilişkinin olduğunu gözlemlemişlerdir.

Schmidt (1972), arazide darbeli sondaj makinası ile yirmi beş ayrı kaya türü için yaptığı delinebilirlik çalışmasında, tek eksenli basınç dayanımı ile delme hızı arasındaki ilişkiyi araştırmıştır.

Brown ve Phillips (1977), sondaj makinaların performansını sürekli kayıt işleminin çeşitli yöntemlerle yapılabileceğini ve bunun da tünelcilik araştırmalarında hayli yararlı olabileceğini belirtmişlerdir.

Birtek (1982), Kaya mekaniği ile uğraşan bilim adamları, çalışmalarını daha çok kayalarda kazı ve kaya yapılarında yenilme konularında yoğunlaştırdıklarından, kuram ve veriler durağan yükler için geliştirmiştir. Bu bakımdan, kaya yenilme ölçütünün kayada daha yüksek yükleme hızları (devinik yükler) için uyarlanması ya da geliştirilmesi gerektiğini belirtmiştir. Kaya parçalanması için gereken özgül enerjiyi azaltmak için kayada çekme yenilmesi (çatlaması) yaratmanın yöntemleri araştırmıştır.

Leighton ve arkadaşları (1982), matkaba uygulanan baskı kuvvetinin ilerleme hızına oranından oluşan bir kaya kalite indeksi geliştirip, bunu bir bakır açık işletmesinde, cevher üretim kazısında yararlanılan gevşetme deliklerinin düzenlenmesi ve gerekli patlayıcı madde miktarının belirlenmesinde başarı ile kullanmışlardır.

Özdoğan (1986), Açık işletmecilikte delme ve patlatma işlemlerinin günümüzdeki kuramsal ve pratik durumu sunulmaktadır. Kayanın mekanik olarak parçalanması bölümünde vurmalı ve dönmeli delme dizgeleri verilmiştir. Kayanın devinik olarak parçalanması başlığı altında ise patlatma incelenmiş ve patlatma

işlemini etkileyen etmenler, patlatma kuşakları, yansıma kuramı, krater deneylerine değinilmiştir.

Howarth ve Rowlands (1987), gerçekleştirmiş oldukları çalışma ile dokusal katsayı kavramını öne sürmenin yanında, kayaların tek eksenli basınç dayanımları, çekme dayanımları, elastik modülleri ve sondaj ilerleme hızları ile dokusal özellikler arasındaki ilişkileri araştırmışlardır. Yapılan çalışmalar sonucunda, özellikle sondaj ilerleme hızı ile dokusal katsayı arasında son derece yüksek bir korelasyon bulmuşlardır. Bunun yanında, tek eksenli basınç dayanımı ve çekme dayanımı ile dokusal katsayı arasında da önemli korelasyon ilişkileri bulunmuştur. Özellikle sert kaya grubuna ait kayalar üzerinde yaptıkları araştırmalar ile dokusal katsayının çekme ve basınç dayanımları arasında son derece önemli ilişkilerin olduğunu göstermişlerdir. Kaya dokusu ve tane boyu, delinebilirliği etkileyen faktörlerden olduğuna işaret etmişlerdir. Tane boyları ince ve doku kompakt (yoğun) olduğu zaman delinebilirliğin düştüğünü, iri tane boyuna ve daha gözenekli dokuya sahip kaya türlerinde ise delinebilirliğin yükseldiğini gözlemişlerdir.

Kahraman ve Mülazımoğlu (1999), Pozantı-Tarsus ayrımı otoyol inşaatında kullanılmış olan yerüstünden darbeli hidrolik deliciler üzerinde dört ay suresince gözlenmiş ve elde ettikleri verilerle performans analizi yapılmışlardır. Performans analizinde değerlendirme kriteri olarak Makine Kullanılabilirlik Oranı (MKO) ve Makineden Faydalanma Oranı (MFO) kullanılmışlardır. Yapılan performans analizi sonucunda delicilerin MKO'larının uluslararası standartlara uygun olduğunu görülmüşlerdir. (MKO' nın % 66 - 82 arasında, MFO' nın ise % 21-36 arasında değiştiği gözlemlenmiştir.) Fakat MFO değerlerinin standart değerlerden düşük olduğunu ve bu durumun formasyonların çok kırıklı-çatlaklı olması nedeniyle delikte göçükler meydana getirmesinden ileri geldiği sonucuna varmışlardır.

Aytekin ve ark. (2003), günümüzde kullanılan delik delme sistemlerinin çalışma sistemleri ve delme sistemlerini araştırmışlardır. Delik delme sistemleri, çalışma sistemleri bakımından hidrolik ve pnömatik olarak iki ana gruba, delme sistemi olarak ise üstten darbeli, kuyu dibi, rotary ve 90'lı yılların başında geliştirilen COPROD® sistemi olarak dört gruba ayrıldığını belirterek yüzey madenciliğinde geleneksel olarak üç değişik delme sistemi kullanıldığını gözlemlenmiştir. Delme

sistemlerinden, üstten darbeli delik delme sisteminin teorisi hakkında çeşitli örneklerle bilgiler sunmuşlardır.

Akkoyun (2005), Delme-patlatma çalışmaları için patern önermeye, hesaplama yapmaya, veri saklamaya ve verilerin, kalite kontrol açısından değerlendirilmesine yardımcı olması amacıyla geliştirilen bir bilgisayar yazılımını tanıtmıştır. Üretimi yapılan birim malzeme için harcanan delme gideri, patlayıcı madde miktarı, patlatma gideri gibi değerler, delme-patlatma uygulamasının kalitesi ve kontrolü açısından önemlidir. Tanıtılan yazılım, başlangıçta işletme ve delme-patlatma koşulları ile ilgili bilgileri aldıktan sonra kullanıcı dostu ara yüzü ile patern seçimine yardımcı olmaktadır. Yazılımın oluşturduğu geçmiş patlatmalara ait veri tabanı ve bu veri tabanına bağlı grafikler sayesinde, patlatma uygulamalarında, birim patlayıcı gideri gibi temel değerlerde meydana gelebilecek sapmalar gözlemiş ve müdahale imkânı doğmaktadır.

Akkoyun (2005), açık maden işletmelerinde basamaklı kazı işlemleri sırasında delme-patlatma çalışmalarında kullanılan delici makinelerin delik boyu alternatifleri ile ilgili olarak delme süreleri ve bu sürelerle bağlı olarak delme maliyetleri karşılaştırmıştır. Delici makine maliyeti ve birim zamanda yapılan işlemler hesaplandıktan sonra iki farklı delik boyu için yerinde ölçümler yapmıştır. Bu ölçümler sonucunda delik boyunun belirlenmesine etki eden diğer parametreleri göz ardı edecek kadar büyük bir değişiklik gözlememiştir. Uygulamanın yapıldığı maden işletmesinin esnek olmayan Sartları nedeniyle elde edilen ölçüm sonuçlarından da yararlanılarak bir yazılım geliştirmiş ve geliştirilen yazılım ile farklı tij boyları, farklı çalışma saatleri, farklı delik boyutları için nasıl sonuçlar elde edileceğini tahmin etmeye çalışmıştır. Sonuçta en uygun delik boyunun 6-10 metre aralığında olduğu ve diğer delik boyları ile arasında önemli farklılıklar olmadığı belirlemiştir.

Dağçimen (2006), delme-patlatmaya etki eden parametreleri araştırmıştır. Yapılan patlatma dizaynlarının daha çabuk tasarlanabilmesi ve hesaplamalar sırasındaki hataların minimum seviyeye indirilebilmesi için, birçok yaklaşım incelemiştir. Bu incelemelerin sonucunda, tünel ve basamak patlatmaları için Langefors'un yaklaşımı, parça boyut dağılımı için ise Kuz-Ram modeli kullanılarak

delALPat adında bir bilgisayar programı yazmıştır. Bu program, VISUAL BASIC programlama dili kullanılarak hazırlanmıştır. Hazırlanan delALPat programı, patlatma mühendislerine birincil tasarımlarını kolay ve hızlı bir şekilde yapabilmelerini, bununla birlikte deneme atım sayısını minimuma indirmeyi amaçlamıştır. Aynı program içerisinde, basamak patlatma tasarımı, tünel patlatma tasarımı ve parça boyut analizi yapan bir yazılım görülemediğinden, kullanıcılara kolaylık sağlamış ve çok amaçlı yazılım konusunda bir adım atmıştır.

Müftüoğlu (2007), delme hızı, baskı, dönme hızı, dönüş momenti, sondaj sıvısı basıncı ve tijler boyunca geri yansıyan darbe enerjisi gibi delme parametrelerinin kayıt edilmesi konusuna ilişkin olarak, elmaslı sondajlarla birlikte gevşetme delikleri sondajı üzerinde arazide yapılan çalışmaları incelemiş ve sondaj makinası performansının sürekli kayıt edilmesinden elde edilen verileri sunmuştur. Delme parametrelerinden yararlanılarak delinen formasyonun çeşitli özelliklerinin belirlenmesi madencilik sektöründe de giderek yaygınlaşmakta olduğunu belirtmiştir. Bildiride yer alan örneklerden de anlaşılacağı üzere delme parametreleri; karot sondajlarında baskı/delme hızı oranı formasyonun litolojik ve dayanım özelliklerinin karakterize edilmesinde, darbeli sondajlarda ise delme hızı logu zayıf zonların kalınlık ve lokasyonlarının güvenilir ve hassas bir şekilde belirlenmesinde başarılı sonuçlar elde etmiştir. Çalışmasında yer almayan dönüş momenti ve titreşim logu gibi parametrelerin de dâhil edilmesi ile delinen formasyonun bazı özelliklerinin daha iyi bir şekilde belirlenmesine katkıda bulunacağını belirtmiştir.

Özdemir (2007), Kayaların delinebilirliği sondajcılık uygulamalarına giriş adlı kitabında kayaç özelliklerinin ve diğer parametrelerin delinebilirliğe ve sondaj işlerine etkisini araştırmıştır. Bu araştırma neticesinde sondaj ve delme işleminden önce kayaçların mekanik özelliklerinin belirlenerek elde edilen sonuçlara göre matkap çeşidi, ucu ve makine seçiminin ekonomik olarak planlanmasını sağlamıştır.

Uçar (2008), Bu tez çalışmasında, Agregat üretiminde amaçlanan kalitenin elde edilebilmesi için ocak işletmeciliğinden başlayarak gerekli minimum işlemleri ayrıntılı olarak incelemiştir. Mersin İli Tarsus İlçesinde yer alan kırma-eleme tesisinde üretilen kırma taşların TS 706 EN 12620'ye uygun olarak alınan agregat örneklerinin deneylerini incelenmiştir. Kalker ocağından alınan numunelerin fiziksel,

mekanik ve petrografik özellikleri incelemiştir. İncelemeler sonunda gerçekleştirilen analiz ve deneylerden elde edilen değerlerin, TS 706 EN 12620 “Beton Agregaları”nda aranan özelliklere uygun olduğunu, bu taş ocaklarından elde edilen kırmataşların, hazır betonlarda ve beton agregası olarak kullanılabileceği sonucuna varmıştır. Bölge kireçtaşları üzerinde TS 706 EN 12620+A1 (2009) beton agregaları, TS EN 13043 (2004) yol agregaları ve TS 7043 EN 13450 demiryolu balast agregaları standartlarında istenildiği şekilde yapılan geometrik analiz ve diğer analizler neticesinde elde edilen sonuçların bölgedeki beton santrallerinin ve yol şartnamelerinin istediği özellikleri sağladığı göstermiştir.

Yıldız (2008), Hammadde bazında ele alınan kireçtaşının ihtiyaç duyulan sektörler için aranan özelliklerini incelemiştir. Kireçtaşının kalitesi olarak değil de kullanım alanına göre fiziksel ve kimyasal içerikleri bakımından değerlendirilmesi sonucu ortaya çıkarılmıştır. Yapı, oluşum, fiziksel ve kimyasal özellikleri ile endüstriyel uygulama platformunda konu içeriğiyle ele almış her sektör için temel teşkil eden analiz yöntemleri farklı yönleri ile irdemiş, sebep-sonuç ilişkisi benimseyerek sonuçlandırmıştır. Hammadde olarak kireçtaşı ve ürün olarak kirecin fiziksel ve kimyasal özelliklerini belirlemiş, endüstri ve sanayi alanında kullanımı için özelliklerini araştırmıştır. Elde edinilen veriler kaliteli kirecin sanayi ve endüstriyel alanda kullanım kriterlerini belirlemiştir.

Kabaklı (2009), C 35 Mod By malzemenin Yatay İşleme Merkezi ile delme işleminde değişik çaplarda titanyum karbonitrür (TiCN) kaplamalı takma uçlu matkaplarla kesme parametrelerinin optimizasyonu hedeflemiştir. Performans göstergeleri olarak yüzey kalitesi, delik dikliği ve silindiriklik parametrelerini baz almıştır. Kontrol edilen faktörler delik çapları, delik derinlikleri, ilerleme oranı ve teğetsel kesme hızını seçmiştir. Seçilen faktörleri L9(34) ortogonal dizinine yerleştirmiş ve deney planı oluşturmuştur. Deney sonuçlarında performans göstergesi olarak seçilen karakteristikler ölçmüş ve değişik sinyal gürültü oranlarını hesaplamıştır. Varyans analizi metodu kullanılarak da faktörlerin etki seviyelerini tespit etmiştir. Elde edilen verilerle doğrulama deneyleri yapmış ve bu deneylerden elde edilen sonuçları analiz etmiştir.

Alabaş (2010), Afşin–Elbistan Linyitleri Kışla köy Açık İşletmesinde, dekapaj kazısı sırasında döner kepçeli ekskavatörlerin kazı verimi düşüklüğüne neden olan sert tabakaların, gevşetilmesi amacıyla uygulanan, gevşetme patlatmalarında kullanılan patlayıcı maddeler, ateşleme sistemleri, delik paterni ve şarj lama şeklini araştırmıştır. Patlatmalardan sonra döner kepçeli ekskavatörün kazı veriminin nasıl değiştiği gözlemiştir. Sonuç olarak gevşetme patlatmaları sonucunda dekapajda çalışan döner kepçeli ekskavatörün kazı veriminin 2008 yılında ortalama %25,38, 2009 yılında ise %26,82’lik değiştiği görmüştür.

Yurdakul (2010), Yılankale-Misis yöresinden kireçtaşı örnekleri almış ve deneyler yapmıştır. Deneylerde, örneklerin kimyasal, petrografik, mineralojik, geometrik, fizikomekanik ve termal (ısı) özelliklerini belirlemiştir. Analiz sonuçları kireçtaşlarının $> 97\% \text{CaCO}_3$ içerdiğini, safsızlıkların (SiO_2 , Fe_2O_3 , Al_2O_3) oldukça düşük olduğunu, petrografik incelemelere göre ince kristalli olduğunu, birim hacim ağırlığının $2,55 \text{ g/cm}^3$ ’ten büyük, tek eksenli basma dayanımının $> 50 \text{ MPa}$, Los Angeles aşınma deneyi aşınma kaybı değerlerinin $< 30\%$, geometrik özelliklerinin standartlarda verilen değerlere ve kalsinasyon şartlarına uygun olduğunu belirlemiştir. Deney sonuçlarına göre; Yılan kale kireçtaşlarının agrega, kireç, cam ve refrakter üretimi için kullanılabilir olduğunu belirtmiştir.

Turan (2010), Akarca Köyü (Hatay) kireçtaşlarından örnekler almış ve deneyler yapmıştır. Sahada iki çeşit kireçtaşı varlığı (açık ve koyu renkli) tespit etmiştir. Deneylerde, kireçtaşlarının kimyasal, petrografik, mineralojik, fizikomekanik ve kalsinasyon özelliklerini belirlemiştir. Analiz sonuçları açık renkli kireçtaşlarının $> 98\% \text{CaCO}_3$ içerdiğini, safsızlıkların (SiO_2 , Fe_2O_3 , Al_2O_3) oldukça düşük olduğunu, petrografik incelemelere göre ince kristalli olduğunu, birim hacim ağırlığının $2,55 \text{ g/cm}^3$ ’ten büyük, tek eksenli basma dayanımının $> 50 \text{ MPa}$, Los Angeles aşınma deneyi aşınma kaybı sonuçlarının $< 30\%$ olduğunu ve kalsinasyon şartlarına uyduğunu göstermiştir. Koyu renkli kireçtaşlarının $> 90\% \text{CaCO}_3$ içerdiği, safsızlıkların (SiO_2 , Fe_2O_3 , Al_2O_3 , MgCO_3) oldukça yüksek olduğu, fiziko-mekanik özelliklerinin açık renkli kireçtaşlarına yakın değerler sergilediği, fakat kalsinasyon şartlarını sağlamadığını tespit etmiştir.

Turan (2010), Deney sonuçları Akarca Köyü (Hatay) açık renkli kireçtaşlarının agrega, kireç, cam ve refrakter üretimi için, koyu renkli kireçtaşlarının yapı malzemesi olarak kullanılabilir olduğunu göstermiştir. Deneylerden elde edilen sonuçlar ışığında Akarca (Hatay) açık renkli kireçtaşlarının özellikle kireç üretiminde, inşaat ve yapıda, cam ve seramik endüstrisinde, çimento üretiminde, kağıt sanayinde, tarım sektöründe, metalürjide, şeker ve kimya sanayinde, kömür ocaklarında ve baca gazı arıtımında; koyu renkli kireçtaşlarının ise inşaat ve yapıda, beton üretiminde ve çimento üretiminde kullanım için uygun olabileceği sonucuna varmıştır.

Özdemir (2011), Çambaşı regülatörü ve hes tünel güzergâhındaki kayaların bazı mühendislik özellikleri ile delinebilirlikleri arasındaki ilişkinin incelenmiştir. Delinebilirliğe etki eden birçok parametre olduğunu ve bunları makine ve ekipmana bağlı parametreler (sondaj makinasının tipi, dönme hızı, baskı kuvveti, matkap tipi v.b.), delme işlemine bağlı parametreler (delme yöntemi, makinanın çalışma performansı ve bakımı, sondörün deneyimi v.b.) ile jeolojik parametreler (kaya tipi, kayaların mekanik özellikleri, süreksizlikler, mineral bileşimi)olarak sınıflamıştır. Kaya delinebilirliğinde kontrol edilemeyen parametrelerin belirlenmesi (jeolojik ve mühendislik özelliklerinin), sondaj çalışmasında kullanılacak delme yöntemi, matkap türü, matkap dönme hızı, matkap üzerine uygulanacak yük miktarı, delme dizisi niteliği, pompa türü, dolaşım sıvısı/hava hızı ve hacmi, personel vb. gibi kontrol edilebilen parametrelerin en iyi şekilde seçilebilmesine (tasarım aşamasında) imkan vereceğini ve ayrıca elde edilen veriler maliyet tahmininde ve sondaj çalışma sürelerinin planlanmasında kullanılabileceğini belirlemiştir.

3. MATERYAL VE METOD

3. 1. Materyal

3.1.1. Delici Makinalar, Delme Sistemleri ve Yöntemleri

Deliciler; sahip oldukları en az bir boom üzerinde birbirine bağlanabilen tijler ve en uçtaki bit ile kayacı delerek ilerleyen özel makinalardır. Kayaç içinde eğimli ya da dik delik delebirlirler. Delme takımının ucundaki bitin baskı ile kayaç içerisinde dönmesi ile kayaç kırılmakta ve kırılan parçalar tijlerin ortasında bulunan delikten bit ucuna delik dibine kadar inen hava yardımı ile delik üstüne kadar taşınmaktadır. Tij takımının en alt ucundaki bit tarafından ezilen bu kayaç parçalarının delik dışına taşınmaları delmenin sağlıklı yapılabilmesi açısından çok önemlidir.

Delik boyuna bağlı olarak tanelerin dışarıya taşınmaları için gerekli olacak basınçlı hava miktarı da değişiklik göstermekle birlikte bu havayı sağlamak için her delici makine yanına basınçlı havayı üretmek için bir kompresör gerekmektedir. Yeni üretilen delici makinalarda kompresör delici makina üzerine monteli olarak gelmektedir.

Delici makinalarda kullanılan ve tijlerden oluşan delme takımının en alt ucunda bulunan ve bit adı verilen parçanın çapı, açacağı deliğin çapını belirlemektedir. Delik çapı, delme-patlatma uygulamalarında patlayıcı madde miktarından delik geometrisine kadar her parametreyi doğrudan etkileyen önemli bir değişkendir. Delik çapları genelde 64 mm'den 381 mm'ye kadar değişmektedir.

Delme patlatma çalışmalarının uygulandığı maden işletmelerinde ve yol, baraj ve diğer inşaat işlerinde delme-patlatma uygulaması genel çalışma içerisinde önemli bir yer tutmaktadır. Özellikle delme sistemi ve delik düzeni önceden ve iyi planlanmadığında ekonomi ve verimlilik açısından istenmeyen sonuçlar ile karşılaşmak olasıdır. Bu nedenle delme-patlatma uygulamaları iyi planlanmalı ve uygulanmalıdır. İyi bir planlama için etkin parametreleri tespit etmek ve değiştirilebilir olanlar üzerinde çalışmalar yaparak optimum değerlere ulaşmaya çalışmak gerekmektedir. Bu çalışmalar yapılırken çıkış noktası delme-patlatma

konusundaki bilgi birikimidir, ancak her kayacın kendine özgü davranışı olabileceğini, kayaç özelliklerinin her yerde aynı olmayacağını, bir ocak içerisinde dahi farklı basamaklarda farklı sonuçlar ile karşılaşılabilmesi gerçeğini unutmamak gerekmektedir.

Delik Delme Sistemi: Kayaçların taşınabilir hale getirilebilmesi için ya direk kazı makineleri ile ya da patlayıcı madde kullanılarak parçalanması gerekir. Patlayıcı madde kullanarak kayacı parçalayabilmek için ise kayaç içine delikler gelinerek patlayıcı madde yerleştirilmesi gereklidir. Aslında delik delme işlemi esnasında da kayaç parçalanmaktadır ve kayaç parçalanması ile ilgili mekanik davranışlar burada da geçerlidir.

Bir delik delme sisteminin Taşıyıcı, Delici, Şank, Tij ve Matkap olmak üzere beş ana elemanı vardır. Bu elemanlar enerjinin kayayı parçalamak için kullanımı ile ilgilidirler ve İşlevleri şu şekilde tanımlanır.

Taşıyıcı: Delik delme işlemini yerine getirebilmek için diğer elemanların kayaca yaklaştırılması gereklidir. Bu yaklaştırma işlemi elle, İtme ayağı yardımı ile, sabit silindirlerle veya mobil (Jumbo) taşıyıcı ile olmaktadır.

Delici: Basitçe bir ifade ile bir silindir ve bu silindir içinde hareket eden bir pistondan meydana gelmiştir. Dışarıdan silindir içine değişik şekillerde aktarılan enerji (hidrolik, elektrik, basınçlı hava, vs.) silindir içindeki pistonun aşağı yukarı hareket etmesini sağlar. Hareket eden bu piston şanka vurarak kinetik enerjiyi mekanik enerjiye (darbe enerjisi) dönüştürerek hareketi başlatır.

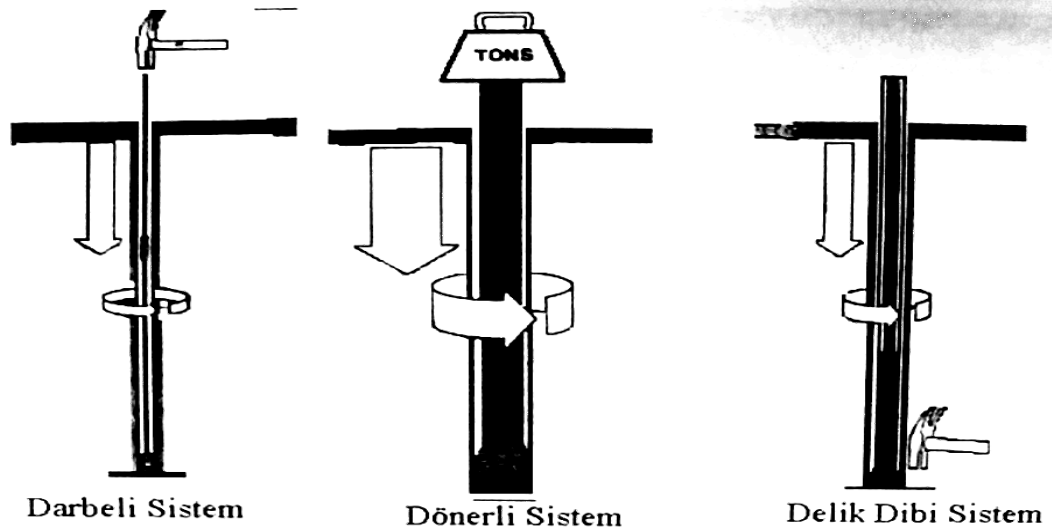
Şank: Piston tarafından oluşturulan darbe enerjisini ve dönme torkunu tije aktarır.

Tij: Darbe enerjisi ve dönme torkunu matkaba aktarır.

Matkap: Sistemdeki enerjiyi mekanik olarak kayaca uygulayarak delme işlemini gerçekleştirir.

Delik Delme Yöntemleri: Matkapın enerjiyi kayaca uygulama şekline bağlı olarak 3'e ayrılır. Şekil 3.1'de matkap delme sistemleri görülmektedir.

- Darbeli Üstten darbeli
- Dipten darbeli (Delik dibi delici)
- COPROD (Dönmeli ve Döner darbeli)



Şekil 3.1. Matkap Delme Sistemleri (Darbeli, Dönerli ve Delik Dibi Sistem).

Darbeli yöntemde kayaca iletilen enerji sadece darbe enerjisidir. Bu sistemde matkabın dönmesi esnasında kayaç ile temas yoktur. Darbeli yöntemin alt grubu olarak birde delik dibi delici delme (DDD) yöntemi vardır. Bu yöntemde delici piston direk matkaba vurmaktadır. Eğer kayaç dönme kuvveti sonucu parçalanıyorsa bu sistemde dönmeli delik delme sistemi olarak adlandırılır. Dönmeli delik delme genellikle geniş, orta çaplı ve uzun deliklerin delinmesinde kullanılan bir sistemdir. Yaygın olarak açık maden işletmelerinde basamak patlatmalarında ve muhtelif amaçlı sondaj deliklerinin açılmasında kullanılan bir yöntemdir. Kayaç hem darbe hem de dönme enerjisi ile parçalanıyorsa bu sisteme de darbeli-döner sistem denir. Küçük çaplı delikler içinde darbeli ve döner-darbeli delik delme metodu uygulanmaktadır.

Bu yöntemlerden DDD yönteminde enerji kaynağı zorunlu olarak basınçlı hava olurken diğer yöntemlerde delici basınçlı hava veya hidrolik enerji ile çalışabilmektedir.

Darbeli yöntemde kayaca iletilen enerji sadece darbe enerjisidir. Bu sistemde matkabın dönmesi esnasında kayaç ile temas yoktur. Darbeli yöntemin alt grubu olarak birde delik dibi delici delme (DDD) yöntemi vardır. Bu yöntemde delici piston direk matkaba vurmaktadır. Eğer kayaç dönme kuvveti sonucu parçalanıyorsa bu sistemde dönmeli delik delme sistemi olarak adlandırılır. Dönmeli delik delme genellikle geniş, orta çaplı ve uzun deliklerin delinmesinde kullanılan bir sistemdir.

Yaygın olarak açık maden işletmelerinde basamak patlatmalarında ve muhtelif amaçlı sondaj deliklerinin açılmasında kullanılan bir yöntemdir. Kayaç hem darbe hem de dönme enerjisi ile parçalanıyorsa bu sisteme de darbeli-döner sistem denir. Küçük çaplı delikler içinde darbeli ve döner-darbeli delik delme metodu uygulanmaktadır. Yer altı maden işletmelerinde yaygın olarak darbeli, döner-darbeli ve bazen de üretim yöntemine bağlı olarak orta çaplı ve uzun delikler için DDD yöntemi kullanılmaktadır. Bu yöntemlerden DDD yönteminde enerji kaynağı zorunlu olarak basınçlı hava olurken diğer yöntemlerde delici basınçlı hava veya hidrolik enerji ile çalışabilmektedir.

Delme sisteminin performansını etkileyen parametreler;

- Tasarım veya işletme parametreleri
- Geometrik parametreler
- Çevresel parametreler

Tasarım veya İşletme Parametreleri: Darbe gücü, baskı kuvveti, matkap dönme hızı ve kırıntı temizlenmesi gibi faktörler tasarım parametrelerini meydana getirirler. Bu parametreler darbeli ve döner-darbeli sistemler için aynı olmasına karşın; darbeli sistemde kayaç darbe enerjisi ile parçalanırken, döner-darbeli sistemde kayaç baskı kuvveti ile parçalanmaktadır.

- Darbe Gücü:*** Delicilerde darbe gücü, darbe enerjisi ve darbe sayısı ile oluşturulur. Basınçlı havalı delicilerde darbe hızı 1600–3400 darbe/dakika iken hidrolik delicilerde bu hız 2000-4500 darbe/dakika olabilmektedir. Meydana gelen darbe gücü hidrolik akış oranı veya hava basıncının bir fonksiyonudur.
- Baskı Kuvveti:*** Bu kuvvet şank ile deliciyi ve matkap ile kayacı temas halinde tutmak için gereklidir. Bu şekilde maksimum darbe enerjisi pistondan kayaya aktarılmış olur. Darbe baskısı arttıkça baskı kuvveti de artmalıdır. Optimum baskı kuvveti darbe kuvveti, kayacın durumu, delik boyu, delme açısı ve

kullanılan matkabın tip ve boyutuna bağlıdır. Optimum baskı kuvveti delme hızı ve matkap aşınması takip edilerek tespit edilebilir.

Eğer kayaca uygulanan baskı kuvveti yetersiz ise: Darbe enerjisi yeteri kadar kayaca aktarılamaz, şank ve varsa manşonda problem meydana gelir Delme hızı düşer. Dönmeye karşı bir direnç oluşmaz. Matkap uçlarında içsel aşınmalar meydana gelir. Aşırı ısınma ve manşonlarda gürültü meydana gelir. Eğer baskı kuvveti gereğinden fazla ise: Tij'de gereksiz eğilme ve şank da aşınma meydana gelir. Kırıntı temizleme problemi oluşur. Matkap uçlarında aşırı aşınma meydana gelir. Delik de sapmalar artar. Eklemeli uçlarda ekleri çözmek zorlaşır. Delme hızı düşer.

c) **Matkap Dönme Hızı:** Her darbe sonunda matkabın yeni bir kayaç yüzeyi ile temas etmesini sağlamak için matkap dönmek zorundadır. Matkabın dönme hızı delme hızını maksimum yapacak şekilde ayarlanmalıdır. Optimum matkap dönme hızını etkileyen başlıca faktörler; kayaç tipi ve matkap çapıdır. Yetersiz matkap dönme hızı yeniden kazı olayından ötürü enerji kaybına sebep olur buda delme hızını düşürür. Ancak bazı durumlarda matkap dönme hızı optimum değerinin altına düşürülür. Bunun sebebi de düşük dönme hızının delik sapmasını azaltması ve bazı durumlarda da aşındırıcı kayaçlarda matkap aşınmasını kontrol etmek içindir. Aşırı matkap dönme hızı matkapta gereksiz aşınmaya sebep olur. Çünkü bu durumda kayaç darbe kuvveti ile değil de dönme kuvveti ile kırılmaya çalışılacaktır. Ayrıca aşırı dönme hızı bağlantı yerlerinin aşırı şekilde sıkışmasına sebep olacaktır.

d) **Kırıntı Temizleme:** Delik delinirken delik tabanına uç ve matkaptaki delikler aracılığı ile belirli bir basınçta su, hava veya köpük aktarılır. Bunun iki amacı vardır. Birincisi matkabın kopardığı parçaları delikten uzaklaştırmak, ikincisi ise matkabı soğutmaktır. Matkabın kopardığı parçalar su veya havanın baskısı ile uç ile delik duvarı arasındaki boşlukta hareket ederek dışarı çıkar. Yetersiz temizleme delme hızını düşürür, uç ömrünü azaltır ve matkap aşınmasını artırır. Deliğe beslenmesi gereken su veya hava miktarı delik çapına, kırıntının yapısına ve delik uzunluğuna bağlıdır. Genellikle açık işletmelerde hava kullanılırken yer altı işletmelerinde su kullanılmaktadır.

Geometrik Parametreler: Delik çapı ve delik boyu gibi faktörler geometrik parametreler olarak adlandırılmakta olup, bunlarda delme sisteminin performansını etkilemektedir. Delik boyu ve delik çapına bağlı olarak farklı deliciler ve delme sistemleri seçilmektedir. Burada yapılacak yanlış seçim delme performansını olumsuz yönde etkileyecektir.

Çevresel Faktörler: Daha çok kayacın deline bilirliliği ve ekipmanın aşınması ile ilgili kayaç özellikleri ve jeolojik şartlardır. Delme sisteminden maksimum performans alabilmek için bu parametrelerin önceden belirlenip, sistemin bu parametrelerin ışığı altında düzenlenmesi gerekmektedir.

3.1.1.1. Kullanılan Kaya Sınıflama Sistemi

Bir kayaç kütlesi, birbirinden farklı sağlam kaya bloklarıyla, değişik tipteki jeolojik süreksizliklerin oluşturduğu bir topluluk olarak düşünülmelidir. Bu nedenle, mühendislik çalışmalarında hem sağlam kayaç özellikleri hem de kaya kütle özellikleri göz önünde bulundurulmalıdır. Kaya sınıflandırılmasının amacı sözü geçen kaya kütle özelliklerini tespit eden parametrelerin ampirik şekilde tespit edilmesidir.

Mevcut sınıflama sistemlerinin büyük çoğunluğu, yeraltı çalışmalarında kullanılmaya daha uygun olup, ancak son yıllarda diğer mühendislik çalışmalarında da kullanılabilecek kaya sınıflama sistemleri geliştirilmiştir. Bu çalışmada yapılan kaya sınıflamasında kullanılan parametreler I.S.R.M. (1981) standartlarına uygun olarak tespit edilmiş ve bu parametreler kullanılarak Bieniawski (1973, 1989) tarafından geliştirilen R.M.R. Sistemine göre kaya sınıflaması yapılmıştır.

R.M.R. Sistemi - Kayaç Jeomekanik Sınıflama Tanımlaması

R.M.R. sınıflama sistemi verilerin toplanması açısından çok fazla avantajlar sağlar ve kısa sürede bir değerlendirmeye gidilmesine imkân verir.

R.M.R. sisteminde sınıflama yapabilmek için gerekli olan parametreler aşağıda verilmiştir. Bunlar;

- Sağlam kayacın dayanımı,

- Kaya kütle göstergesi,
- Süreksizlikler arası mesafe,
- Süreksizliklerin durumu (doğrultu, eğim)
- ❖ Süreksizlik yüzeyinin pürüzlülüğü,
- ❖ Süreksizlik yüzeyinin iki duvarı arasındaki açıklık, dolgunun kalınlığı,
- ❖ Dolgunun tipi,
- ❖ Süreksizliğin devamlılığı,
- Su durumudur.

Yukarıdaki parametreler laboratuvar ve arazi ölçümleri ile tayin edildikten sonra puanlama yapılır. Bu işlemden sonra elde edilen puana göre, R.M.R. sınıflama sisteminin önerdiği şekilde Çizelge 3.1 kullanılarak kayaç sınıflaması yapılır.

Çizelge 3.1. R.M.R. Sistemi Kayaç Sınıfları (Biemawski, 1989).

Kayaç Sınıfı	Toplam R.M.R. Değeri
I. Çok İyi Kaya	100-81
II. İyi Kaya	80-60
III. Orta Kaya	60-41
IV. Zayıf Kaya	41-21
V. Çok Zayıf Kaya	< 20

R.M.R. sisteminde sağlam kayacın dayanımı, laboratuvar da "Tek Eksenli Sıkışma Dayanımı" deneyi ile tayin edilebilir. Bu parametrenin belirlenmiş olması R.M.R. sistemi için yeterli olmaktadır.

Kaya Niteliği Göstergesi (R.Q.D.)

R.Q.D. bir sondaj manevrasında doğal süreksizliklerle ayrılmış karot parçaları içinde 10 cm ve 10 cm'den büyük parçaların boylarının toplamının toplam manevra boyuna oranı olup yüzde cinsinden ifade edilir.

R.Q.D. sisteminde sınıflama yapabilmek için gerekli olan parametreler aşağıda verilmiştir. Bunlar;

- Süreksizlikler Arası Mesafe
- Süreksizliklerin Durumu
- Su Durumu
- Süreksizliklerin Doğrultusu
- Süreksizliklerin Eğimi

Jeoteknik etütlerde, süreksizliklerin yönelimine ilişkin stereografik projeksiyon tekniklerinden yararlanılırken süreksizlik sistemlerinin eğim ve eğim yönlerinin kullanılması büyük ölçüde pratiklik sağlamaktadır. Bu amaçla inceleme hattını kesen tüm doğal süreksizliklerin eğim ve doğrultuları jeolog pusulası kullanılarak ölçülür. Daha sonra tüm ölçüler stereografik projeksiyon tekniği ile değerlendirilerek başlıca sistemler ve bunlara ait eğim ve eğim yönleri tayin edilir. Bu değerler sınıflamanın bir girdisi olarak kullanılır.

3.1.1.2. Kayalarda Delik Delme Sistemi

Genel anlamda kayalarda delik delme başlıca iki yolla mümkündür; Birincisi, Mekanik usullerle delik delme=lağım makineleri veya sondaj makineleri ile. İkincisi, Termik usulle delik delme=Jet piercing=alev fişkırtma usulü ile delik delme.

Bunların dışında bazı delik delme metotları teorik olarak mevcut ise de pratikte en çok kullanılan bunlardır.

3.1.1.2.(1). Mekanik usullerle Delik Delme

- Mekanik usullerle delik delme
- Darbeli delik delme
- Döner çubuk-başlıklarla delik delme
- Darbeli - Döner çubuk-başlıklarla delik delme

3.1.1.2.(2). Termik usullerle Delik Delme

Jet Piercer’lerle delik delme: Çok sert olan zımpara taşı gibi cevherlerin ve taşların patlatılmasında kullanılır. Burada yalnız mekanik usullerle delik delme konusu ele alınmıştır. Zira açık işletmelerde en çok uygulanmakta olan delik delme usulleri mekanik olanlardır. Sistemin çalışma bireyleri:

1. Delik delmeyi sağlayan makine
2. Lağım çubuğu (delik delme enerjisini ileten)
3. Deliği delen kısmın ucu
4. Sistemde devreden akışkan (genellikle su veya basınçlı hava)

Kayalarda delik delmede iki ana işlem yapılır:

1. Kayaya nüfuz etmek (penetration)
2. Çıkan kaya parçacıklarını delik ağzına kadar taşıyıp onları dışarı atmak.

Kayalarda delik açmak, mekanik yolla ancak, Darbe ile (çubuğun nihayetindeki ucun taşa vurması ile), Ucu taşa belli bir basınçla dayayıp onu döndürmekle, İki şekli birleşimi de mümkün olur.

Her üç yolda da kayaya uygulanan basınç, kayanın dayanımını aştığı takdirde mümkün olur. Burada kayaya uygulanan gerilme, o kayada istenilen şekilde ve çapta bir delik delmeyi sağlayacak değerde olmalıdır. Her ne kadar, kayaya uygulanan bu gerilme değeri dinamik bir nitelikte ise de, İlerleme hızının düşük olması (dakikada 25-40 cm) sebebiyle statik olarak da kabul edilebilir.

3.1.1.3. Delik Delme Metodunun Seçilmesi

En uygun delik delme metodunun seçilmesi İçin aşağıdaki hususları incelemek ve yerine getirmek gerekir:

Delik delme makinesinin çalışma şartlarının tespit edilmesi (işçilik, şantiye, iklim şartları)

İşletmenin istihsal şartları içinde kayaları parçalama işinin ve yerinin tayin edilmesi (kazı, nakliyat, ocak şekli vs)

Lâğım deliklerinin plânını, patlatma icaplarına göre hazırlamak,(delik çapı, delik boyu, delik meyli, yük, deliklerin aralığı)

Delik delinecek kayanın delinebilme faktör yaya göre uygun delik delme metotlarının tayini.

Bu metotlar için delme makinesi, lağım çubuğu, uç ve kullanılacak akışkanın tespit edilmesi.

İşletme parametrelerinin hesaplanması; Burada

- Harcanacak enerji,
- Delik delme hızı,
- Uç aşınmaları,
- Maliyet, hesaplanır.

Böylece belli başlı maliyet elemanları olan uç masrafları, makine amortismanı, işçilik bakım masrafları enerji ve akışkan masrafları bulunur. Çizelge 3.2.'de çeşitli kayalarda kullanılan en uygun delik delme metotları gösterilmektedir.

Çizelge 3.2. Çeşitli kayalarda kullanılan en uygun delik delme metotları

Kaya tipleri	1	2	3	4
İlerleme hızı	Yumuşak	Orta sert	Sert	Çok sert
Taş kategorileri	Şist, çürük	Kalker, çürük	Granit	kuvarsit
Örnekler	Kalker	—	Çakmaktaşı	Taconite
Delik delme metotları	—	—	—	—
Sabit uçlu dönme	X	X	—	—
Makaralı uç	X	X	X	X
Darbeli (Jet Piercing)	—	X	X	X
Alev fişkırtmalı	—	—	X	X

3.1.1.4. Delik delme hızı ve maliyetleri

Aynı taşta çeşitli delik delme makineleri ile delindiği düşünülerek aşağıdaki Çizelge 3.3.'de verilen izafi değerler pratikte, örneğin 24 Kg'lık bir lağım delme makinesi ile yapılan delik delme deneyinde elde edilen delme hızından diğer makinelerle elde edilecek hızların hesaplanmasında tahmini değerler bulmaya yarar.

Bu suretle, bir kayadan bu makinelerden birisi ile yapılan İlerlemeden diğer makinelerle aynı kayada yapılacak ilerleme kolaylıkla hesaplanabilir. Aslında 50 lb'lık el ile çalıştırılan bir lağım makinesi ile delik delinecek kayada delik delme deneyi yapılır. Elde edilen delme hızı örneğin 20"/dak ise 4" lük bir drifter ile 0.66 kat sayısı düşünülerek;

$$(1 - 5) 20 \times 0.66 \times 2.25 = 29.70$$

$$20" \times 0.66 \times - = 42 \text{ } 16 \text{ } 16 = 1,8"/\text{dakika olur.}$$

Çizelge 3.3. Çeşitli delik delme makinelerinde izafi hız yüzdeleri

Makine tipi	Delik çapı	Kat sayısı
50 Lb (24 kg) lağım mak.	1/2"	1.00
4" luk lağım sürmede	1"	1.00
4' luk delik delme makinesi	2"	1.00
4 3/4" luk delme drifter	3"	1.22
5" luk delme drifter	4"	0.66
5 1/2" luk delme drifter	5"	0.39
6" luk delme drifter	6"	0.40
Down-Hole delik delme mak.	5"	0.21
Down-Hole delik delme mak.	6"	0.25
Down-Hole 'delik delme mak.	7"	0.25
Down-Hole delik delme mak.	9"	0.25

Maliyet analizleri her memlekete göre değişmektedir. A.B.D.'de işçilik yüksek, makine ve yedek parça bedelleri ise ucuzdur. Türkiye'de ise işçilik nispeten düşük, makine ve yedek parça fiyatları çok yüksektir. Uç aşınmalarını, arazide deney yapılmadan tahmin etmek çok zordur. Drifter tipi makinelerde Tungsten-Carbonate bide'li uçların bilenmesi 10-13 kez yapılabilir. Down-Hole makinelerin uçları İse 15-20 kez bilenebilmektedir.

Delik delme metodunun seçilmesinde şu üç faktör önemli rol oynar:

Açık işletme kademelerinin teşkilinde, seçilen delik delme sisteminin güçlüklerle rastlanmayıp kolaylıkla intibak (araziye) edebilmesi.

Maliyetlerin (dekapaj) tatmin edici olup olmaması.

Patlatma plânının (blasting pattern) kayayı yüklenebilir parçalara parçalayıp parçalayamaması.

3.1.1.5. Delik Delme Makineleri

Delme makinelerinin sınıflandırılması ve makinelerin çalışma prensibi Çizelge 3.4’da verilmiştir.

Çizelge 3.4. Delme Makineleri Sınıflaması

Taşıyıcı	Deliciler	Tanımı	Yardımcı sistem
SEHPALİ	Sehpalı Delici	Yer altında en yaygın olarak kullanılandır. Baskı kuvveti sehpa olarak adlandırılan bir ayak vasıtasıyla uygular.	Sadece el ile tutulan, el ve silindirik besleme sistemi
	Stoper	Tavana delik delmek için kullanılır. Sabit bir ayağa montelidir.	El ve silindirik besleme sistemi
	Sinker	Tabana dik küçük çaplı delik delmede kullanılır. Sadece el ile desteklenir.	El ve tutma
MONTELİ	Drifter	Sabit bir hidrolik kol veya hareketli bir sehpaye monte edilmiş deliciler.	Sabit bir direğe monte edilen vida-besleme sistemli
	Vagon Deliciler Jumbo Deliciler	Kendi Kendine hareket eden taşıyıcılara monte edilmiş delicilere denir. Drifterden tek farklı taşıyıcının kendisinin hareket edebilmesidir.	Hareketli bir taşıyıcı üzerindeki kolda bulunan vida ve zincir besleme sistemi

3.1.1.5.(1). Sehpalı Deliciler

Sehpalı kaya deliciler, küçük kesit alanına sahip galeriler ve tüneller açmak için tasarlanmıştır. Başarısı kanıtlanmış bu kaya deliciler, yüksek performansları ve güvenilirlikleriyle tanınır. Standart olarak Hex 22 (7/8 inç) dönüş şankıyla birlikte 27 - 41 mm (1-1 5/8 inç) delik çapı aralığında kullanım içindir. Atlas Copco konik buton bitleriyle birlikte kullanıldığında, klasik integral takıma kıyasla penetrasyon hızı %25-50 oranında artar ve üç ila beş kat daha uzun kullanım ömrüne sahiptir. Bu çok yönlü makine, çok sayıda uygulamada kullanılabilir. Sağlam yivli çubuk dönüşü, uzun piston vuruşu ve yüksek penetrasyon hızı özelliklerine sahiptir. Şekil 3.2’de sehpalı delici resimleri görülmektedir.

Sehpalı Deliciler Özellikler ve faydalar

- Sessiz
- Orta-Sert kayalarda birçok delme uygulaması için uygun yönlü kaya delici
- Uzun piston vuruşu, mükemmel penetrasyon hızı
- Sağlam yivli çubuk dönüş mekanizması
- Kaya delicinin arka başlığına yerleştirilmiş olan sehpa kontrolü

Uygulamalar; Üretim amaçlı delme, Madencilik ve inşaat, Boyutlu taş sektörü



Şekil 3.2. Sehpalı delici görüntüsü(Martoperfaratör)

3.1.1.5.(2). Vagon Deliciler

Bazı firmalar küçük işletmelerde mekanizasyona imkân tanımak için küçük, çok yönlü ve basınçlı havalı delici içeren monteli delme makineleri geliştirmişlerdir. Bu delme makinelerinde delici sistem hareketli bir taşıyıcıya monte edilmiştir. Operatör taşıyıcının yanında yürüyerek hareket ederken taşıyıcı kendi yürüme sistemine sahiptir. Bu deliciler Açık İşletmelerde Trak-Drill olarak da adlandırılırlar. Şekil 3.3’de vagon delici görüntüsü görülmektedir.



Şekil 3.3. Vagon deliciler(Trak-Drill)

3.1.1.5.(3). Jumbo Deliciler

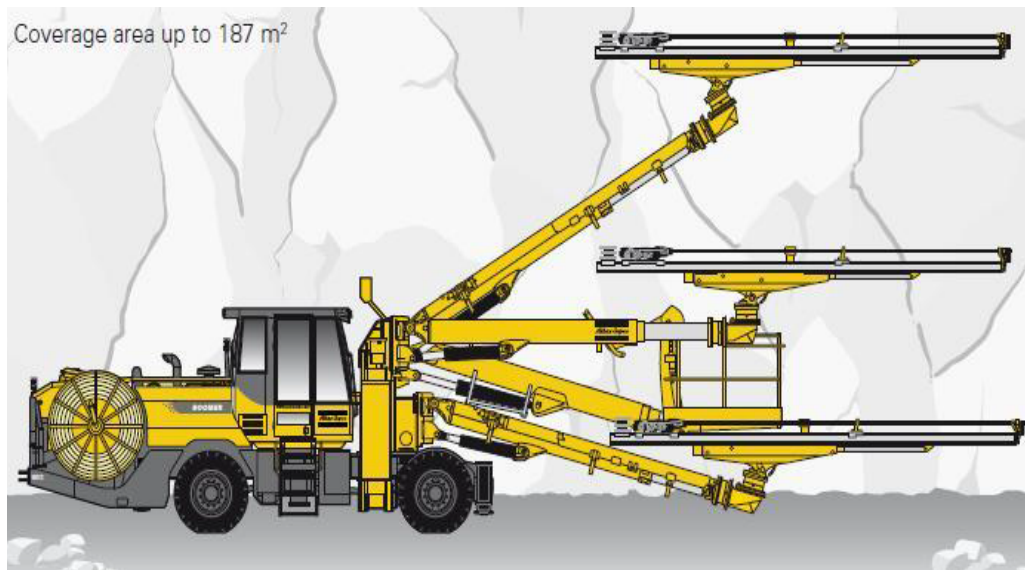
Delme makinelerinin, bir taşıyıcı sisteme yerleştirilmesi ile elde edilen delici makineler Jumbo adı verilmektedir. İlk Jumbolar, 1960 yılında geliştirilmiş olup, basınçlı hava ile çalışan deliciler kullanılmaktadır. 1970'lerde hidrolik delicilerin geliştirilmesi ile Jumbolar da hidrolik deliciler kullanılmaya başlanmıştır. Günümüzde yaygın olarak hidrolik delici Jumbolar kullanılmaktadır. Şekil 3.4 ve Şekil 3.5’de Jumbo delici resimleri görülmektedir.

Bir Jumbo deliciyi meydana getiren elemanlar genel olarak dört ana elemandan meydana gelmiştir. Bunlar; taşıyıcı sistem, kol, besleme sistemi ve delicidir.

Taşıyıcı sistem: Taşıyıcı sistem farklı amaç ve şartlar için geliştirilmiştir. Taşıyıcı sistem yürüyüş mekanizmasına göre dörde ayrılır:

- Lastik tekerlekli (Belden kırılmalı, rijit, rijit-aks dönmeli)
- Raylı sistem (Raylı sistemi olan galeri ve tüneller için)
- Paletli (Bozuk zeminli veya çok eğimli galeri zeminleri için)
- Kamyon (İkinci el kullanılmayan kamyonlar)

Taşıyıcılar: dizel, elektrikli veya basınçlı hava ile çalışan motorlar kullanılabilir. Elektrik motorlu Jumbolarda, taşıyıcı üzerinde, elektrik kablo tamburu bulunmaktadır. Jumbolarda yürüyüş mekanizması ise raylı, paletli veya lastikli olabilmektedir. Paletli taşıyıcılar; basınçlı hava, elektrik veya dizel motorlu olabilirler. Genellikle, asidik maden suyunun bulunmadığı, gevşek, ıslak, kaygan zeminli, yüksek eğimli yol ve çalışma alanlarına sahip ocaklarda kullanılmaktadırlar fakat hareket hızlarından düşük olmasından dolayı kısıtlı kullanım alanları vardır.



Şekil 3.4. Jumbo delici resimleri



Şekil 3.5. Jumbo delici resimleri

Kol (Booms): Jumbo delicilerde besleyici mekanizma ve deliciyi taşıyan, hareket ettiren ve bunları taşıyıcı sisteme bağlayan elemana kol denir. Jumbo delicilerde en az bir kol vardır, ancak bazı durumlarda ihtiyaca göre birden fazla kol olabilmektedir. Hemen hemen bütün kollar hidrolik olarak hareket ettirilirler. Kol seçiminde göz önüne alınacak parametre deliklerin ne amaçla ve nerelere açılacağıdır.

Genel olarak delikler; Arına (ilerleme yönüne) delici doğrultusunda Yan duvara (delici doğrultusunda) dik veya açılı Tavana Tabana Eğimli delikler olacak şekilde açılmaktadır.

İşletmedeki çalışma şartlarına ve Jumbo'nun kullanım amacına bağlı olarak, seçilecek kol yukarıda belirtilen konumların hepsinde veya ihtiyaca bağlı olarak gerekli yerlerde delik delmeye imkân tanıyacak manevra kabiliyetine sahip olmalıdır. İkinci önemli seçimde etkili parametre "kolun" kapsayacağı alandır. Yani taşıyıcı sistemi hareket ettirmeden, delik delinebileceği en büyük kesit alanıdır. Burada kolun uzunluğu veya uzayabilme yeteneği önemlidir.

Besleme Mekanizması: Bazı yayınlarda kızak olarak ta tanımlanan besleme mekanizması, Jumbo kolunun ucuna monte edilerek, asıl delme işlemini yapan, deliciyi taşıyan ve delicinin ileri geri hareketini sağlayan elemandır. Bu sistemde delici, bir motor aracılığı ile kızak üzerinde ileri geri hareket ettirilir. Bu motor

deliciye bağı olarak basınçlı hava veya hidrolik olabilmektedir. Delme işlemi için gerekli "baskı kuvveti" de bu motor aracılığı ile oluşturulmuştur.

Deliciler: Jumbo delicilerde delme işlemi için gerekli enerjiyi deliciler üretmektedir.

Jumbo Modelleri ve özellikleri: Bütün jumbolar temelde aynı özelliklere sahip olmalarına rağmen, çalışma ortamına ve istenen özelliklere göre değişik tip ve modellerde üretilmektedirler. Jumbo deliciler günümüzde Üretim Jumboları ve Hazırlık Jumboları olarak iki ana gruba ayrılarak üretilirler. Hazırlık jumboları da genel amaçlı jumbolar ve ince damarlar için jumbolar olarak iki ana gruba ayrılırlar.

Üretim Jumboları: Bu jumbolar daha çok özel amaçlı olarak geliştirilmiş olup uzun delik delme gerektiren yeraltı üretim yöntemlerinde kullanılırlar. Düşey, yüzük veya yelpaze şeklinde delik delebilecek şekilde tasarlanmıştır. Üretim jumbolarında yüksek üretim her zaman iyidir. Ancak yüksek verim için en önemli parametre ekipmanın kullanımıdır. Uygun uzun delik delen jumboyu seçmek için dikkatli bir çalışma ve mevcut tüm seçeneklerin değerlendirilmesi gerekmektedir. Genellikle bu ekipmanlar pahalı ve uzun süre kullanılması istenen araçlardır. Bu sebeple seçilen delicinin uygun bir şekilde mevcut standartlara yükseltilmesi gerekir.

Hazırlık Jumboları: Galeri veya Tünel Açma jumboları olarak da adlandırmaktadırlar. Tünel arınına dik delik delmek için tasarlanmıştır. Hazırlık jumbolarında kol pozisyon sistemleri ve paralel delme imkânıyla daha derin ve daha hassas deliklerin delinmesi mümkün olmuştur. Delik düzeni ve delik derinliği makina üzerindeki bilgisayar düzeni ile kontrol edilmektedir. Çok yaygın olarak genel amaçlı kullanılmakta olup, 1,5-10,5 m yüksekliği ve 1-15 m arasında genişliği olan galerilerde çalışabilecek boyutlarda kullanım amacına göre tasarlanmıştır. Hazırlık jumbolarının tünellerde kullanımında delme hızı delme yüksekliği önemliyken madencilikte manevra yeteneği yüksek deliciler önem kazanır.

İnce Damar Jumboları: Değişik firmalar değişik özelliklerde küçük boyutlu, 2 m'den daha dar galerilerde hareket edip üretim yapacak jumbo deliciler geliştirmişlerdir. Hem hazırlık hem de üretim amaçlı kullanılabilecek şekilde tasarlanmışlardır. Bu makineler dar kuyu ve kesitlerden geçip madene girebilecek kadar küçük, manevra yeteneği yüksek, kıvrımlara, iniş-çıkışlara uyabilecek ve her doğrultuda delik delebilecek makinelerdir.

3.1.1.6. Delik Delme Makinesi Seçimi

Madencilik işlerinde kayaç parçalama işlemi amaca bağlı olarak iki ana gruba ayrılmaktadır. Bu işlemler:

- Hazırlık amaçlı (Kuyu, rampa, galeri, desandre vs.)
- Üretim amaçlı

Amaca bağlı olarak delik delmede kullanılan deliciler farklılıklar arz etmektedir. Delicilerin birbirlerine göre avantaj ve/veya dezavantajları olmaktadır. Seçim için farklı delicileri birbirleri ile ortak kriterler bazında mukayese etmek gerekir. Söz konusu kriterlerin başlı çaları aşağıdadır: Fiziksel boyut uyumu: Delici makinenin boyutu yer altında açılmış olan veya açılması planlanan boşluklara uyum göstermelidir.

İstenen üretimi sağlaması: Muhtemel delicilerin üretim hesapları yapılarak, istenen üretimi sağlayıp sağlamayacağı kontrol edilmelidir.

Ekonomik olması: Delici istenen işi en ekonomik şekilde yapmalıdır. Bunun içinde delicinin maliyet hesaplamaları yapılmalıdır.

Bu kriterlere ilave olarak, bazı delicilerin kapsam dışı bırakılmasına sebep olacak yaklaşımlar vardır. Bu yaklaşımların başında da "Hangi tip delici seçileceği" sorusunun pratik cevabını yerecek genel hususlar vardır. Bu hususların başında da özellikle hazırlık amaçlı delik delmede, delik delinecek kesit alanına bağlı olarak bazı yaklaşımlar yapılabilir.

3.1.1.6.(1). Kesit Alanına Göre Delici Seçimi

Özellikle hazırlık faaliyetleri için seçilecek delicilerde kesit alanı etkili olmaktadır. Kesit alanına bağlı olarak seçilecek delicinin büyüklüğü kararlaştırılabilir. Kesit alanı 4-10 m² arasında: Bu büyüklükteki kesit alanı için en uygun delici sehpalı delicilerdir. Delik çapı genellikle 27-40 mm arasında olup

tekparça tijlerin kullanımı uygundur. Ancak son zamanlarda geliştirilen ince-damar jumboları veya vagon drill delicilerde kullanılmaktadır.

Kesit alanı 6-20 m² arasında: Bu kesitteki boşluklarda daha verimli olan Jumbo delicileri düşünmek gerekmektedir. 48-76 mm çapında, 3.3 m uzunluğundaki paralel delikler bu tür kesitlerde uygundur. Kesit alanı 20m²'den büyük: Bu büyüklükteki kesitlerde Jumbo delici dışında alternatif bulunmamaktadır. Bazı durumlarda çift kollu jumbo seçilmesi gereklidir. Jumbo delici seçildiği zaman, Jumbo delmesi gereken tüm delikleri yerinden hareketi etmeden delebilmelidir.

3.1.1.6.(2). İşletme Şartları, Galeri ve Çalışma Alanı Özellikleri

Yeraltındaki mevcut galeri ve tünel boyutlarının, makine ve operatörün rahatlıkla çalışabileceği, basınçlı hava, havalandırma, elektrik ve su hatlarının geçebileceği genişlik ve yüksekliğe sahip olması gerekir. Çalışılacak alanın boyutları çalışma verimi ve iş güvenliğini direkt olarak etkilemektedir. Bu nedenle, yeraltı şartlarının elverdiği en büyük boyutlu jumbo tercih edilmelidir. Çünkü jumbonun boyut ve kapasitesinin büyüdüğü oranda sahiplenme ve işletme maliyeti artmaz. Ancak, küçük boyutlu jumbo seçilmesi halinde, iki küçük jumbo tek büyük Jumbo dan daha esnektir. Çünkü, iki Jumbo dan birisi arıza yaptığında diğerinin yedekleme imkanı vardır. Tek büyük jumbonun arıza yapması halinde ise, üretim direkt olarak etkilenmektedir. Çalışma alanı dar ise, iyi manevra kabiliyetine sahip nokta dönüşlü lastikli veya paletli araçlar tercih edilmelidir. Manevra alanı yeterince geniş ise, diğerlerine nazaran, daha ekonomik olan kopmak şaseli, hidrolik direksiyonlu, rijid araçlar tercih edilmelidir.

Yol eğimi, jumbonun yürüyüş mekanizma seçimini etkiler. Lastik tekerlekli jumboların iki teker çekişli olanları % 12, dört teker çekişli olanları ise % 30'a kadar eğimli yollarda verimli olarak çalışabilmektedirler. Paletli olanlar tırmanma ve denge kabiliyeti en iyi olan fakat ağır jumbolardır. Genellikle, asidik maden suyu bulunan ocaklarda paletli taşıyıcılar kullanılmamalıdır. Çünkü asidik maden suyu paletlerin bazı bölümlerinde metal parçalarla kimyasal tepkimeye girerek, erken paslanma ve çürümeye sebep olmakta ve araç ömrünü kısaltmaktadır. Dizel motorlu olanların

yüksek ısıda çalışmaları ve ekstra havalandırma gereksinimi ortaya çıkarmaları nedeniyle, ocak havalandırma ve sıcaklık durumu, motor seçimini etkiler. Sıcaklık ve rakım arttıkça dizel motorların verimi düşer. Dolayısıyla, sıcak, yüksek rakımlı ve havalandırma problemi olan ocaklarda, elektrik motorları tercih edilmelidir. Nem oranı yüksek olan ocaklarda paslanmaya dayanıklı malzemeden yapılmış ekipmanlar tercih edilmelidir.

3.1.1.6.(3). Delinecek Kayaçların özellikleri

Kullanılacak delme sistemi, tij ve matkap türünü etkiler. Delme sisteminin seçiminde genel olarak kayaçların tek eksenli basma dayanımları esas kriter olarak alınmaktadır. Ancak, kayaçların basma dayanımları, seçim için tek başına yeterli değildir. Çünkü kayaç içerisindeki çatlaklar, farklı tabakalaşma ve diğer mineraller basma dayanımı tayininde yanıltıcı sonuçlar verebilirler. Bunların yanı sıra, delik boyutları da delme sistemi ve ekipman seçimini etkiler. Doğru seçim yapmak için, kayacın sertliği, aşındırıcılığı, homojenliği gibi, birçok faktör ve kriterin dikkate alınması gerekir. Delme sistemlerinin yanı sıra, delme sisteminde kullanılan matkap türü de çok önemlidir. Dolayısıyla, delme sistemi ve matkap türünü birlikte düşünmek gerekir. Genellikle, darbeli deliciler: 138 MPa'dan daha fazla basma dayanımına sahip formasyonlarda, dönerli deliciler 55-110 MPa, darbeli-dönerli deliciler ise; 83-165 MPa basma dayanımına sahip formasyonlarda kullanılır.

3.1.1.6.(4). Kullanılan Maden İşletme Yöntemi, Üretim Kapasitesi ve Delik Düzeni

Jumbo tipi, yürüyüş mekanizması, jumbo delici kolları, delici mekanizma ve sistemleri, kullanılacak tij ve matkap seçimini etkiler. Hazırlık çalışmalarında kullanılan jumbolar, genellikle, 3 kollu, delme hızı ve kontrol imkanına bağlı olarak bir veya iki operatörle çalıştırılan, düzenli ve iyi planlanmış bakım isteyen kompleks makinelerdir. Hazırlık çalışmalarında açılan galeri veya tüneller, genellikle, 2-10 m yükseklik ve 2-15 m genişlikte olabilmektedirler. Bu tünel veya galeriler, düz,

oldukça dik eğimli, keskin dönüşlü veya spiral şeklinde olabilmektedirler. Bu yüzden değişen hazırlık geometrisine uygun jumbo çeşidi kullanılmalıdır.

Dolgulu kazı yönteminde kullanılacak jumbo seçimi yapmak için genel olarak; Dolgunun sağlamlığı, çalışma alanının yüksekliği (dolgu ile tavan arası mesafe), çalışma alanının genişliği, çalışma alanına ulaşılabilirlik (aracın geçeceği galeri ve tüneller), delik boyutları ve delik düzeni dikkate alınmalıdır.

3.1.2. Kireçtaşlarının Genel Özellikleri ve Çalışma Sahası

3.1.2.1. Kireçtaşı

Kireç antik çağlardan beri bilinen ve çok yönlü kullanımı olan bir maddedir. Kireç üretiminin hammaddesi kireçtaşıdır. Kireçtaşları yüksek kalsiyum içeren kireçtaşı ve dolomitik kireçtaşı olmak üzere kabaca iki sınıfa ayrılabilir. Yüksek kalsiyumlu kireçtaşları %97-99 CaCO_3 içermektedir. Dolomitik kireçtaşlarında MgCO_3 oranı %43'e kadar yükselebilmektedir. Oluştugu yere, içerdiği safsızlıkların cinsi ve miktarına, kullanım alanlarına göre 40 kadar kireçtaşı cinsi bulunmaktadır (Erol vd, 1998; Boynton, 1980, Oates, 1998). Kireçtaşının şu dört önemli özelliğinin altı çizilmelidir.

Kirecin ana hammaddesidir, İlk çağlardan beri elde edilmiş ve kullanılmış kireç, doğrudan kireçtaşının bir ürünüdür.

Mermerlerin yapıcı taşlarıdır. Başlangıçta kireçtaşı tabakaları ve serileri olan kayaç yığınları, metamorfizma geçirerek, yani yüksek basıncın, sıcaklığın ve geçen uzun zamanın etkisi ile değişerek mermere dönüşmüşlerdir.

İlk insandan günümüze değin bütün evler, yollar ve köprülerde yani yapılaşmış tüm birimlerde en büyük oranda kullanılan madde kireçtaşıdır.

Çimentonun, asfaltın keşfinden beri, çimento üretiminde %60 oranında ana hammadde olarak; beton dökümünde ve asfaltlı yol yapımında ise, çimento harcına ve asfalta karıştırılan mıcır olarak bol miktarda kullanılmaktadır.

3.1.2.1.(1). Kireçtaşlarının Sınıflaması

Kireçtaşları birçok araştırmacı tarafından farklı özellikleri ile sınıflandırılmıştır bunlardan en öz nemlileri aşağıda özetlenmiştir.

Tane Boyutuna Göre Sınıflama: Ortalama tane büyüklüğünün ölçü olarak alınmasıdır. Buna göre;

- Mikro taneli kireçtaşı: ebat 4 mikrondan küçük
- İnce taneli kireçtaşı: ebat 4-50 mikron
- Orta büyüklükte kireçtaşı: ebat 50-250 mikron
- İri taneli kireçtaşı: ebat 250 mikrondan büyük

Tekstür Yapısına Göre Sınıflama: Tekstür yapısını, ana safsızlık oranlarını (karbonlu, demirli vb.) mikro yapısını baz alan sınıflama yöntemidir. Çizelge 3.5’deki gibi sınıflanabilmektedir (DPT, 1996).

Çizelge 3.5. Ana safsızlık oranlarını baz alan sınıflama

Yüksek Kalsiyumlu	CaCO ₃ oranı % 95 den fazla, MgCO ₃ oranı %2-5 arasındadır.
Tebeşir	%98-99 CaCO ₃ ihtiva eder. %20 safsızlık içeren gri renkte olabilir.
Mermer	Çok sert dokulu metamorfik yapılu CaCO ₃
Metalurjik	Metalurjide kullanılan yüksek saflıktaki CaCO ₃
Camlık	Yüksek saflıkta kalsitik ve dolomitik yapıda olup demir oranı çok düşüktür.
Fosfatik	Fosfor oranı %5
Magnezyumlu	MgCO ₃ Oranı % 5-20 arasındadır.
Dolomitik	CaCO ₃ : %54-58 MgCO ₃ : %40-46 arasındadır. Bununla beraber MgCO ₃ oranı %20 den fazla olan her kireçtaşı dolomitiktir.
Çimentoluk	Si, Al ve CaCO ₃ oranları portland çimento yapımı için idealdir.
Traverten	Sıcak su kaynaklarındaki çökelmeler oluşur, sert bir yapıya sahiptir.
Marl	Yumuşak, kirli ve bazı tipleri CaCO ₃ ’den fazla Si ve Al içerir.
Bitümlü	Yapısında organik maddeler, doğal asfalt ve petrol bulunur.
Koralli	Yapısında yoğun koral fosil bulunur.

3.1.2.1.(2) . Kireçtaşının Özellikleri

Molekül Ağırlığı: CaCO_3 : 100,09 gr, MgCO_3 : 84,32 gr

Renk: Kireçtaşının rengi, içinde ihtiva ettiği safsızlıklar için bir ölçüdür. Beyaz renk yüksek derecede saflığın, gri tonları karbon kaynaklı safsızlık ve/veya demir sülfürlerin varlığını, kahverengi, yeşil, açık sarı ve kırmızı renkler demir ve mangan muhtevasının işaretidir. Pembe renk ise dolomitik yapı belirtisidir.

Tekstür ve Kristal Yapısı: Tüm kireçtaşı tipleri kristal yapıda olup ebat, homojenlik ve düzen durumuna göre yoğunluk ve sertlik değerlerinde kendi aralarında farklılıklar gösterirler.

Porozite ve su emme kabiliyeti: kireçtaşı %0,1-3, mermer %0,1-2, tebeşir %15-40, dolomit %1-10 arasında bir gözenekliliğe sahiptir. Gözenek, organik madde oranına bağlı su emme kabiliyeti ise yoğunluğu yüksek bir kireçtaşı için %0,4 civarındadır.

Özgül Ağırlık: Oda sıcaklığında kalsitin özgül ağırlığı $2,72 \text{ g/cm}^3$, aragonitin $2,94 \text{ g/cm}^3$, dolomitin $2,86 \text{ g/cm}^3$ 'tür.

Görünür Yoğunluk: Gözenek oranına ve gözenekteki su miktarına göre değişen görünür yoğunluk, 110°C 'de kurumuş kireçtaşı için $1,5-2,3 \text{ g/cm}^3$ arasında değişir.

Yığın Yoğunluğu: Öğütülüp elenen kireçtaşının birim hacimdeki ağırlığıdır. Yığın yoğunluk, görünür yoğunluğa, ebat dağılımına, tanecik şekline ve nem oranına bağlıdır. Görünür yoğunluğu $2,7 \text{ g/cm}^3$, ebatları arasındaki oran 1,2 olan kireçtaşının yığın yoğunluğu $1,40-1,45 \text{ g/cm}^3$ civarındadır (Kırıkoglu, 1996; Temur, 2001).

Sertlik: Kireçtaşının sertliği genellikle 2-4 Mohs arasında değişir.

Mukavemet: Mermer ve traverten oluşumları çok yüksek mukavemet değerine sahipken tebeşir ve marnın mukavemet değerleri çok düşüktür.

Isı İletkenliği: Gözenek durumuna ve yapıya bağlı ısı iletkenliği sıcaklık arttıkça azalır. Kireçtaşında 130°C 'de ölçülen değer $0.0039 \text{ cal.cm/cm}^2\text{s.}^\circ\text{C}$ 'dir.

Isı Genleşme Katsayısı: $0,00001-0,000035 \text{ } 1^\circ\text{C}$ ($100-150^\circ\text{C}$ için)

Erime Noktası: Tüm kireç taşları erimeden önce oksitlerine dönüşürler. CaO 'nun erime noktası 2800°C , MgO 'nun erime noktası 2570°C 'dir (Lokman, 2000).

3.1.2.1.(3). Kireçtaşı'nın Kullanım Alanları

Dünyada kireç ürünleri kadar çok çeşitli kullanım amacı olan bir başka ürün mevcut değildir. İnsanlığın kireçtaşı'nı ne zaman fırınlarda yakıp sönmemiş kirece dönüştürdüğü ve daha sonra suyla söndürüp harç yapımında kullandığı tam olarak bilinmemekle beraber, Türkiye'nin doğusunda bulunan kireç harçlı kalıntılar tarih öncesine dayanmaktadır. (Lime, Limestone ve ark. 2004).

Günümüzde kireçtaşları, inşaat sanayinde çimento ve kireç hammaddesi, yapıtaşı ve kırma taş olarak, seramik ve tuğla yapımında, metalürjide, tarım alanlarında ve gübre yapımında, cam, kâğıt, kimya sanayinde, şeker endüstrisinde, matbaacılıkta, eczacılıkta, kömür tozu alevlerinin söndürülmesinde, asit yağmurlarının nötrleştirilmesi gibi özelliği ile çevre problemlerinin çözülmesinde, meyve suları, içki, yağ ve oto lastiği üretiminde yaygın olarak kullanılmaktadır (Önem, 1997; Yakut, 2001).

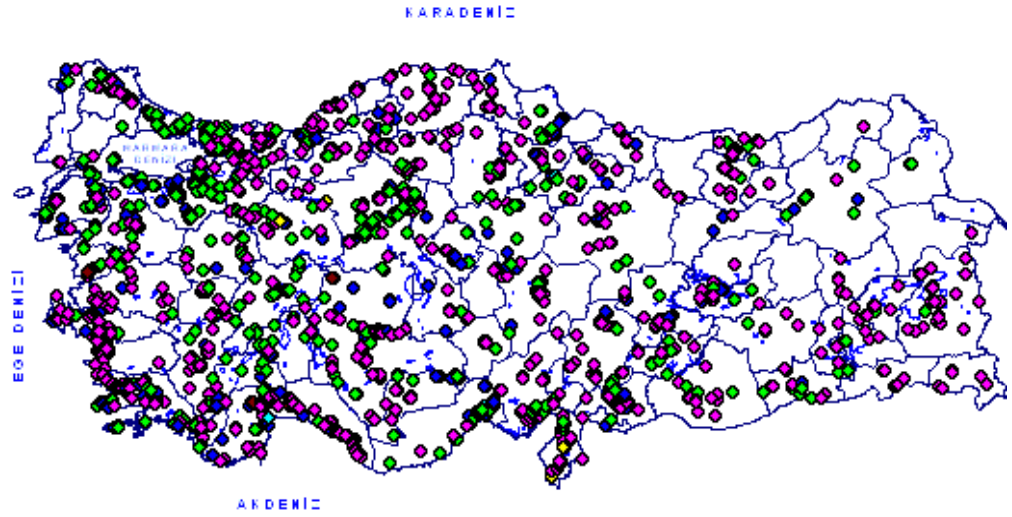
Kireçtaşlarının kullanım alanları ocaktan çıkan malzemenin tane boyutuna göre belirlenmektedir (Çizelge 3.6.).

Çizelge 3.6. Ürünün tane boyutuna göre kireçtaşlarının kullanım alanları ve aranan teknolojik özellikler (Temur, 2001)

Tane	Kullanım Alanı	Teknolojik Özellikleri
> 1m	Kesilmiş ve parlatılmış taş (mermer)	Kusursuz büyük bloklar, beyaz veya tercih edilen renk ve desenler, düşük porozite, donma çözölmeye karşı direnç
>30cm	Yapı taşı	Kalın tabaka, çatlaksız düşük porozite, donma çözölmeye ve basınca karşı direnç
> 30cm	Temel veya zırh taşı	Basınca karşı yüksek mukavemet, darbelere direnç, yüksek yoğunluk, düşük porozite, donma çözölmeye karşı direnç, kalın tabakalı veya çatlaksız olma
1-30cm	Kireç üretimi	Kimyasal saflık, kalsinasyonda verimlilik, kırma ve yıkama işlemine uygunluk, yanma karakteristikleri
1-20cm	Agrega, yol malzemesi, sıva malzemesi, çatı kaplama, çimento mozağı,	Kırma sertliği, aşınmaya karşı direnci, parlatma sertliği, çözönen tuz miktarı, çimento içinde alkali reaksiyonları, tane şekli
0,2-5 cm	Kimya sanayi ve cam yapımı	Kimyasal saflık, organik madde miktarı, aşınma Sertliği
3-8 mm	Filtrasyon malzemesi	Basınca karşı direnç, kimyasal saflık, su tutma, aşınma sertliği, kabuk tutma
3-8 mm	Kümes kumu	Kimyasal saflık, tane şekli
< 4 mm	Tarım	Kimyasal saflık, organik madde miktarı
< 3 mm	Demir cevheri sinterleme,peletleme	Kimyasal saflık
< 2 mm	Plastik, kauçuk, boya, kâğıt, cam macunlarında dolgu maddesi	Kimyasal saflık, beyazlık, ışığı kırma, mürekkep ve boya emme derecesi, pH değeri, kırma öğütme sertliği
< 2 mm	Asfalt dolgusu	Çok ince ve kolay öğütülebilme
< 2 mm	Hafif aşındırıcı	Beyaz ve çok açık renk, düşük SiO ₂ oranı
< 0,2 mm	Perdahlayıcı, parlaticı, sırlama, haşere ilacı	Kimyasal saflık, açık renk, organik madde Miktarı
< 0,1 mm	Fabrika bacalarındaki gazların desülfürizasyonu	Kimyasal saflık, yüzey alanı, mikro gözenek
Değişik	Hacim dolgusu	Kullanım amacına bağlı

3.1.2.1.4. Türkiye Kireçtaşı Potansiyeli

Kireçtaşı II. Grup madenler; mermer, dekoratif taşlar, traverten, kalker, dolomit, kalsit, granit, siyenit, andezit, bazalt ve benzeri taşlar gurubunda yer almaktadır (Şekil 3.6). Ülkemiz kireçtaşı potansiyeli açısından zengin kaynaklara sahiptir. Türkiye’deki kalker oluşumlarının dağılımı Çizelge 3.7’da verilmiştir (Migem, 2009). Türkiye’de Kireçtaşı işletmelerinin bölgelere dağılımı Şekil 3.6.’da verilmiştir.



Şekil 3.6. Kireçtaşı işletmelerinin bölgelere dağılımı

Çizelge 3.7. Türkiye’deki kalker oluşumlarının bölgelere dağılımı (MİGEM, 2009)

Bölge	Rezerv (milyon ton)		
	Görünür	Muhtemel + Mümkün	Potansiyel
Marmara	217	1.008	2.120
Ege	395	2.200	16.860
Akdeniz	323	1.335	7.810
İç Anadolu	606	2.112	5.135
Karadeniz	260	1.405	3.940
Doğu Anadolu	383	1.180	2.710
Güney Doğu Anadolu	147	530	910
Toplam	2.331	9.770	39.485

3.1.3.Çalışma Sahası Hakkında Genel Bilgiler

Çalışma konusu Taş ocağı (TURANLAR GROUP MADENCİLİK) Tarsus/Mersin iline bağlı Körlü Beyi köyü (GÜRLÜ Köyü) mevkiinde yer almaktadır. Taş ocağı yer bulduru haritası Şekil 3.7.' de verilmiştir. Ocak, Tarsus il merkezinden Eski Ankara Yolu Üzeri 15 km uzaklıktadır.



Şekil 3.7. Yer Bulduru Haritası

3.2. Metod

3.2.1. Delinebilirlik Tayininde Kullanılan Deney Yöntemleri

Kayaların delinebilirliği; dayanım, kırılma, aşındırıcılık ve süreksizlik özelliklerinden etkilenir. Delinebilirlik tayininde, bu özelliklerden bir kaç birliktede değerlendirilir. Aşağıda delinebilirlik tayininde kullanılan özelliklere göre bir sınıflama yapılmıştır.

Dayanım özelliklerini irdeleyen deney yöntemleri

Tek eksenli basınç dayanımı ve Tek eksenli çekme dayanımı

Nokta yük dayanımı

Kırılma özelliğini irdeleyen deney yöntemleri

Shore skleroskop Sertliği

Plastik sertlik deneyi

Aşındırıcılık özelliğini irdeleyen deney yöntemleri

Kayacın mineral içeriğinin ve tane boyutunun saptanması

Kayacın tane düzgünlüğünün ve çimentolanma derecesinin saptanması

Dayanım ve kırılma özelliklerini irdeleyen deney yöntemleri

Darbe dayanım deneyi

Koni delici deneyi ve Sivri uç batırma deneyi

Shore sertliği deneyi

Dayanım, kırılma, süreksizlik özelliklerini irdeleyen deney yöntemleri

Schmidt çekici deneyi

Kaya kazılabilirlik deneyi

Yerinde kaya dayanım indeksi deneyi

Darbeli delici deneyi

Dayanım, kırılma, süreksizlik, aşındırıcılık özelliklerini irdeleyen deney yöntemleri

Cerchar sertlik ve aşındırıcılık deneyi

Spesifik enerji ve aşındırıcılık deneyi

Laboratuvar spesifik enerji deneyi

Kaya delinebilirliğinin tahmini, araştırmacıları uzun süredir meşgul etmektedir. Bu gün bu konuda herkes tarafından kabul edilen bir delinebilirlik tayin yöntemi yoktur. Uluslararası Kaya Mekaniği Derneği'nin (ISRM) kayaçların kazılabilirlikleri ve delinebilirlikleri konusunda kurduğu komisyon 1987'de Montreal'de toplanmıştır. Bu komisyon tarafından delinebilirlik tayininde birkaç deney yönteminin bir arada yorumlanması tavsiye edilmektedir.

Delinebilirliğin güvenilir olarak saptanması ancak çeşitli deney yöntemlerinin birlikte uygulanması ile gerçekleşir. Fakat bu yol genellikle pahalı olmaktadır. En güvenilir ve başarılı sonuçları, laboratuvar spesifik enerji ve aşındırıcılık deneyi gibi özel olarak tasarlanan ve delinebilirliğe etki eden çeşitli özellikleri birlikte irdeleyen deney yöntemleri vermektedir.

Delinebilirlik deney yöntemlerinin, kaya delinebilirliğinin saptanmasında kullanılması için belirli özelliklere sahip olması gerekir. Deney yönteminin basitliği, ucuzluğu, sonuçlarının elde edilebilir olması bu özellikler arasında sayılabilir. En önemlisi, deneyden elde edilen değerlerin kayanın delinebilirliği hakkında doğru sonuçlar vermesi ve yöntemin standart olarak uygulanabilir olmasıdır.

3.2.1.1. Kayaların Delinebilirliğini Etkileyen Jeolojik Özellikler

Kaya delinebilirliği üzerinde etkili olan jeolojik özellikler, dokusal ve jeomekanik özellikler olmak üzere iki grup altında toplanabilir.

3.2.1.1.(1). Kayaların Dokusal Özellikleri

Dokusal özellikler, kayayı oluşturan mineral tanelerinin özellikleri ve birbirleri ile olan ilişkileridir. Kaya delinebilirliğinde tane şekli, kuvars ve silis içeriği, gözeneklilik gibi dokusal özellikler önemlidir. Kayanın dokusal özellikleri, laboratuvarda mikroskop ile belirlenir(Şekil.3.8).

Tane şekli, delme hızı üzerinde etkili bir özelliktir. Köşeli taneli kayalarda yapılan ilerleme miktarı, yuvarlak taneli kayalarda yapılan ilerleme miktarından daha azdır. Ayrıca, köşeli tane içeren kayalarda, matkap aşınma miktarı da fazladır.

Kuvars ve silis içeriği de kayaların delinebilirliği üzerinde etkilidir. Kuvars içeriği matkaplar üzerinde aşınmaya etki eder. Silis içeriğinin artması matkap aşınmasını artırmaktadır. Dolayısıyla matkap aşınması ile birlikte delme hızı düşmektedir.

Kayadaki gözeneklilik artışı, kaya dayanımının azalmasına neden olmaktadır. Yüksek gözenekli kayaların delinebilirliği yüksektir.



Şekil.3.8. Kayaların dokusal özelliklerini belirlemede kullanılan mikroskop

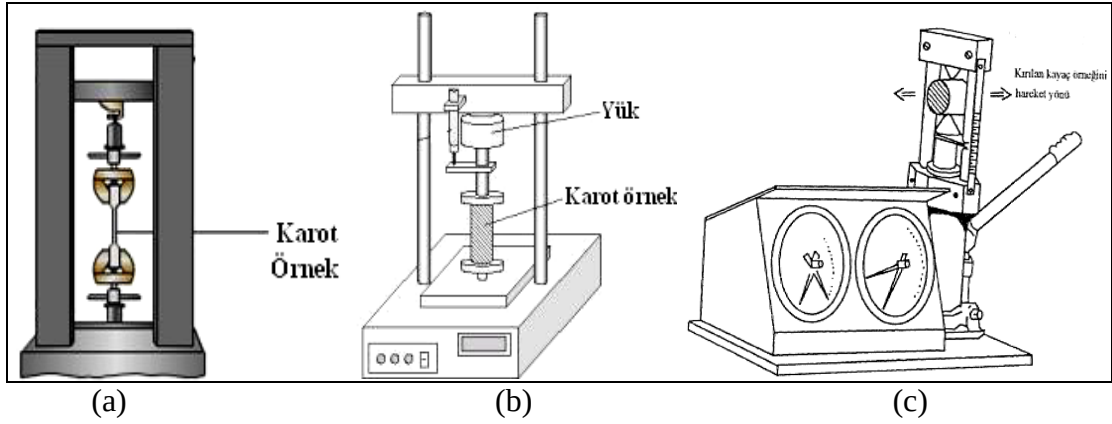
3.2.1.1.(2). Kayaların Jeomekanik Özellikleri

Kayaların dayanım özellikleri, yaygın olarak dünyanın her tarafında standart olarak elde edilebilir olduklarından uzun zaman delinebilirlik ölçütü olarak kullanılmışlardır. Fakat tek eksenli basınç dayanımı kayacın aşındırıcılık, kırılganlık ve süreksizlik gibi özellikleri hakkında bir fikir vermemektedir.

Dayanım, delinebilirliği etkileyen en önemli unsurlardan birisidir. Bu nedenle matkap çalışma nicelikleri, kaya dayanımlarına göre saptanmalıdır. Aksi takdirde matkap çok kısa sürede ömrünü tamamlayacaktır. Kayanın tek eksenli basma dayanımı arttıkça kaya delinebilirliği azalmaktadır.

Kayaların dayanım özellikleri tek eksenli basınç, tek eksenli çekme (Brazilian) ve nokta yük deneyleri yapılmak suretiyle belirlenmektedir(Şekil.3.9).

Nokta yük dayanım testi, kayaların dayanımlarına göre sınıflandırılmasında ve anizotropilerinin belirlenmesinde yaygın olarak kullanılan bir indeks deneyidir.



Şekil.3.9. a) Tek eksenli çekme dayanımı, b) Tek eksenli basınç dayanımı, c)Nokta yük dayanımı deneyi aleti (ELE, 1990).

3.2.1.1.(3). Laboratuvar Deneyleri

Kireçtaşlarının fiziksel ve mekanik özelliklerini belirlemek amacıyla laboratuvar çalışmaları yapılmıştır.

Karot Alımı: Karot alma işlemi, arazi çalışmaları süresince temin edilen çeşitli büyüklüklerde blok ve döküntü(moloz) kireçtaşı numuneleri üzerinde gerçekleştirilir. Karotlar amacına uygun özellikte karotiyer kullanılarak alınmıştır. Karotiyer türlerine göre standart karot çapları Çizelge 3.8.'de verilmiştir. Kayaç numunelerinden BX çapında karot alma işlemi Şekil 3.10.'de görülmektedir.

Çizelge 3.8. Laboratuvarda yaygın olarak kullanılan karot alıcılar ve çapları

Karotiyer	NX	BX	AX	EX	NQ	BQ	AQ
Karot Çapı (mm)	54.7	42.0	30.1	21.5	47.6	36.5	27.0

Alınan karotlar üzerinde yapılan deneylerin doğru sonuç verebilmesi için karotlar kontrol edilir ve üzerinde herhangi bir çatlak veya süreksizlik bulunanlar deney sırasında kullanılmamalıdır. Alınan uygun nitelikteki karotların iki ucu taş kesme makinesi ile kesilerek düzeltilir, kesit parlatma cihazında kaba aşındırıcı

Al₂O₃ kullanılarak karotların taban yüzeyi pürüzsüz hale getirilir. Karot alma ve düzeltme işlemi TS 8614 standardına uygun olarak gerçekleştirilmelidir.



Şekil 3.10. Kaya numunelerinden BX çapında karotun alınışı

Birim Hacim Ağırlık Belirleme: Kaya numunelerinden doğal birim hacim ağırlığı ve kuru birim hacim ağırlığı olmak üzere iki farklı birim hacim ağırlıkları belirlenir. Doğal birim hacim ağırlığı; kaya kütlelerinden düzgün bir biçimde alınan karot örneklerinin hassas terazide ağırlıkları belirlenir, geometrik boyutlarından bulunan hacmine bölünerek bağıntı 3,1’de gösterilen formülde yerine yazılır doğal birim hacim ağırlıkları hesaplanır (TS, 3529).

$$d_h = \frac{G_d}{V} \text{ (gr/cm}^3\text{)} \quad (3.1.)$$

Kuru birim hacim ağırlıkları ise deney numunelerinin yüzeyleri sert bir fırça ile fırçalanıp su ile yıkanarak temizlenir ve değişmez kütleye gelinceye kadar etüvde kurutulur. Desikatörde oda sıcaklığına kadar soğutulduktan sonra 0,1 gr hassasiyetle

tartılır (G_k). Deney numunelerinin hacimleri, boyutlarından hesaplanarak bulunur. Bulunan bu değerler bağıntı 3.2’de yerine yazılarak kuru birim hacim ağırlıkları hesaplanır (TS, 3529).

$$d_k = \frac{G_k}{V} \text{ (gr/cm}^3\text{)} \quad (3.2.)$$

d_h : Kaya biriminin doğal birim hacim ağırlığı (gr/cm³)

G_k : Deney numunesinin değişmez kütleyle kadar kurutulmuş kütlesi (g)

G_d : Deney numunesinin doğal kütlesi (gr)

V : Deney numunesinin hacmi (cm³)

Özgül Ağırlık: Özgül ağırlık aynı hacimdeki kayacın 4°C’deki suya ağırlıkça oranıdır. Kayacın işgal ettiği gerçek birim hacme karşılık gelen ağırlıktır. Herhangi bir birimle ifade edilmez. Kaya numunelerinden alınmış karotların ağırlıkları hassas terazi ile belirlenir (M_r), V hacimdeki suyun ağırlığı bağıntı 3.3’de yerine yazılarak özgül ağırlık (γ_o) bulunur.

$$\gamma_o = \frac{\frac{M_r}{W}}{\frac{M_w}{W}} \quad (3.3.)$$

γ_o : Özgül ağırlık

V : Hacim (gr/cm³)

M_r : V hacimdeki kayacın ağırlığı (gr)

M_w : V hacimdeki suyun ağırlığı (4 °C’de)

Görünen Porozite ve Normal Porozite: Görünür porozite; değişmez kütleyle kadar kurutulmuş taşın absorbe edebildiği su miktarına karşılık gelen hacmin boşlukları dahil tüm hacmine oranı olarak tanımlanır. (TS 8615). Önceki deneylerde bulunan G_d , G_k , G_{ds} kullanılarak bağıntı 3,4’deki formülde yerine yazılarak görünür porozite hesaplanır.

$$Pg = \frac{G_d - G_k}{G_d - G_{ds}} \times 100 \text{ (\%)} \quad (3.4.)$$

P_g : Taşın görünen porozitesi (%)

G_d : Taşın doymuş haldeki kütlesi (gr)

G_k : Değişmez kütleye kadar kurutulmuş taşın kütlesi (gr)

G_{ds} : Doymuş haldeki taşın su içindeki kütlesi (gr)

Porozitesi ise değişmez kütleye kadar kurutulmuş taşın, boşluk hacminin boşlukları dâhil tüm hacmine oranı olarak tanımlanır, ortalama hacim kütlesi ve ortalama özgül kütle kullanılarak bağıntı 3.5. ve bağıntı 3.6. yardımıyla hesaplanır (TS 8615).

$$P = \left(1 - \frac{d_h}{d_o}\right) \times 100 (\%) \quad (3.5.)$$

$$P = (1 - k) \times 100 (\%) \quad (3.6.)$$

P : Numunenin porozitesi (%)

d_h : Taşın hacim kütlesi (gr/cm³)

d_o : Numunenin özgül kütlesi

k : doluluk oranı (%)

Su Emme Oranı: Su emme oranı, kütlece su emme oranı ve hacimce su emme oranı olmak üzere iki farklı şekilde hesaplanır. Kütlece su emme oranı, etüvde değişmez kütleye gelinceye kadar kurutulmuş numunenin, absorbe edebildiği su kütlesinin numunenin tüm kütlesine oranı, hacimce su emme oranı ise numunenin bünyesine absorbe edebildiği su hacminin numunenin boşlukları dahil tüm hacmine oranı olarak tanımlanır (TS 8615). Karot şeklinde, düzgün silindir biçimli alınan numuneler tel fırça ile yıkanıp temizlendikten sonra 20 °C sıcaklıkta su bulunan derin bir kap içerisine ¼'ü batacak şekilde konur bu durumda 1 saat bekletildikten sonra aynı sıcaklıktaki su ile numunelerin ½'si suya batacak şekilde su ilave edilir ve 1 saat daha beklenir, ¾'ü batacak şekilde aynı işlemler yapıldıktan sonra numunenin tamamı su içerisinde 45 saat süreyle bekletilir. Bu süre zarfında buharlaşan suyun yerine numunelerin tamamı su içerisi de kalacak şekilde su ilave edilir. Sürenin tamamlanmasıyla su içerisinde çıkartılan numunelerin üzeri kuru bir bez yardımıyla üzerindeki su damlacıkları alınır ve 0,1 gr hassasiyete tartılarak (G_d) belirlenir. Aynı

işlemler tekrar yapılarak G_d 'nin değişmez kütleyle gelinceye kadar tekrarlanır. Bu işlemlerden sonra doymuş hale gelen deney numuneleri, arşiment terazisinde tartılarak su içindeki kütleleri bulunur (G_{ds}). Daha sonra numuneler değişmez kütleyle gelinceye kadar kurutulur, desikatör içerisinde soğutulduktan sonra 0.1 gr hassasiyetle tartılarak kütlesi bulunur (G_k). Bu işlemler itina ile yapıldıktan sonra bulunan değerler bağıntı 3.7. ve 3.8'de yerine yazılarak kütlece ve hacimce su emme oranları belirlenir (TS, 3624).

$$S_k = \frac{G_d - G_k}{G_k} \times 100 (\%) \quad (3.7.)$$

$$S_h = \frac{G_d - G_k}{G_d - G_{ds}} \times 100 (\%) \quad (3.8.)$$

S_k : Taşın kütlece su emme oranı (%),

S_h : Taşın hacimce su emme oranı (%),

G_d : Taşın doymuş haldeki kütlesi (gr)

G_k : Değişmez kütleyle kadar kurutulmuş taşın kütlesi (gr)

G_{ds} : Doymuş haldeki taşın su içindeki kütlesi (gr)

Sertlik: Sertlik, düz yüzeyin aşınmaya direncidir. Sertlik, kayaçların mühendislik özelliklerinin ölçülmesinde kullanılır. Birçok sınıflandırma şekli vardır. Kayacın sertliği kayacı kırabilmek için uygulanacak baskıya işaret eder. Çizelge 3.9'daki sertlik dereceleri mohs sertliği ve tek eksenli basınç dayanım değerleri ile karşılaştırılmıştır.

Mohs testindeki numaralar minerallerin birbirine göre sertliğine işaret eder. Mohs çizgilerine göre, bir mineral diğerini çizerse daha serttir (Yıldız ve Köse 2003).

Çizelge 3.9. Kaya Sertliği ve Basınç Dayanımı

Sertlik	Mohs	Mpa (MN/m ²)
Çok sert	7-	200-
Sert	6-7	120-200
Orta sert	4,5-6	60-120
Az yumuşak	3-4,5	30-60
Yumuşak	2-3	10-30
Çok yumuşak	1-2	-10

Başka bir tarife göre; bir kayacın sertliği, kayanın minerallerini bir arada tutan bağ kuvveti dolayısıyla çizilmeye karşı gösterdiği dirençtir. Sertlik belirlemede, Mohs sertliği, Shore Scleroscope indeksi, Schmidt çekici sertliği indeksi ve NBC koni delici sertliği, darbe dayanım indeksleri kullanılmaktadır (Şekil.3.11).

Delinebilirlik için uygun sertlik ölçümü Shore Scleroscope sertliğidir. Çünkü Shore sertliği tane boyutu ve şeklini, tanelerin birbiriyle bağlanma oranı ve türü gibi kaya niteliklerini örneklemekte yani ölçümünde bu özellikleri yansıtmaktadır.



a) Schmidt çekici

b)Shore skleroskop

Şekil.3.11. Kayaların sertliklerinin belirlenmesinde kullanılan deney aletleri

Mohs Sertlik Skalası (Çizelge 3.10. ve Çizelge 3.11.) Avustralyalı mineralog Friedrich Mohs (1773-1839) tarafından 1824 yılında önerilmiştir.

Çizelge 3.10. Mohs sertlik değerleri [NAST, 1955]

Mineral	Elmas	Korindon	Topaz	Kuvars	Feldspat	Apatit	Fluorit	Kalsit	Jips	Talk
Sertlik	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1

Çizelge 3.11. Mohs sertlik değerlerine göre kayaların sınıflaması [Hoseinie, 2008]

Mohs sertliği	1-3	3-4,5	4,5-6	6-7	>7
Açıklama	Çok Yumuşak	Nispeten yumuşak	Nispeten Sert	Sert	Çok Sert

Shore Skleroskopu ile yüzey sertliğinin ölçülmesi: Bu yöntemde, belirli bir ağırlığa (~ 2,40 gr) sahip elmas veya sertleştirilmiş metal uçlu bir çekice, sabit bir (~ 25 cm) yükseklikten yatay durumda konumlandırılmış bir numune üzerinde serbest düşme yaptırılır. Bu çekiç, örneğin yapısına göre enerjisinin bir kısmını yüzeyde deformasyon oluşturacak şekilde numuneye aktarır kalan enerjisi ile de numune üzerinden zıplamaktadır. Çekicinin zıplama yüksekliği, skleroskopun kadranından okunmaktadır (Şekil 3.12).

Numunelerin pratikte her noktada homojen bir yapı göstermeyeceği düşünülerek numunelerden en az 20 okuma yapılmaktadır. Bunun için numune yüzeyleri 5 mm aralıklara bölünerek numune yüzeyinin farklı noktalarından ölçümler yapılmaktadır. Ölçüm yapılacak numunelerin, en az 10 cm² yüzey alanına ve 1 cm kalınlığa sahip olması gerekmektedir [Karpuz ve Hindistanlı, 2006].

Shore sertlik değeri, yapılan ölçümlerin ortalaması olarak kabul edilmektedir.



Şekil 3.12. Shore skleroskop aleti

Shore Sclereskop sertlik ölçme metodunda aşağıdaki işlem sırası takip edilerek ölçüm yapılır.

Sertliği ölçülecek parça üzerine, üzerindeki bölüntü sıfırdan (0) başlayarak yüz (100) eşit parçaya ayrılmış cam boru düşey olarak yerleştirilir.

Belli ağırlıktaki (36,5, 20 veya 2,5 g) çekiç (bilyalar) belirlenen yükseklikten (19 mm, 112 mm veya 256 mm) yerleştirilen cam boru içerisinde sertliği ölçülecek numune üzerine bırakılır.

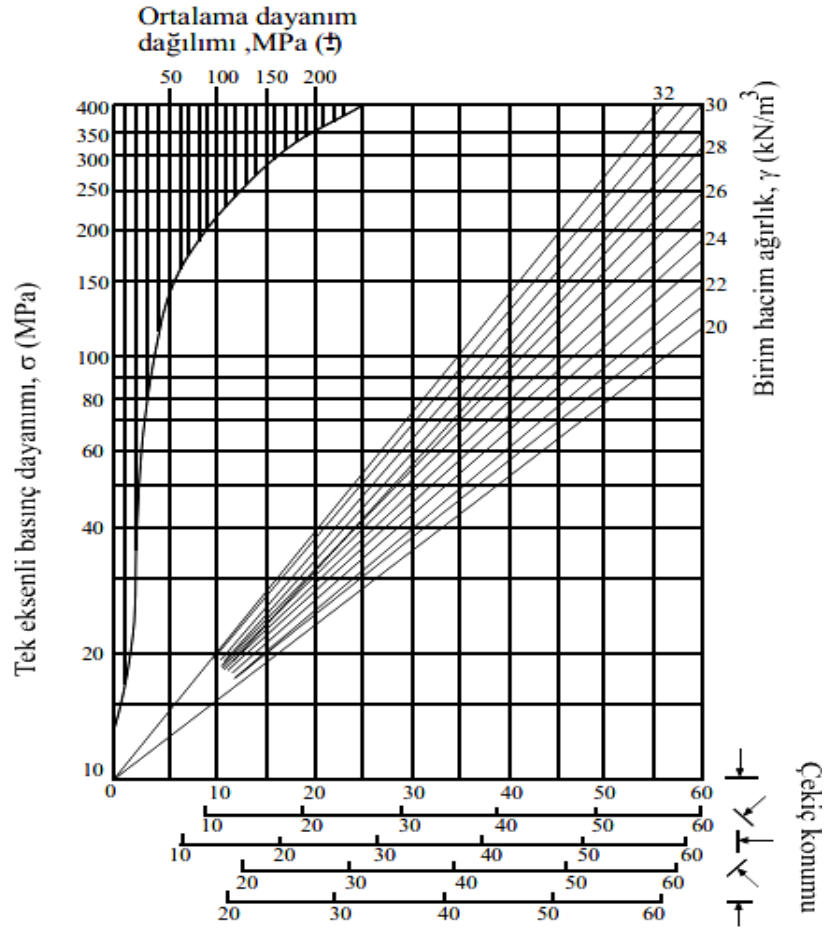
Elmas uçlu çekicinin geri zıplama yüksekliği ölçülür. Çekiğin zıplama yüksekliğine göre sıçramayı meydana getiren enerji, ölçü aleti (sclereskop) yardımıyla ölçülerek deney bitirilir.

Delinebilirlik için uygun sertlik ölçümü, Shore Skeleroscope sertliğidir. Çünkü Shore sertliği tane boyutu ve şeklini, tanelerin birbiriyle bağlanma oranı ve türü gibi kaya niteliklerini örneklemekte yani ölçümlerinde bu özellikleri yansıtmaktadır (Ersoy, 1998).

Schmidt Çekici İle Sertlik Belirleme: Schmidt çekici, kayaların tek eksenli basınç dayanımlarını dolaylı olarak tayininde kullanılan pratik bir araçtır (Şekil 3.13). Deney sırasında çekicinin kaya üzerine daima dik olmasına dikkat edilmelidir. Schmidt sertliği ve kayacın birim hacim ağırlığı bilindiği takdirde Şekil 3.14’da verilen grafik yardımı ile tek eksenli sıkışma dayanımları tahmin edilebilir (Deere,1967). Deneyde, kaya yüzeyinde 20 ayrı noktada vuruş yapılır ve elde edilen değerler arasında en küçük olan 10 tanesi iptal edilerek, diğer 10 vuruşun ortalaması alınır.



Şekil 3.13. Laboratuvarda Schmidt Çekici ile sertlik belirlenmesi



Şekil 3.14. Schmidt sertliği, tek eksenli basınç dayanımı ilişkisi (Deere ve ark., 1966)

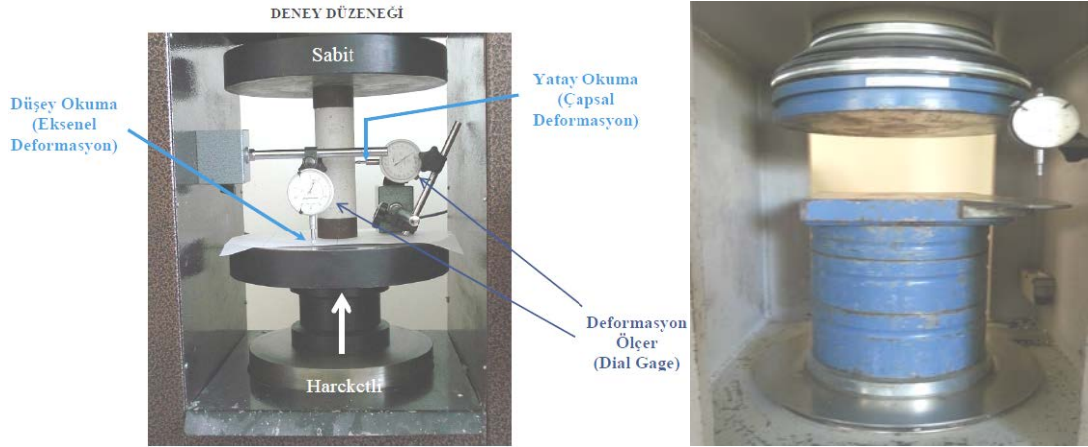
Literatürde yer alan farklı yöntemlere göre bulunan Schmidt sertlik değerleri ile ISRM 1978'e göre kayaç sertlik sınıflaması yapılmıştır (Çizelge. 3.12). Bu sınıflamaya göre kayaçlar yumuşak, az yumuşak, az sert, sert, oldukça sert ve çok sert olarak tanımlanabilmektedir.

Çizelge 3.12. Schmidt çekicine göre kaya sertliğinin sınıflandırılması (ISRM, 1978)

Schmidt sertlik Değeri	Sınıflandırılması
0–10	Yumuşak
10–20	Az Yumuşak
20–40	Az Sert
40–50	Sert
50–60	Oldukça Sert
> 60	Çok Sert

Tek Eksenli Basınç Dayanımının Belirlenmesi: Tek eksenli basınç dayanımı, üzerine uygulanan basma yüklerine karşı kaya numunelerinin, kırılmadan önce dayanma yeteneği olarak tanımlanır. Deneydeki amaç kırılmadan önceki silindirik veya prizma şeklinde hazırlanan numunelerin, tek eksenli ve düşey olarak uygulanan yükler altında dayanım sınırının bulunmasıdır (Karpuz, 1986). Kayaların basma dayanımı hem sınıflama hem de yapı malzemesi olarak kullanılıp kullanılmayacağının belirlenmesi amacıyla yapılmıştır.

Deney için, Arazi çalışmaları sırasında taş ocağından temin edilen muhtelif büyüklükte blok ve moloz numunelerden alınan gerekli standartlara uyan toplam 17 karot kullanılmıştır. Tek eksenli basınç dirençleri boy-çap oranı 2-2,5 kat olan karot numunelerinde Şekil 3.15’de gösterilen 200 ton basınç uygulayabilen bilgisayar programlı preste yapılmıştır.

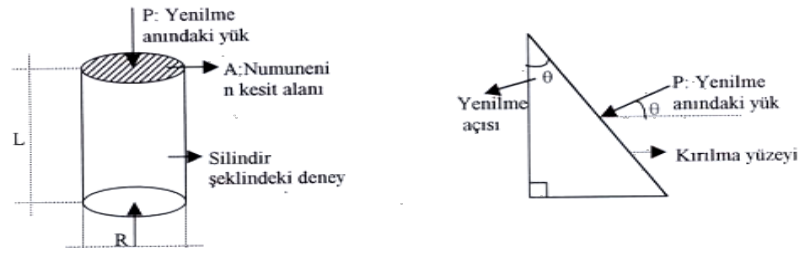


Şekil 3.15. Tek eksenli basınç deneyinin yapılışı

Karot numunesi presin plakaları arasına yerleştirildikten sonra bilgisayarda yükleme hız programı yapılır, hız ayarı programın monitörde gösterdiği aralıkta kalacak şekilde elle kontrol edilmiştir. İki plaka arasında yüke maruz kalan numune belli bir süre sonra yükü taşıyamaz duruma gelir ve kırılır. Bu andan itibaren deney tamamlanmış olur ve numune üzerindeki yük kaldırılır. Numunenin kırıldığı andaki yük değeri bilgisayarda maksimum yük olarak verilir (P) bu yük uygulanan numune yüzey alanına (A) bölünmesiyle numunenin tek eksenli basınç dayanımı değeri (σ_c), Bağıntı 3.9’de yerine yazılarak hesaplanır (TS 2028).

$$\sigma_c = \frac{P}{A} = \frac{P}{\pi \cdot r^2} \text{ (MPa)} \quad \text{.....(3.9.)}$$

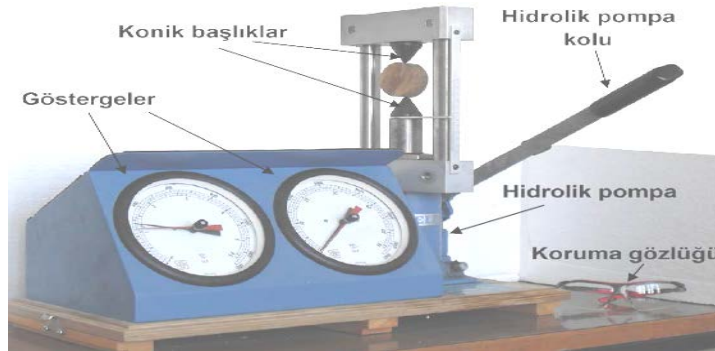
Tek eksenli basınç dayanım deneyi için kullanılan verilerle ilgili açıklayıcı bilgiler Şekil 3.16.' de gösterilmiştir.



Şekil 3.16. Tek eksenli basınç dayanım deneyiyle ilgili açıklayıcı bilgiler

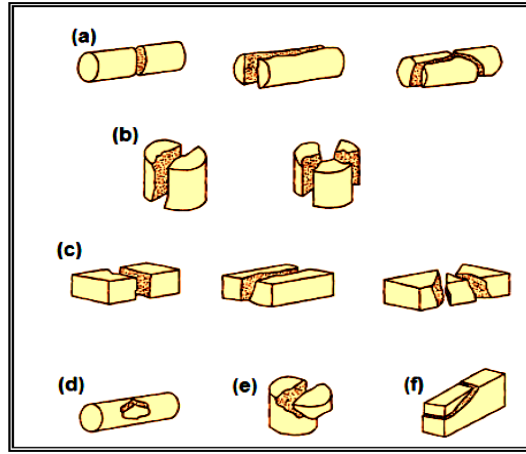
Nokta Yük Dayanım İndeksini Belirleme: Nokta yük deneyi, kayaçların dayanımlarına göre sınıflandırılmasında kullanılan nokta yük dayanım indeksinin saptanması amacıyla yapılır. Nokta yük dayanım indeksi tek eksenli sıkışma ve çekme dayanımı gibi diğer dayanım parametrelerinin dolaylı olarak belirlenmesinde kullanılır. Deney sonucu esas alınarak kayacın “Nokta yük dayanım indeksi” ve ayrıca “Dayanım anizotropi indeksi” de belirlenir (Topal, 2000).

Deney numuneleri karot şeklinde (çapsal veya eksenel) kesilmiş bloklar halinde veya düzgün olmayan parçalar şeklinde olabilir. Nokta yük dayanım indeksi belirlenirken karot şeklinde 4.20 cm çaplı ve boylu düzgün geometrik 10 adet numune kullanılmıştır. Bu deney için; “Yükleme sistemi”, “Yük ölçme sistemi” ve yükleme sistemindeki planetleri uç noktaları arasındaki uzaklığı (R) ölçmek için kullanılan “ölçüm sisteminden” oluşan Şekil 3.17.’de görülen alet kullanılmıştır.



Şekil 3.17. Nokta yük dayanımı deney aleti

Nokta yük dayanım indeksinin belirlenmesinde çapsal deney kullanılmıştır. Numune nokta yükleme aygıtına yerleştirilir ve aygıtın konik planetleri çap boyu doğrultusunda numuneye geçecek şekilde kapatılır bu sırada planetin değme noktası ile numunenin serbest yüzü arasında L uzaklığının numunenin çapının (R) en az 0,5 katı kadar olmasına dikkat edilir. Numune üzerindeki yük devamlı yükseltilip numunenin 1 dakika içerisinde kırılması sağlanır ve kırılma anındaki yük aletin göstergesinden okunarak kaydedilir. Deneyin geçerli olup olmaması numunenin kırılma şekline bağlıdır (Şekil 3.18), (Ulusay, 1997).



Şekil 3.18. Geçerli ve geçersiz deneylere ait tipik yenilme şekilleri: (a) çap sal deney için geçerli,(b) eksenel deney için geçerli, (c) blok örnekleri için geçerli, (d) karot örnekler için geçersiz,(e) eksenel deney için geçersiz ve (f) blok örneği için geçersiz deney (Topal, 2000)

Bulunan bu değer Bağıntı 3.10.'da yerine yazılarak düzeltilmiş nokta yükleme dayanımı (I_s) belirlenir.

$$I_s = \frac{P}{De^2} \text{ (MPa)} \quad (3.10.)$$

Burada, P yenilme yükü ve De, eşdeğer karot çapı olup,

(i) Çapsal deneyler için $De^2 = D^2$ 'dir,

(ii) Eksenel deney, blok ve düzensiz örneklerde ise, $De^2 = 4A/\pi$ ($A=WD$; konik başlıkların temas noktalarından geçen örneğin en küçük kesit alanı) değerini almaktadır (TCK).

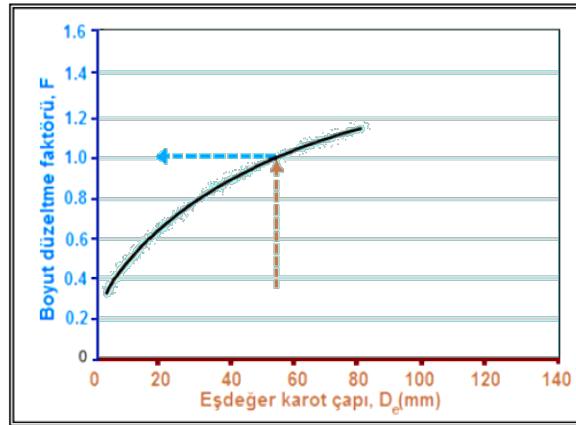
Deney sırasında kullanılan karot çapları $D=4,2$ cm olduğundan Bağıntı 3.11.'deki eşitlik kullanılarak büyüklük ve çap düzeltme katsayısı (F) bulunur, bu değer Bağıntı 3.12.'de yerine yazılarak numune büyüklüğüne göre düzeltilmiş nokta yükleme dayanımı $Is_{(50)}$ indeksi belirlenmiş olur.

$$F = \left(\frac{De}{50}\right)^{0.45} \quad (3.11.)$$

$$Is_{50} = F \times Is \text{ (MPa)} \quad (3.12.)$$

Boyut düzeltme faktörü (F) Şekil 3.19.'deki grafikten doğrudan ve ya $F=(De/50)^{0.45}$ Eşitliği kullanılarak belirlenebilir. Yukarıdaki eşitlikte De'nin birimi milimetredir.

En az 10 adet geçerli deney sonucu arasındaki en yüksek ve en düşük ikişer değer iptal edilerek geriye kalan değerlerin ortalaması alınır. Elde edilen değer ortalaması $Is_{(50)}$ değeridir.



Şekil 3.19. Boyut düzeltme faktörü F (ISRM,1985)

3.2.2. Araştırmada Kullanılan Kaya Delme Makinasının Genel Özellikleri

Araştırmada Furukawa Hidrolik Kaya Delici HCR1200-ED II makinesi seçilmiştir. Makinenin genel Özellikleri Çizelge 3.13.'de verilmiştir. Makinanın kayaç özelliklerine göre delme verimi incelenecektir.

Çizelge 3.13. Furukawa Hidrolik Kaya Delici HCR1200-ED II m özellikleri

Ağırlık ve Ebatlar	Model	HRC1200-ED II
	Çalışma Ağırlığı (FOBS/ROPS)	14.700 kg
	Toplam Uzunluk	9.975 mm
	Toplam Genişlik	3.125 mm
	Toplam Genişlik (Nakliye Esnasında)	2.400 mm
	Toplam Yükseklik	3.605 mm
	Toplam Yükseklik (Nakliye Anı)	2.975 mm
Tabanca	Model	HD712
	Ağırlık	220kg
	Darbe Sayısı	2.300 dak ⁻¹
	Dönüş Sayısı	0-190 dak ⁻¹
Yürüyüş Takımı	Palet Uzunluğu	3.480 mm
	Paletlerin Yer ile Temas Uzunluğu	2.780 mm
	Palet Genişliği	330 mm
	Zemin Açıklığı	460 mm
	Osilasyon (Esne) Açısı	±7,5°
	Yürüyüş Hızı	0-3,1 km/saat
	Tırmanma Açısı	%57,7 (30°)
Motor	İmalatçı & Model	Cummins QSB 6,7
	Tip	Turbo şarjlı, aftercoolerlı dizel motor, direk enjeksiyonlu, 6 silindirli, su soğutmalı, elektrikli regülatör
	Motor Çıkışı / Motor Devri	179 kW / 2.500 dak-1 SAE J1995 Koşulları ile Tier 3 ve EU Stage 3 Std. Uygun.
	Yakıt Tankı Kapasitesi	420 Lt
Hidrolik Pompa	Tip	Değişken kapasiteli aksiyal pistonlu pompalar yürüyüş ve delme için gerekli yağ basıncını sağlar, dişli pompalar soğutucu sistemler ve toz toplayıcıyı tahrik eder.
	Hidrolik Yağ Tank Kapasitesi	215 Lt
	Değişken kapasiteli aksiyal pistonlu pompa	2

Çizelge 3.14'ün Devamı

Kompresör	Model	PDS265-S35D (AIRMAN)
	Tip	Screw 1-Stage Yağ Soğutmalı Kompresyon Türü
	Ürettiği Hava Miktarı	7,8 m ³ /dak
	Çalışma Hava Basıncı	1,03 MPa
Boom	Model	JE326-132
	Tip	Uzatılabilir Boom
	Kaldırma Açısı (Yukarı - Aşağı)	Yukarı 45° , Aşağı 20°
	Dönüş Açısı (Sağa-Sola)	Sağa 35° , Sola 5°
	Uzama Mesafesi	1.200 mm
Kızak	Model	GH832-30
	Uzunluk	7.800 mm
	Kızak Besleme Uzunluğu	4.620 mm
	R/P ile Kızak Besleme Uzunluğu	4.440 mm
	Kızak Kayma Uzunluğu	1.200 mm
	Dönüş Açısı (Sağa-Sola)	Sağa 30° , Sola 90°
	Yatma Açısı	170°
	Rod Çekme Kuvveti	29.5KN
	Besleme Tipi	Hidrolik Tahrikli Zincir Sistemi
Toz Toplayıcı	Emme Kapasitesi	30 m ³ /dk
	Filtre Sayısı	5
Rod Değiştirici	Rod Sayısı	6
Bit & Rod	Tavsiye Edilen Bit Çapı	89-127 mm T51(Standart), 76-102 mm T45(Opsiyonel)
	Bit Tipi	X Bit, Buton, Balistic, Konik
	Rod Ölçüleri	* T51 (Standart), T45 (Opsiyonel)
	Rod Uzunluğu	3.660 mm (12 ft.)

* Türkiye için standart özelliktir.

Arazi çalışmaları; Delik delme makinesinin üzerinde çalışmalar, yüzey araştırmaları ve örnek alımı olmak üzere iki farklı aşamada yürütülmüştür. 2013 yılı güz döneminde sürdürülen arazi çalışmalarında, çalışma konusu Furukowa HCR 1200 ED II model, Delik delme makinesi üzerinde ve kireçtaşlarının üretildiği taş ocağı yerinde incelenmiştir. Taş ocağından gerekli laboratuvar deneylerini yapmak için yeterli miktarda örnek alınmıştır.

4. ARAŞTIRMA VE BULGULAR

Çalışmanın uygulama ve ölçüm bölümünde bir taş ocağında delme patlatma çalışmalarında kullanılan delici makina üzerinde ölçümler yapılmış ve çalışma süresince manevra, tij takma, sökme, çıkarma, çekme gibi değerler ölçülmüş ve iki ayrı basamak yüksekliğinde yapılan delik delme çalışmaları ile delici makinenin delme performansı karşılaştırılmıştır. Üretim çalışması süren ve büyük üretim taahhütleri ile çalışmasına devam etmekte olan bir taş ocağında değişik basamak boyu alternatiflerinin tamamını yerinde uygulayarak test etmenin mümkün olamayacağı açıktır. Ayrıca delik boyu delme süresinin dışında başka birçok parametreyle de doğrudan ilişkilidir ve önceden seçilmiş olan makine parkı bu değişikliklere yeterince esnek cevap vermeyecektir. Bu ve benzeri zorluklar nedeniyle söz konusu taş ocağında sadece iki farklı basamak boyu için gerçek ölçüm değerleri alınmıştır.

4.1. Uygulanan Yöntem

Çalışma Tarsus/ Mersin ili yakınlarındaki bir taşocağında gerçekleştirilmiştir. Taşocağı açık işletme yöntemi ile işletilmektedir ve dört adet basamaktan oluşmaktadır. Üretim, kireçtaşı fabrikasının talebi doğrultusunda günlük (gece ve gündüz vardiyası) ortalama 2000 ton olarak üretmektedir. İşletme makina parkı; 2 adet lastik tekerlekli yükleyici loderler (1. Kawasaki 2011 model, 2. Case 2010 model), kazıcı+ kırıcı yükleyici paletli iş marinaları (Volvo ve Sumitomo ekskavatör 2011 model), ve bir adet delici makina (Furukowa HCR 1200ED II) ile bağlı olduğu Airman kompresörden oluşmaktadır. Delici makinada, bir adet dizel motor, iki adet hidrolik pompa ve harici kompresör bulunmaktadır. Bit çapı 89 mm, tij boyu 3.66 m. dir. Tijlerin takma, sökme işlemleri hidrolik sistemin de yardımı ile ve operatör yardımcısı tarafından yapılmaktadır. Taşocağında hâlihazırda mevcut olan basamaklarda (1050, 1060 ve 1070 onlu basamaklar) delik boyu 17 m dir. Taşocağında yeni açılan en üst kottaki basamakta (1080 adli basamak) ise topografya etkisi ile basamak yüksekliği 17 m olarak planlanmıştır. Ocağın yerinde delici

makina 17 m ye uygun delikler delmektedir. Her delik boyunda delici makinenin çalışması gözlemlenmiş, ölçümler alınmış ve 17 m delik boyunda delici makina çalışırken manevra, tij takma, tij sökme gibi süreler açısından değerlere Alınmıştır. Bu durumlarla ilgili elde edilen bilgiler aşağıdaki çizelgede verilmiştir (Çizelge 4.1).

Çizelge 4.1. Ölçümlerden Elde Edilen Veriler

Eylem	Ölçüm Sayısı	Ortalama (Dakika)
Manevra (dakika)	10	4.6
Tij takma (dakika)	10	1.2
Tij çekme (dakika)	10	0.8
Tij sökme (dakika)	10	1.3
Delme Hizi (m/dak)	15	0.1956 = 0.003267 (m/s)

Basamakta delici makine ile delme işlemi gerçekleştirilmiş bir deliğin delinmesi için gerçekleştirilen işlemler;

- Delici makinenin delik başına gelmesi (manevra)
- Birinci tijin delinmesi
- İkinci tijin takılması
- İkinci tijin delinmesi
- İkinci tijin çekilmesi
- İkinci tijin sökülmesi
- Birinci tijin çekilmesi şeklinde olmaktadır.

Bu durumun farklı tij sayısına sahip deliklerde kullanılmasını genelleştirmek için aşağıdaki eşitlik (4.1.) kullanılabilir;

$$T_s = \sum_{N=1}^n M + N \times (D + \zeta) + (N - 1) \times (T + S) \quad (4.1.)$$

Ts: Bir delik için geçen süre (dakika)

M : Delici makina manevra süresi (dakika)

N: Tij sayısı

D: Bir tij boyu delme süresi

Ç: Tij çekme süresi

T: Takma süresi

4.2. Elde Edilen Veriler

Taşocağında 17 m delik delinen basamakla çalışan delici makina delme performansı izlenmiş ve delici makina ile ilgili değerler kaydedilmiştir. Delici makinenin işletme giderleri hesaplanırken delici makina operatörü ve yardımcılarının aylık maaşları ve delici makina ve kompresörün yakıt giderleri hesaplanmıştır. Bağntı (4.2.), (4.3.) ve (4.4.)'yukarıdaki parametreler hesaplanır.

$$TG = U + Y \quad (4.2.)$$

$$U = OP + OPY \quad (4.3.)$$

$$Y = YD + YK \quad (4.4.)$$

Burada;

TG : Bir Delik İçin İşletme Toplam Gideri (TL)

U : Ücretler (TL)

Y : Yakıt Ve Yedek Parça Gideri (TL)

OP : Delici Operatörü Brüt Ücreti (TL)

OPY : Delici Operatör Yardımcısı Brüt Ücreti (TL)

YD : Delici Makina için Yakıt ve Yedek Parça Gideri (TL)

YK : Kompresör İçin Yakıt Ve Yedek Parça Gideri (TL)

Bir delikten elde edilen teorik kazı hacmini hesaplayabilmek için ise yük mesafesi, delikler arası mesafe kullanılarak hesaplama yapılabilir. Bağntı (4.5.)'de bu durumda bir delikten elde edilen teorik hacim;

$$H = DB * B * S \quad (4.5.)$$

Burada;

H : Teorik Hacim (m^3)

DB : Delik Boyu (m)

B : Yük Mesafesi (m)

S : Delikler Arası Mesafe (m)

Taşocağında yapılan çalışma sonucunda elde edilen veriler ve yukarıda verilen eşitlikler ve hesaplamalar kullanılarak elde edilen bilgiler Çizelge 4.2.'de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Taşocağından Alınan Veriler Ve Yapılan Hesaplama Sonuçları

Bir Çalışma Günü İçin	Grup A-Delikler	Grup B-Delikler
Toplam delik sayısı	6	5
Toplam delik boyu (m)	102	85
Toplam kazı hacmi (m^3)	572.9	476.94
Birim hacim (m^3/m)	0,178042	0,178218
Birim delik gideri (TL/delik)	23,83333	39,72222
Birim delme gideri (TL/m)	3,97222	4,41358
Birim delme gideri (TL/m^3)	0,70722	0,78658

Bir deliğin delinmesinden elde edilen hacim ve deliğin delinmesi için yapılan gider ile ilgili olarak iki farklı birim delme maliyeti tanımlanabilir. Bunlardan birincisi delinen delik metresi başına yapılan gider ve diğeri elde edilen tüvanan hacmi (m^3) başına delme gideri olarak hesaplanabilir.

4.3. Kireçtaşı Örneklerinin Fiziksel Özellikleri

Çalışma konusu kireçtaşlarına ait fiziksel özellikler laboratuvar deneyleri ile saptanmıştır. Fiziksel özelliklerden; Kuru ağırlık W_k (gr),Doygun ağırlık W_d (gr), Normal şartlardaki ağırlık W_n (gr),Kuru Birim Hacim Ağırlığı dh_k (gr/cm^3),Doygun B.H.A (gr/cm^3),Doğal Birim Hacim Ağırlığı dh (gr/cm^3),Ağırlıkça Su Emme Oranı S_k yada A_w (%),Görünür Porozite P_g yada H_w (%),Su İçeriği W (%),Boşluk Hacmi V_v (cm^3),Boşluk Oranı (e) ,Doluluk oranı k (kompozite) indeks özellikleri olarak tek başlık altında verilmiş değerlendirilmiştir.

4.3.1. Kireçtaşı Örneklerinin Laboratuvar Deney Sonuçları

4.3.1.1. Kireçtaşının İndeks Özelliği Sonuçları

Kireçtaşı örneklerine ait indeks özellikleri karot örnekleri üzerinde yapılan laboratuvar deneyleriyle saptanmıştır. Deneylerde TS 699/Ocak 1989 “Tabii Yapıtaşları Muayene ve Deney Metotları” ve ISRM (1981) “Uluslararası Kaya Mekaniği Standartlarına” uygun deneyler esas alınmıştır.

Kireçtaşı bloklarından alınan karot örnekleri etüvde 105 °C’de (± 5 °C) 24 saat kurutulup saf suda 48 saat bekletildikten sonra tartılmıştır. Böylece bulunan kuru ve doymun ağırlıkları kullanılarak kireçtaşı örneklerinin kuru ve doğal birim hacim ağırlığı, porozite, hacimce ve ağırlıkça su emme oranları, boşluk hacmi, boşluk oranı belirlenmiştir. Kireçtaşı örneklerinin indeks özellikleri Çizelge 4.3’ de gösterilmiştir.

Çizelge 4.3. Kireçtaşı Örneklerinin İndeks Özellikleri

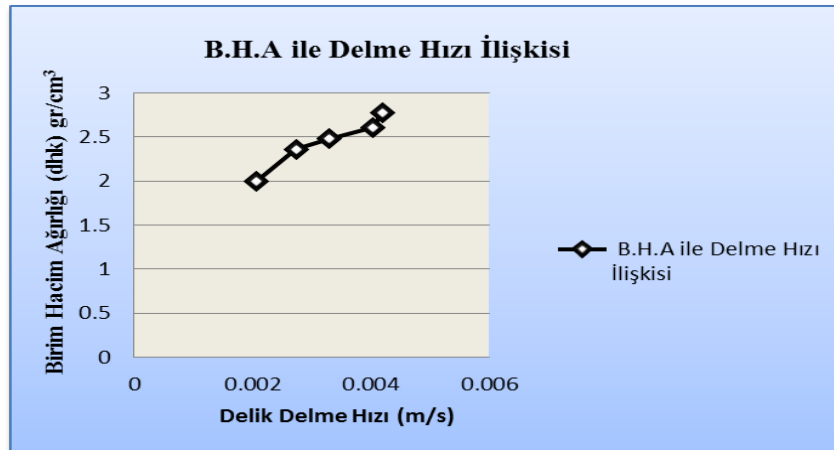
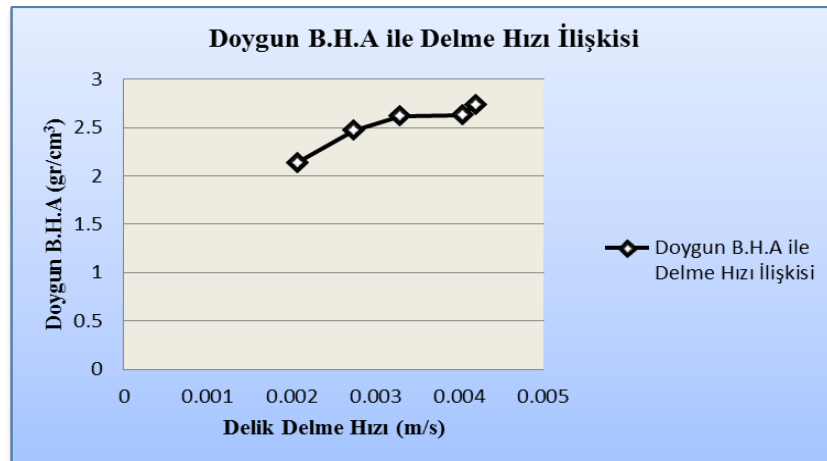
İndeks Özellikler	Ortalama
Kuru ağırlık W_k (gr)	283.53
Doygun ağırlık W_d (gr)	299.76
Normal şartlardaki ağırlık W_n (gr)	291.18
Kuru Birim Hacim Ağırlığı (dhk) gr/cm^3	2.37
Doygun B.H.A (gr/cm^3)	2.54
Doğal Birim Hacim Ağır. (dh) gr/cm^3	2.40
Ağırlıkça Su Emme Oranı S_k yada A_w (%)	5.84
Görünür Porozite P_g yada H_w (%)	13.75
Su İçeriği W (%)	2.74
Boşluk Hacmi V_v (cm^3)	16.23
Boşluk Oranı (e)	0.16
k = doluluk oranı (kompozite)	0.86

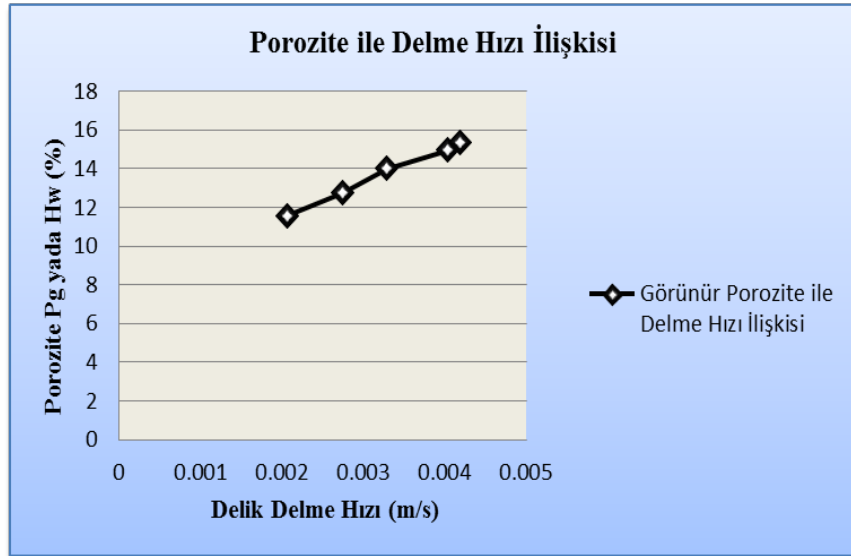
Kireçtaşı örneklerinin fiziksel özelliklerinden poroziteye (gözeneklilik) göre sınıflandırılmasında Kireçtaşları % 13.75 ile “Çok boşluklu” kaya sınıfında yer almaktadır (Çizelge 4.4.).

Çizelge 4.4. Kayaların Poroziteye Göre Sınıflandırılması (Tarhan, 1989).

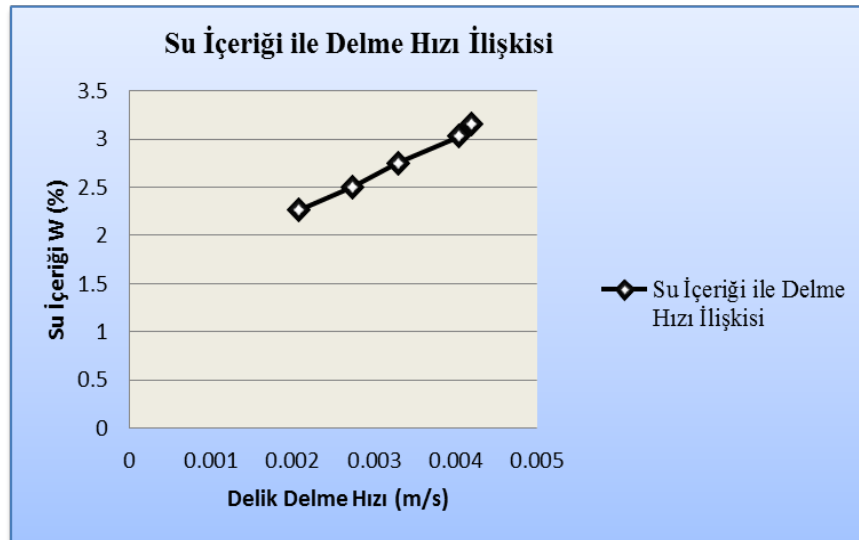
Kaya Sınıfı	Porozite (%)
Çok Kompakt	< 1
Az Boşluklu	1 - 2.5
Orta Boşluklu	2.5 - 5
Oldukça Boşluklu	5 - 10
Çok Boşluklu	10 - 15
Çok Fazla Boşluklu	> 20

Kireçtaşlarının fiziksel özelliklerinin (kuru birim hacim ağırlığı, doymun birim hacim ağırlığı, görünür porozite, su içeriği) delik delme hızı arasındaki ilişki incelenmiştir ve bu parametrelerin değerleri delik delme hızı ile karşılaştırıldığında pozitif bir ilişki gözlemlenmiştir. İnceleme sonucu Şekil (4.1.), (4.2.), (4.3.) ve (4.4.)’te verilmiştir.

Şekil 4.1. Birim Hacim Ağırlığı (gr/cm^3) ile Delik delme hızının (m/s) ilişkisi.Şekil 4.2. Doymun B. H. A. (gr/cm^3) ile Delik delme hızının (m/s) ilişkisi



Şekil 4.3. Görünür Porozite Pg yada Hw (%) ile Delik delme hızının (m/s) ilişkisi.



Şekil 4.4. Su İçeriği W (%) ile Delik delme hızının (m/s) ilişkisi.

Grafikler incelendiğinde kireçtaşlarının fiziksel özellikleri ile delik delme hızı arasında doğru orantı olduğu gözlemlenmiştir. Yani kuru birim hacim ağırlık arttıkça delik delme hızı da artmaktadır. Diğer tüm fiziksel özelliklerde de aynı sonuç gözlemlenmiştir.

4.4. Kireçtaşı Örneklerinin Mekanik Özelliklerinin Sonuçları

4.4.1. Kireçtaşı Örneklerinin Tek Eksenli Basınç Dayanımları

Tek eksenli basınç direnci deneyi muhtelif büyüklükteki bloklardan ve molozlardan boyu çapının iki katı olan karot örnekleri üzerinde yapılmıştır. Küresel başlıklara sahip olan presin plakaları arasına yerleştirilen numuneler üzerine kırılincaya kadar basınç uygulanmıştır.

Deneylerde numunelerin hemen hepsinde kırılmalar ani ve az gürültülü olmuş ancak bazı örneklerin kayma düzlemi ve süreksiz düzlemleri boyunca kırıldıkları gözlenmiştir. Bu şekilde standartlara uygun bir biçimde kırılmayan numuneler sonuçları etkilememesi açısından hesaplamalara katılmamıştır. Kaya birimlerine ait karotların deneyden sonraki kırılma biçimleri Şekil 4.5’de gösterilmiştir.

Bu işlemler tamamlandıktan sonra karotlar numaralandırılmış, deneylere hazır hale getirilmiştir. (Şekil 4.5. ve Şekil 4.6.). Boy ve 2*Çap oranı olan karotların görüntüsü verilmiştir.



Şekil 4.5. Taş Ocağından alınarak deneye hazır hale getirilen; BX Çap 2BX boyundaki karotların görüntüsü



Şekil 4.6. Tek Eksenli Basınç Deneyi Sonucu Kırılan Numunelerin Görüntüsü

Kaya birimlerinin tek eksenli basınç dirençleri Çizelge 4.5.'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.5. Tek Eksenli Basınç Dayanımı Deney Sonucu

Birim	Yenilme Yükü F (Kgf)	Tek Eksenli Basınç Dayanımları σ_c (Kgf/cm ²)	Tek Eksenli Basınç Dayanımları σ_c (Mpa)	S	Kaya Dayanımı
Kireçtaşı	A	10553.34	74.67	C	Orta Dirençli
	B	6987.67	49.32	D	Düşük Dirençli
	C	12816.75	90.53	C	Orta Dirençli
	D	11279.66	79.79	C	Orta Dirençli
	E	6719.25	47.50	D	Düşük Dirençli
	O	9682.705	68.439	C	Orta Dirençli

$$1\text{Kgf/cm}^2 = 0.0980665 \text{ MPa}$$

[ISRM, 1978], Deer ve Miller (1966), tarafından gerçekleştirilen, Çizelge 4.6. ve 4.7.'de görülen tek eksenli basınç direncine göre yapılan sınıflandırmada Tarsus Kireçtaşlarının **68.439** MPa ile “Orta dirençli kaya” sınıfına girdiği belirlenmiştir.

Çizelge 4.6. Tek eksenli basınç dayanımı kaya sınıflandırılması [ISRM, 1978]

Sınıf	Tanım	Tek Eksenli Basınç Dayanımı (MPa)
A	Çok Yüksek Dayanımlı	> 225
B	Yüksek Dayanımlı	225 – 101
C	Orta Dayanımlı	100 – 51
D	Orta-Düşük Dayanımlı	50 – 26
E	Düşük Dayanımlı	25 – 6
F	Çok Düşük Dayanımlı	5 - 1

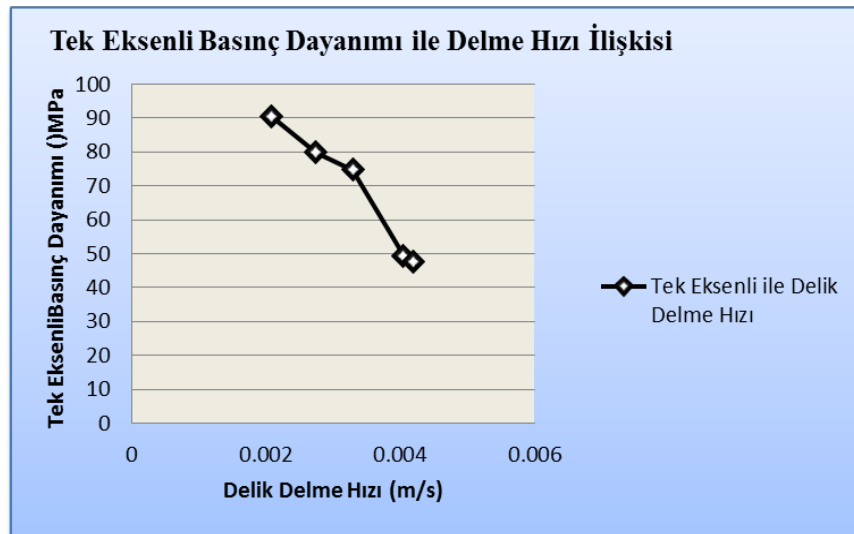
Çizelge 4.7. Tek Eksenli Basınç Direnci Kaya Sınıflaması (Deer ve Miller 1966)

<i>Kaya Sınıfı</i>	<i>Tek Eksenli Basınç Direnci (MPa)</i>
Çok Düşük Dirençli	< 25
Düşük Dirençli	25 - 50
Orta Dirençli	50 - 100
Yüksek Dirençli	100 - 200
Çok Yüksek Dirençli	> 200

Karotlara tek eksenli basınç dayanımı deneyi uygulanmıştır ve Çizelge 4.8.'de tek eksenli basınç dayanımı σ_c (MPa) ile delik delme hızının (m/s) sonuçları görülmektedir. Tek eksenli basınç dayanımı ile delme hızı arasındaki ilişki ise Şekil 4.7.'de verilmiştir.

Çizelge 4.8. Tek Eksenli Basınç Dayanımı ile Delik delme hızının Sonuçları

Numune No	A	B	C	D	E	Ort.
Tek Eksenli Basınç Dayanımı (MPa)	74.67	49.32	90.53	79.79	47.50	68.44
Delik delme hızı (m/dak)	0.197	0.242	0.124	0.164	0.251	0.195
Delik D. Hızı (m/s)	0.0033	0.00404	0.00207	0.00274	0.0042	0.0033

Şekil 4.7. Tek Eksenli Basınç Dayanımı σ_c (MPa) ile Delik delme hızının (m/s) arasındaki teorik ilişki

Kayacın tek eksenli basınç dayanımı arttıkça delik delme hızı azalmaktadır. Basınç dayanımı ile delik delme süresi arasında ters bir orantı mevcuttur.

4.4.2. Kireçtaşı Örneklerinin Nokta Yük Dayanımları

Kireçtaşı örneklerinden L/D oranı = 1.2 olan karot numuneler hazırlanmış ve bu karot örnekleri üzerinde yapılan deneylerde ISRM (1981) Uluslararası Kaya Mekaniği Standartlarında ön görülen yöntem kullanılmış ve elde edilen sonuçlar Çizelge 4.9.'de verilmiştir. Nokta Yük Dayanımı (MPa) ile Delme Hızı arasındaki ilişki Şekil 4.10.'de verilmiştir.

$$F = (De/50)^{0.45} \quad (4.6.)$$

$$F = (42_{\text{mm}}/50)^{0.45} = 0.9245 \text{ kgf/mm}^2$$

$$I_s = P/De^2 \text{ (MPa)} \quad (4.7.)$$

$$I_s = 3.27 \text{ (MPa)}$$

Çizelge 4.9. Nokta yük dayanım deney sonucu

Birim		Yenilme Yüğü P (KN)	Nokta Yük Dayanım Direnci Is (MPa)	Dayanım Tanımı
Kireçtaşı	A	6.50	3.68	Orta Dirençli
	B	5.90	3.03	
	C	5.50	3.12	
	D	5.63	3.18	
	E	5.90	3.34	
	O	5.78	3.27	

Nokta yük dayanım deneyi sonucu kırılmalar; deney numuneleri iki veya üç parça halinde enine ve boyuna kırılmalar şeklinde oluşmuştur Şekil (4.8.) ve (4.9.)'da görülmektedir.



Şekil 4.8. Taş Ocağından alınarak deneye hazır hale getirilen; Boy/Çap oranı $L/D = 1.2$ olan karotların görüntüsü.



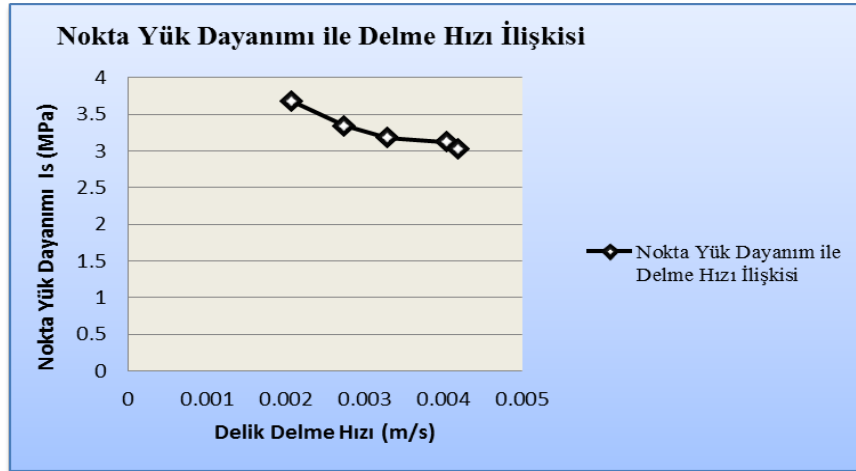
Şekil 4.9. Numuneler Üzerinde Yapılan Nokta Yük Dayanım Deneyi Sonucu Numunelerin Kırılış Biçimleri

Bieniawski (1975) tarafından nokta yük direncine göre yapılan Çizelge 4.10.'daki sınıflandırmada Kireçtaşlarının “orta dirençli kaya” sınıfında yer aldığı görülmektedir.

Çizelge 4.10. Kayaçların nokta yük dayanım direncine göre sınıflandırılması (Bieniawski, 1975)

Kaya Sınıfı	Nokta Yük Dayanım Direnci (MPa)
Çok Düşük Dirençli	< 1
Düşük Dirençli	1 - 2
Orta Dirençli	2 - 4
Yüksek Dirençli	4 - 8
Çok Yüksek Dirençli	> 8

Nokta yük dayanımı ile delme hızı arasındaki ilişki Şekil 4.10.'da verilmiştir.



Şekil 4.10. Nokta Yük Dayanımı (MPa) ile Delik Delme Hızının (m/s) ilişkisi

Nokta yük dayanımı ile delik delme hızı arasında ters bir ilişki gözlemlenmiştir. Nokta yük dayanımı değeri arttıkça delik delme hızı azalmaktadır.

4.4.3. Schmidt Çekici Sertlik Değerleri

Schmidt sertlik deneyi kireçtaşı örneklerinin sertliği ve dolaylı olarak tek eksenli sıkışma dayanımlarını ortaya koyabilmek amacıyla yapılmıştır. Deney sırasında çekicin kaya yüzeyine daima dik olmasına dikkat edilmiş, schmidt sertlik deneyinde önerilen iki farklı yöntemden 10'luk yöntem kullanılmıştır bu yönetime göre aynı noktada yapılan bu vuruşların maksimumunu almak suretiyle olmuştur.

Literatürde yer alan farklı yöntemlere göre bulunan Schmidt sertlik değerleri ile ISRM 1978'e göre kayaç sertlik sınıflaması yapılmıştır (Çizelge. 4.11.).

Bu sınıflamaya göre kayaçlar yumuşak, az yumuşak, az sert, sert, oldukça sert ve çok sert olarak tanımlanabilmektedir.

Çizelge 4.11. Schmidt çekicine göre kaya sertliğinin sınıflandırılması (ISRM, 1978)

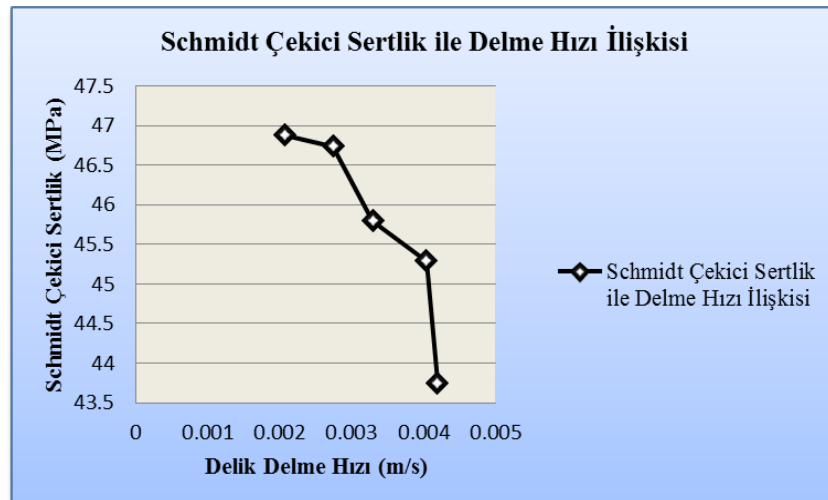
Schmidt sertlik Değeri	Sınıflandırılması
0 – 10	Yumuşak
10 – 20	Az Yumuşak
20 – 40	Az Sert
40 – 50	Sert
50 – 60	Oldukça Sert
> 60	Çok Sert

Elde ettiğimiz değerlerin aritmetik ortalaması alınarak numunelerimiz dayanım hakkında yorum yapacağız. Numunelerden alınan değerlerin ortalamasından %10 oranında sapan değerlerin atarak tekrar art. ortalama alınır ve grafikten bakılarak kireçtaşının dayanımı hakkında bilgi elde edilir.

Belirlenen kireçtaşı örneklerinin schmidt sertlik değerleri bulunmuş sonuçlar Çizelge 4.12.'de gösterilmiştir. Bu değerlerin delik delme hızı arasındaki ilişki Şekil 4.11.'de verilmiştir.

Çizelge 4.12. Schmidt çekici deneyi sonucu

Birim	Çekiç Yönü	Schmidt Sertliği Ortalama	Schmidt Sertliği Art. Ort
Kireçtaşı	A	42.57	43.75
	B	45.09	46.74
	C	44.19	45.29
	D	44.93	46.88
	E	44.88	45.8
	O	44.34	45.7



Şekil 4.11. Schmidt sertlik deneyi (MPa) ile Delik Delme Hızının (m/s) ilişkisi.

Schmidt sertlik değeri arttıkça ilerleme hızında oldukça belirgin bir düşüş gözlemlenmiştir.

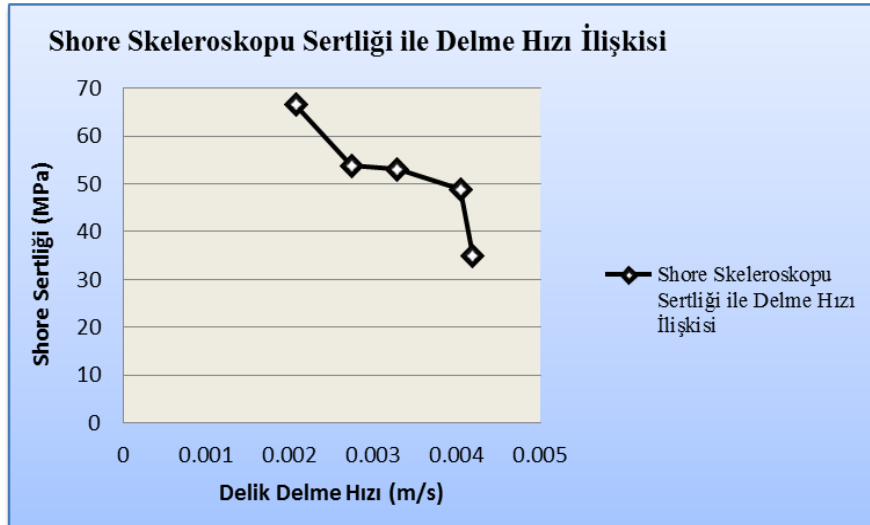
4.4.4. Shore Skleroskopu yöntemi ile yüzey sertliğinin ölçülmesi

Bu yöntemde sertlik elmas uçlu bir çekiç cam boru içerisinde parça üzerine bırakılıp çekicinin zıplama boyuna göre hesaplanır. Bu yöntemin maliyeti az, uygulama işlemi kolay, sonuçları karşılaştırılabilen en basit sertlik ölçme yöntemidir. Bu deney yöntemi genellikle ağır parçaların muayenesinde kullanılır. Özellikle haddeler, dövme ve dökme parçalar ile büyük yüzeylerde eşit dağılmış sertliğin belirlenmesi istenilen parçalarda bu yöntem tercih edilir. Ayrıca kalınlığı 0,125 mm'ye kadar olan sertleştirilmiş çelik parçalara bu yöntem uygulanabilir. Ancak genel uygulamalarda parça kalınlığı 0,375 mm'den az olmamalıdır. Yuvarlak veya değişik şekilli parçalarda sertlik ölçümü yapılacak kısım düzeltilir. İçi boş parçalar malafa üzerine takılarak ölçüm yapılır.

Bu işlemi uygularken cam boru, sertliği ölçülecek parça üzerine tam olarak oturtulmalıdır. Deneme veya en son sertlik ölçme işlemlerinden her biri için çekicinin eski izler üzerine düşmemesi gerekir. Aksi durumda ölçülen değer hatalı olur. Çizelge 4.13.'de Kireçtaşı örneklerinin Shore Skleroskop deneyi sonucu verilmiştir. Tek Eksenli Basınç Dayanımı ile Shore Skleroskopu Sertliği arasındaki ilişki Şekil 4.12.'de verilmiştir.

Çizelge 4.13. Kireçtaşı örneklerinin Shore Skleroskop deneyi sonucu

Birim		Bir. Hacim Ağırlık (gr/cm ³)	Shore Skleroskopu Sertliği	Tek Eksenli Sıkışma Dayanımı (MPa)
Kireçtaşı	A	2.36	53	74.67
	B	2.00	34.85	49.32
	C	2.61	66.55	90.53
	D	2.48	53.75	79.79
	E	2.48	48.85	47.50
	T	2.41	51.4	68.44



Şekil 4.12. Shore Sertlik deneyi (MPa) ile Delik Delme Hızının (m/s) ilişkisi.

Kireçtaşı örneklerinden karot numuneler hazırlanmış ve bu karot örnekleri üzerinde shore Schleroscope sertlik deneyi yapılmış ve yapılan bu ölçümün ortalaması alınmak suretiyle shore sertliği değerleri tespit edilmiştir ve elde edilen sonuçlar ortalaması değerlendirilmiştir.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmayla Tarsus/Mersin İline bağlı Körlü Beyi Köyünde bulunan Turanlar Madencilğe ait kireçtaşı işletmesinde kullandıkları Delik delme makinasının (Furukowa HCR 1200-ED II) özellikleri araştırılmıştır. Üretilen kireçtaşların fiziksel ve mekanik özellikleri saptanmış ve bu özelliklerin makinanın delik delme performansına etkisi değerlendirilmiştir. Sahada kullanılan Furukowa HCR 1200 ED II marka delik delme makinasının delik delme hızını etkileyen parametreleri belirlemek amacıyla laboratuvar deneyleri gerçekleştirilmiştir. Delme işlemi yapılan bölgelerden alınan temsili numunelere uygulanan laboratuvar deneylerinden elde edilen sonuçlar delik delme hızıyla karşılaştırılmıştır.

Açık maden işletmelerinde basamaklı kazı işlemleri sırasında delme patlatma çalışmalarında kullanılan delici makinelerin delik boyu alternatifleri ile ilgili olarak delme süreleri karşılaştırılmıştır. İşlemler hesaplandıktan sonra yaklaşık 17 metrelik delik boyu için yerinde ölçümler yapılmıştır. Sonuçta en uygun delik boyunun 17 metre olduğu ve diğer delik boyları ile arasında önemli farklılıklar olmadığı belirlenmiştir.

Kayaçların fiziksel ve mekanik özelliklerinin delme hızına etkisi belirlenmeye çalışılmıştır.

Fiziksel Özelliklerine Göre;

Kireçtaşı örneklerinin porozitesi göz önüne alındığında; % 13.75 ile “Çok Boşluklu Kaya” sınıfında yer almaktadır. Bu özelliğin delme performansına pozitif yönde etki ettiği gözlenmiştir.

Doygun Birim Hacim Ağırlık değerlerine bakıldığında; ortalama 2.54 gr/cm^3 olduğu ve bu özelliğin delme performansına pozitif yönde etki ettiği gözlenmiştir.

Kuru birim hacim ağırlık değerlerine bakıldığında; ortalama 2.37 gr/cm^3 olduğu ve bu özelliğin delme performansına pozitif yönde etki ettiği gözlenmiştir.

Kireçtaşı örneklerinin su içeriği göz önüne alındığında; ortalama % 2.74 olduğu ve bu özelliğin delme performansına pozitif yönde etki ettiği gözlenmiştir.

Mekanik Özelliklerine Göre;

Tek eksenli basınç dayanımı deney sonuçlarının ortalaması 68 MPa olduğu ve bu değerin 50-100 MPa'ın arasında olan kireçtaşlarının “Orta Dirençli Kaya” sınıfında yer aldığı gözlemlenmiştir. Bu sonuçlar makinenin delik delme hızı ile ilişkisine bakıldığında negatif bir ilişki gözlemlenmiştir. Yani tek eksenli basınç dayanımı değeri arttıkça delik delme hızı azalmaktadır.

Nokta yük dayanım değerine göre kireçtaşlarının 3.27 MPa ile “Orta Dirençli Kaya” sınıfında yer aldığı gözlemlenmiş ve bu sonuçlar delik delme hızı ile karşılaştırıldığında negatif bir ilişki gözlemlenmiştir. Yani nokta yük değeri arttıkça delik delme hızı azalmaktadır.

Shore Skleroskopu yöntemi ile yüzey sertliğinin ölçülen değerine göre kireçtaşlarının 51.4 MPa olduğu ve bu sonuçlar delik delme hızı ile karşılaştırıldığında negatif bir ilişki gözlemlenmiştir. Yani shore sertlik değeri arttıkça delik delme hızı azalmaktadır.

Schmidt Çekici Sertlik değerine göre deney sonuçların ortalaması 45.7 MPa olduğu ve bu değerin 40-50 MPa'ın arasında olan kireçtaşlarının “Sert Dirençli Kaya” sınıfında yer aldığı gözlemlenmiştir. Bu sonuçlar makinenin delik delme hızı ile karşılaştırıldığında negatif bir ilişki gözlemlenmiştir. Yani Schmidt Çekici Sertlik değeri arttıkça delik delme hızı azalmaktadır.

Yapılan çalışma sonucunda delici makine ile yapılan çalışmalarda öncelikle kayaçların fiziksel ve mekanik özelliklerinin belirlenmesi gerektiği kanısına varılmıştır. Kayaçların ekonomik olarak üretilebilmesi için fiziksel ve mekanik deney sonuçlarına göre matkap ve delici makine seçilmesi gerektiği kanaatine varılmıştır.

KAYNAKLAR

- AKKOYUN, 2005. Delme-Patlatma Uygulamalarında Verilerin Saklanması Ve Kontrolünde Kullanılabilecek Bir Bilgisayar Yazılımının Geliştirilmesi, Türliye 19. Uluslararası Madencilik Kongresi ve Fuarı, IMCET2Q05. Türkiye, 09-12 Haziran 1980, Ankara 1.p
- ALABAŞ, V., 2010. Afşin–Elbistan Linyitleri Kışlaköy Açık İşletmesi Gevşetme Patlatması Uygulamaları Maden Mühendisliği Anabilim Dalı, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, 1-2pp Aralık 1990,Ankara.
- AYTEKİN, A., 2003. “Matkaplar“, MTA Hizmetiçi Eğitim Semineri, Diyarbakır, (Yayımlanmamış: 2004)
- BİENIAWSKI, Z., T., 1973; "Engineering Classification of Jointed Rock Masses":
- BİENIAWSKI, Z., T., 1975; "The Point-load test in geotechnical practice",Engineering Geology, 9, M1pp.
- BİENIAWSKI, Z., T., 1989; "Engineering Rock Mass Classifications", Pennsylvania, s.237.
- BİRTEK, N., 1982. "Rock Mechanics Approach to the Comminution of Rocks", Yayımlanmamış Dönem Makalesi, ODTÜ, Ankara.
- BOYNTON, R., S., 1980; “Chemistry and Technology of Lime and Limestone”, 2nd Edition. John Wiley and Sons, Inc., New York.
- BROWN, E.T. and PHILLIPS, H.R., Recording Drilling Performance for Tunnelling ite Investigations, Construction Industry Research and Information Association, Publication No: 81, London, England, 1977. 120 p Cilt 38-No2-3.
- DAĞÇİMEN, A., 2006. Patlatma Tasarımı İçin Geliştirilen Bir Bilgisayar Programı-Delalpat, Fen Bilimleri Enstitüsü Çukurova Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi.1.p.
- DEERE, D.U., HENDRON, A.J., PATTON, F.D. and CORDİNG, E.J. 1967. Design of surface and near surface construction in rock. In Failure and breakage

- of rock, proc. 8th U.S. symp. rock mech., (ed. C. Fairhurst), 237-302.
New York: Soc. Min. Engrs, Am. Inst. Min. Metall. Petrolm Engrs.
- DEERE D.V., MILLER R.L., 1966, Engineering Classification and Index Properties of Intact Rock, Department of Civil Engineering, University of Illinois, Urbana. pp. 90-101.
- DPT, 1996. Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Çimento Hammaddeleri ve Yapı Malzemeleri Çalışma Grubu Raporu Çimento Hammaddeleri ve Yapı Malzemeleri Ankara, 3: 1-50.
- EKLİND, M., 2010. & 2011. Rock drillability. Atlas Copco, Executive Press, Richardson, Texas.
- EROL, B., KAYI, A. ve BAYRAKTAROĞLU, Ş.Ş., 1998. “Kireç ve Kireçtaşı”, Kireç Üreticileri Birliği Yayını.
- ERSOY, A., 1998. “Polikristalin elmas matkapların kömür yan kayaçlarında delme verimliliği”, Sondaj Sempozyumu, 82-95.
- ERSOY, A., WALLER, M. D., “Textural characterisation of rocks”, Eng. Geology, 39, 123-136 (1995).
- FISH, B.G., 1961. The Basic Variables in Rotary Drilling, Mine and Quarry Engineering, Vol. 27, No. 1, pp. 29-34 and No. 2, pp. 74-81.
- HOSEİNİE, S.H., AGHABABAEİ, H., POURRAHİMİAN, Y. “Development of a new classification system for assessing of rock mass drillability index (RD_i)”, International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences, 45, 1-10(2008).
- HOWRATH, D.F. and ROWLANDS, J.C., “Quantitative assessment of rock texture and correlation with drillability and strength properties”, Rock Mech.Rock Eng., 20, 57-85 (1987).
- ISRM, 1978. “Commission On Standardization Of Laboratory And Field Tests, Suggested Methods For The Quantitative Description Of Discontinuities In Rock Masses”, Int. J. Rock Mech. Min. Sci. & Geomech. Abstr., 15 (6): 319-368(1978).
- ISRM, 1981. BROWN, E. T., Editor, “Suggested Methods Rock Charectarization Testing and Monitoring”, Oxford, Pergaman Press. (1985).

- KABAKLI, E., 2009. Optimization Of Process Parameters Of Drilling Using The Taguchi Method, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Yüksek Lisans Tezi.
- KAHRAMAN, S. ve MÜLAZIMOĞLU, A., 1999. Pozantı - Tarsus Ayrımı Otoyol İnşaatında Kullanılmış Olan Delici Makinelerin Performans Analizi, Madencilik Haziran-Eylül.
- KARPUZ, C. Ve HİNDİSTANLI, M.A., 2006, Kaya Mekaniği İlkeleri ve Uygulamaları, Maden Müh. Odası Yayını 346 s.
- KARPUZ, C., 1986. “Kaya Mekaniği İlkeleri” O.D.T.Ü. Maden Mühendisliği Bölümü, Maden İşletme Anabilimdalı, Seminer No: 6-7, 50-56s.
- KARPUZ, C., PAŞAMEHMETOĞLU, A.G. ve MÜFTÜOĞLU, Y.V. 1989 ;”Hidrolik Ekskavatör Performanslarıyla Kazılabilirlik Tayini”. Türkiye Madencilik Bilimsel ve Teknik 11. Kongresi, Ankara, s.161-173.
- KIRIKOĞLU, M.S., 1996. Endüstriyel Kullanım Açısından Karbonat Kayaçları. I. Ulusal Kırmataş Sempozyumu, İstanbul.
- KÖSE, H., ve GÖNEN, A., 2011. Açık Ocak Madenciliğinde Makine-Ekipman Performansının İşletme Maliyetine Etkisi, Tahir MALLI, Dokuz Eylül Üniversitesi, Müh. Fak., 3. Maden Makinaları Sempozyumu / İzmir.
- LEIGHTON, J.C., BRAUNER, CO. and STEWART, D., 1982. Development of a Correlation Between Rotary Drill Performance and Controlled Blasting Powder Factors, Canadian Inst, of Mining Bulletin, Vol. No. 844, pp. 67-73.
- LIME, LIMESTONE and OATES, J.A.H., 2004. Endüstriyel Hammaddeler Kireçtaşları, KÜTAHYA,33.Oranı Tayin Metodu, (Temmuz 1981, Ankara).
- LOKMAN L., 2000. “Kireç”, KÜB Yayınları.
- MIGEM, 2009. Maden İşleri Genel Müdürlüğü Verileri, Ankara.
- MÜFTÜOĞLU, Y., 2007. Delme Parametrelerin Otomatik Kayıt Yöntemleri Ve Uygulamaları. Yüksek Lisans Tezi (Nisan 1975, Ankara).

- NAST, P.H., "Drillers Handbook on Rock", Davey Compressor Company, Kent Ohio, Tunnel Engineering Handbook, Ed. Bickel, Jon, O. ve Kuesel, (1955).
- OATES, J.A.H., 1998; "Lime and Limestone Chemistry and Technology", Production and Uses, Wiley-VCH Verlag GmbH, Germany, 169.
- ÖNEM, Y., 1997. Sanayi Madenleri, Kozan Ofset, s. 368, Ankara.
- ÖZDEMİR, A., 2007. "Kayaların Delinebilirliğini Etkileyen Jeo-Mühendislik Özellikleri", Sondaj Dünyası Dergisi, 5, 15-18.
- ÖZDEMİR, A., 2011. Çambaşı Regülatörü Ve Hes Tünel Güzergahındaki Kayaların Bazı Mühendislik Özellikleri İle Delinebilirlikleri Arasındaki İlişkinin İncelenmesi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi. 1-2 Pp.
- ÖZDOĞAN, M., 1986. ,Kayalarda Delme Ve Patlatma, Maden Y. Mühendisi, Yurt ören Ltd., ANKARA, 1-9 pp
- PAONE, J.- and MADSON, D., 1966. Drillability Studies: Impregnated Diamond Bits, U.S. Bureau of Mines Report of Investigations, RI 6776, 16 p.
- PARLAK YILDIZ. M., 2008. Hammadde Olarak K□Reçtası Ve Üretilen Kirecin Standartlara Uygunluğunun Araştırılması Yüksek, Çukurova Üniversitesi□Fen Bilimler□ Enstitüsü Lisans Tez. Yüksek Lisans Tezi. □
- SCHMIDT, R.L., 1972. Drillability Studies: Percussive Drilling in the Field. U.S. Bureau of Mines Report of Investigations, RI 7684,31 pp.
- T.S.E., 1975. TS 2028 Kayaçların Tek Eksenli Basma Dayanımlarının Tayini, Ankara.
- T.S.E., 1980. TS 3529 Beton Agregalarının Birim Ağırlıklarının Tayini, Ankara.
- T.S.E., 1981. TS 3624 Sertleşmiş Betonda Özgöl Ağırlık,Su Emme ve Boşluk, Ankara.
- T.S.E., 1990. TS 8614 Kaya Mekaniği Deneyleri İçin Kayaç Karot Numunelerinin Hazırlanması Boyut ve Şekil Toleranslarının Tespiti, Ankara.
- T.S.E., 1990. TS 8615 Kayaçlar - Su Muhtevası, Yoğunluk ve Porozite Tayini, Testing and Monitoring", Oxford, Pergaman Press.
- TARHAN, F. 1989. Mühendislik Jeolojisi Prensipleri, KTÜ Yayınlan, Trabzon.

- TEMUR, S, 2001 Endüstriyel Hammaddeler, Konya, s.299-300
- TOPAL, T., 2000, “Nokta yükleme deneyi ile ilgili uygulamalarda karşılaşılan problemler”, Jeoloji Mühendisliği 24(1), 73-86.
- TOPAL, T., DOYURAN, V., 1997, Engineering geological properties and durability assessment of the Cappadocian tuff. Engineering Geology, 47: 175-187.
- TRANSACTIONS, South Africa Institution of Civil Engineering., Cilt 15, 12, s.335-344.
- TS 699, 1987. Doğal Yapı Taşları-Muayene ve Deney Metotları, Ankara.
- TS 706 EN 12620 +A1, 2009. Beton Agregaları, Ankara.
- TS EN 13043,2004. Yollar, Havaalanları ve Trafığe Açık Diğer Alanlardaki Bitümlü Karışımlar ve Yüzey Uygulamalarında Kullanılan Agregalar, Ankara
- TSE 8615, 1990. Kayaçlar, Su Muhtevası Tayini, Ankara.
- TURAN, Ç., 2010. Akarca Köyü (Hatay) Kireçtaşlarının Hammadde Özelliklerinin Belirlenmesi Ve Kalsinasyon Davranışının İncelenmesi, Maden Mühendisliği Anabilim Dalı Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi
- UÇAR, H., 2008. Kırmataşların Beton Agregasında Ve Hazır Beton Tesislerinde Kullanılma Kriterleri Örnek Uygulama: Sağlıklı Köyü Kalker Ocağı, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Uz, B., 1990. Mineraller Kristallografi- mineraloji. İ.T.Ü.Maden Fak. Kurtiş matbaası. P.5
- YAKUT, E., 2001. İzmir İli Çevresindeki Kireçtaşlarının Mühendislik Özellikleri ve Kullanım Alanlarının Araştırılması. D.E.Ü. Fen Bilimleri, Yüksek Lisans Tezi, İzmir.
- YILDIZ, R., ve KÖSE, H., 2003. “Açık İşletmelerde Delik Delme Metotları Ve Delici Makineler”, Kümes AS, Kütahya.
- YURDAKUL, S., 2010. Yılankale-Misis (Ceyhan-Adana) Yöresi Kireçtaşlarının Hammadde Özelliklerinin Belirlenmesi Maden, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Nstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.

ÖZGEÇMİŞ

04.08.1986 tarihinde İran ülkesi, Urmiye şehrinde doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Urmiye’de tamamlayarak 1995 yılında üniversiteye başladı ve 2011 yılında makine mühendisliği bölümünden mezun oldu. 2012 yılında Çukurova Üniversitesi, Mühendislik–Mimarlık Fakültesi, Maden Mühendisliği bölümünde Yüksek lisans öğrenimine başladı.