

68889

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**AÇIK İŞLETMELERDE UYGUN DELME - PATLATMA
ŞARTLARINI VEREN BİR MODELİN GELİŞTİRİLMESİ**

DOKTORA TEZİ

Y. Müh. Sair KAHRAMAN

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 20 Mayıs 1997

Tezin Savunulduğu Tarih : 7 Kasım 1997

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Nuh BİLGİN 25.11.1997

Diğer Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Erkin NASUF 25.11.1997

Prof. Dr. Tayfun EVERGEN 25.11.1997

Doç. Dr. Aydın BİLGİN 24.11.1997

Doç. Dr. Mete GÖKTAN 24.11.1997

KASIM 1997

ÖNSÖZ

İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Maden Mühendisliği Anabilim Dalı Maden Mühendisliği Programında Doktora Tezi olarak hazırlanan bu çalışma açık işletmelerde optimum delme-patlatma şartlarını veren bir modelin geliştirilmesi hakkındadır.

Tezin hazırlanmasında desteğini hiç bir zaman eksik etmeyen, daima yol gösterici olan ve beni sürekli motive eden Sayın hocam Prof. Dr. Nuh BİLGİN'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Zaman zaman görüşlerine başvurduğum Prof. Dr. Tayfun EVERGEN'e de teşekkürlerimi sunarım. Arazi çalışmaları esnasında yardımlarından ve sağladıkları kolaylıklardan dolayı Doğu İnş. ve Tic. A.Ş., Tekfen İnş. ve Tesizat A.Ş., Adana Çimento A.Ş., Özkoyuncu Madencilik, Konya Krom-Manyezit İşletmeleri, Aslan Çimento A.Ş., ELİ, SLİ, GLİ, BLİ, Etibank Emet Kolemanit İşl., Özdemirler Madencilik, Ercan Madencilik, Baykal Kireç ve Demircioğlu Madencilik'e teşekkürü bir borç bilirim. İTÜ Maden Fakültesi'nde yaptığım deneyler esnasında büyük yardımlarını gördüğüm Doç. Dr. Sina YAZICI, Arş. Gör. Cemal BALCI ve diğer Arş. Görevlileri ile teknisyen Cevat YAŞAR'a da teşekkürlerimi sunarım. Tezin yazılması konusunda yardımcı olan Arş. Gör. Sedat TORAMAN'a ve çizimleri itina ile yapan teknik ressam Şeyda OKUR'a şükranlarımı sunarım.

Ayrıca, bugüne kadar olan hayatımda bana sürekli destek olan aileme ve her zaman arkamda olan eşime ne kadar teşekkür etsem azdır.

Bu tezi araştırma projesi olarak destekleyen İTÜ Araştırma Fonu'na da teşekkürlerimi sunarım.

Mayıs, 1997

Sair KAHRAMAN

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	ii
SEMBOL LİSTESİ	viii
ŞEKİL LİSTESİ	xiv
TABLO LİSTESİ	xix
ÖZET	xxi
SUMMARY	xxii
BÖLÜM 1. GİRİŞ	1
BÖLÜM 2. ÇALIŞMA PROGRAMI	3
2.1. Delicilerin Performans Etütleri	3
2.2. Patlatma Verilerinin Toplanması	3
2.3. Kayaçların Delinebilirlik Karakteristiklerinin Belirlenmesi	4
2.4. Delme Hızı Modellerinin Geliştirilmesi	4
2.5. Patlatma Verilerinin Yorumlanması	4
2.6. Bilgisayar Programının Yazılması	4
BÖLÜM 3. ÇALIŞMALARIN YAPILDIĞI ŞANTİYELER VE PERFORMANS ÖLÇÜMLERİ	6
3.1. Çalışmaların Yapıldığı Şantiyeler	6
3.2. Yerinde Yapılan Performans Ölçümleri	7
3.2.1. Yerüstünden Darbeli Hidrolik Delicilerin Performans Ölçümleri	7
3.2.2. Delik Dibinden Darbeli Hidrolik Delicilerin Performans Ölçümleri	7
3.2.3. Döner Delicilerin Performans Ölçümleri	7
BÖLÜM 4. DELİCİ MAKİNALAR VE KAYAÇLARIN DELİNEBİLİRLİĞİ	13
4.1. Giriş	13
4.2. Döner (Rotary) Deliciler	13
4.2.1. Döner Delicilerin Ana Üniteleri	14
4.2.1.1. Taşıyıcı Ünite	15
4.2.1.2. Ana Tahrik Üniteleri	15
4.2.1.3. Kule	16

4.2.1.4. Toz Toplama Üniteleri	16
4.2.1.5. Döndürme Üniteleri	17
4.2.1.6. Baskı Üniteleri	17
4.2.1.7. Delik Kırıntılarını Temizleme	19
4.2.1.8. Matkaplar	19
4.3. Yerüstünden Darbeli Deliciler (Top Hammer Drills)	20
4.3.1. Yerüstünden Darbeli Delme Prensibi	21
4.3.1.1. Darbe	21
4.3.1.2. Baskı	21
4.3.1.3. Dönme	22
4.3.1.4. Kırıntıların Temizlenmesi	22
4.3.2. Yerüstünden Darbeli Hidrolik Deliciler	22
4.3.2.1. Tabanca	22
4.3.2.2. Tij Değiştirici	24
4.3.2.3. Boom	24
4.3.2.4. Paletli Taşıyıcı	24
4.3.2.5. Güç Ünitesi	25
4.3.2.6. Kontrol Sistemi	25
4.3.2.7. Toz Toplayıcılar	25
4.3.2.8. Matkaplar	25
4.3.3. Yerüstünden Darbeli Pnömatik Deliciler	26
4.3.4. Hidrolik ve Pnömatik Delicilerin Karşılaştırılması	27
4.4. Delik Dibinden Darbeli Deliciler (DTH Drills)	28
4.4.1. DTH Delici Matkapları	29
4.4.2. DTH Delicilerin Yerüstünden Darbeli Hidrolik Delicilerle Karşılaştırılması	31
4.5. Darbeli Delme ile Döner Delmenin Karşılaştırılması	32
4.6. Delici Makina Seçimi	33
4.7. Delme Mekanığı	35
4.7.1. Döner Delmede Delme Mekanığı	35
4.7.2. Darbeli Delmede Delme Mekanığı	36
4.8. Kayaçların Delinebilirliği	37
4.8.1. Döner Delmede Delme Hızı Bağlıları	39
4.8.2. Darbeli Delmede Delme Hızı Bağlıları	44

BÖLÜM 5. KAYAÇLARIN MEKANİK VE FİZİKSEL ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

5.1. Tek Eksenli Basınç Dayanımı	49
5.2. Çekme Dayanımı	49
5.3. Schmidt Çekici Deneyi	52
5.4. Darbe Dayanım Deneyi	52
5.5. Nokta Yük Deneyi	53
5.6. Sismik Hız Deneyi	54
5.7. Elastik Modül	55
5.8. Yoğunluk	55
5.9. Kuvars Miktarı	56

BÖLÜM 6. KONİLİ MATKAP DIŞININ PENETRASYONU VE GELİŞTİRİLEN MODEL	58
6.1. Penetrasyon Mekaniği	58
6.2. Penetrasyon Konusunda Yapılan Teorik ve Deneysel Çalışmalar	60
6.3. Penetrasyon Deneyi	69
6.4. Delinebilirlik İndeksinin Kayaçların Mekanik ve Fiziksel Özellikleri ile İlişkisi	76
6.5. Delinebilirlik İndeksi Yardımıyla Geliştirilen Delme Hızı Modeli	85
6.6. Sonuç	91
BÖLÜM 7. DELİCİLERİN PERFORMANSLARININ ÖNCEDEN TAHMİNİ İÇİN ÇOK KATLI REGRESYON ANALİZİ	93
7.1. Çok Katlı Regresyon	93
7.2. Çok Katlı Regresyonda Kullanılan Terimler	94
7.3. Çok Katlı Regresyon Analizi ve Geliştirilen Modeller	95
7.4. Geliştirilen Modellerin Doğruluk Testleri	103
7.4.1. t Testi	103
7.4.2. F Testi	105
7.4.3. Rezidü Analizi	106
7.5. Sonuç	112
BÖLÜM 8. PATLAYICI MADDELER, ATEŞLEME ELEMAN VE SİSTEMLERİ VE KAYAÇLARIN PATLATILABİLİRLİĞİ	114
8.1. Giriş	114
8.2. Patlayıcı Maddelerin Tarihi Gelişimi	115
8.3. Patlayıcı Maddelerin Tanımı ve Özellikleri	116
8.3.1. Patlama Gücü ve Verimi	117
8.3.1.1. Patlama Hızı	117
8.3.1.2. Patlama Sürekliliği	119
8.3.1.3. Patlama Basıncı	120
8.3.1.4. Patlama Isısı	121
8.3.1.5. Özgül Gaz Hacmi	121
8.3.1.6. Patlayıcı Gücü (Kuvveti)	122
8.3.1.7. Patlayıcı Yoğunluğu	122
8.3.2. Kolay Patlama ve Duyarlılık	123
8.3.3. Oksijen Dengesi	123
8.3.4. Enerji Aktarma Oranı	124
8.3.5. Emniyet	124
8.3.6. Suya Karşı Direnç	124
8.3.7. Depolanma Özellikleri	125
8.4. Patlayıcı Madde Türleri	126
8.4.1. Dinamitler	126
8.4.2. Patlayabilir Karışımlar (Blasting Agents)	128
8.4.2.1. Anfo	129
8.4.2.2. Slurry Patlayıcılar	131
8.4.2.3. Emülsiyon Patlayıcılar	132

8.5. Patlayıcı Madde Seçimi	133
8.6. Ateşleme Elemanları	134
8.6.1. Fitol ve Adi Kapsül	135
8.6.2. İnfilaklı Fitol ve Gecikme Elemanı	135
8.6.3. Elektrikli Kapsüller	136
8.6.3.1. Elektrikli Kapsülle Ateşlemede Devre Dizaynı	137
8.6.3.2. Elektrikle Kapsülle Ateşlemede Emniyet	137
8.6.4. Elektriksiz (Nonel) Kapsüller	138
8.7. Ateşleme Sistemleri	140
8.7.1. Tek Sıralı Patlatma	141
8.7.2. Çok Sıralı Patlatma	142
8.8. Patlatma Teorisi	143
8.8.1. Delik Çevresinde Kırılma Zonları	145
8.9. Kayaçların Patlatılabilirliği	146
8.9.1. Kayaç Dokanıkları	147
8.9.2. Faylar	147
8.9.3. Çatlaklar	147
8.9.4. Yataklanma Düzlemleri ve Şistozite	148
8.9.5. Eğim ve Doğrultu	148
8.10. Parça Boyutuna Etki Eden Faktörler	150
8.10.1. Kayaç Özellikleri	150
8.10.2. Delik Düzgünlüğü	151
8.10.3. Patlayıcı Özellikleri	151
8.10.4. Deliklerin Şarjı	151
8.10.5. Özgül Şarj	152
8.10.6. Ateşleme Sistemleri	152

BÖLÜM 9. BASAMAK PATLATMASI VE TÜRKİYE'DEKİ GENEL DURUMUN DEĞERLENDİRİLMESİ

153

9.1. Delik Düzeni Parametreleri	153
9.1.1. Basamak Yüksekliği	153
9.1.2. Delik Çapı	155
9.1.3. Alt Delme ve Delik Uzunluğu	156
9.1.4. Delgi Hatası	157
9.1.5. Dilim Kalınlığı ve Deliklerarası Mesafe	158
9.2. Deliklerin Şarjı	165
9.2.1. Yemleme (Primer) ve Dip Şarj	165
9.2.2. Kolon Şarj	165
9.2.3. Sıkılama	166
9.2.4. Özgül Şarj	166
9.2.5. Şarj Hesabı	166
9.3. Ülkemizdeki Uygulamalar İçin Durum Değerlendirmesi	171
9.3.1. Delik Çapı-Basamak Yüksekliği İlişkisi	175
9.3.2. Basamak Yüksekliği- Dilim Kalınlığı İlişkisi	175
9.3.3. Alt Delme- Dilim Kalınlığı İlişkisi	175
9.3.4. Dilim Kalınlığı- Delik Çapı İlişkisi	176

9.3.5. Deliklerarası Mesafe - Dilim Kalınlığı İlişkisi	176
9.3.6. Özgül Şarj - Kayacın Dayanım Özellikleri İlişkisi	177
9.3.7. Uygulanan Özgül Şarj - Teorik Özgül Şarj İlişkisi	179
9.4. Sonuç	180
BÖLÜM 10. DELME- PATLATMA İÇİN GELİŞTİRİLEN BİLGİSAYAR MODELİ	181
10.1. Giriş	181
10.2. Delme	181
10.3. Patlatma	192
10.4. Maliyet Hesabı	194
10.4.1. Delme Maliyeti Hesabı	194
10.4.1.1. Yatırım Maliyeti	194
10.4.1.2. İşletme Maliyeti	195
10.4.1.3. Delme Ekipmanları Maliyeti	196
10.4.1.4. Delici Personeli Maliyeti	197
10.4.2. Patlatma Maliyeti	198
10.5. Örnek	198
SONUÇLAR VE ÖNERİLER	201
KAYNAKLAR	204
EKLER	211
ÖZGEÇMİŞ	328

SEMBOL LİSTESİ

σ	= Normal gerilme,
σ_c	= Tek eksenli basınç dayanımı
σ_t	= Çekme dayanımı
σ_{td}	= Dinamik çekme dayanımı
σ_{RD}	= Stamp test dayanım indeksi
ζ	= İstenilen parça boyutuna bağlı bir katsayı
α	= Delinebilirlik indeksi
τ	= Kesme dayanımı
φ	= Kırılma açısı
θ	= Matkap uç açısı
\emptyset	= İçsel sürtünme açısı
η	= Verim
β	= Delik eğimi
ρ_c	= Patlayıcı madde yoğunluğu
ρ_{cd}	= Dip şarj yoğunluğu
ρ_{ek}	= Kolon şarj yoğunluğu
ρ_r	= Kayaç yoğunluğu
A	= Delik kesit alanı
a, b, c, k	= Sabitler
AEG	= Amorti edilmesi gereken değer

AK	= Akaryakıt gideri
AN	= Anüite faktörü
A_p	= Piston alanı
B	= Dilim kalınlığı
b_1, b_2, b_n	= X_1, X_2, X_n 'in katsayıları
B_d	= Dip dilim kalınlığı
B_k	= Kırılmanın olmadığı kritik dilim kalınlığı
B_{max}	= Maksimum dilim kalınlığı
b_o	= Özgül delme
b_{pm}	= Darbe frekansı
C	= Kohezyon,
CF	= Coupling fiatı
CG	= Coupling gideri
CÖ	= Coupling ömrü
ÇS	= Delicinin yıllık çalışma süresi
ÇG	= Yılda çalışılacak gün sayısı
C_t	= Matkaptaki tüm diş sayısı
d	= Delik çapı
D	= Matkap çapı
DD	= Darbe dayanım sayısı
DF	= Delici fiatı
DG	= Diğer Giderler
DH	= Delme hızı
DM	= Delme maliyeti

d_{\max}	= Maksimum delik çapı
DPM	= Delici personeli maliyeti
DS	= Delici sayısı
E	= Young Modülü
E_p	= Piston enerjisi
F	= Chip oluşturmak için gerekli kuvvet
f	= Protodyakonov indeksi
f_d	= Delik çapı ile patlayıcı çapı arasındaki fark
F_d	= Delgi hatası
f'	= Geliştirilmiş Protodyakonov indeksi
FL	= Filtre gideri
g	= Yerçekimi ivmesi
G	= Güç
G_{ic}	= Kritik enerji çıkış hızı
H	= Delik uzunluğu
h_d	= Dip şarj boyu
HD	= Delici hurda değeri
H_i	= Eğimden kaynaklanan delik uzunluğu
h_k	= Kolon şarj boyu
H_T	= Yıllık delinecek delik miktarı
H_{TD}	= Bir delicinin yılda deleceği delik miktarı
i	= Faiz oranı
K	= Basamak yüksekliği
K_d	= Düzeltme faktörü

l	= Şarj konsantrasyonu
l_d	= Dip şarj konsantrasyonu
l_k	= Kolon şarj konsantrasyonu
M	= Yıllık Üretim
MF	= Matkap fiatı
MFO	= Makinadan faydalanma oranı
MG	= Matkap gideri
$MÖ$	= Matkap ömrü
n	= Delicinin ekonomik ömrü
N	= Dönme hızı
N_c	= Coupling tüketimi
N_m	= Matkap tüketimi
N_s	= Shank tüketimi
N_t	= Tij tüketimi
n_w	= Matkaptaki kanat sayısı
p	= Bir dönüşteki matkap ilerleme miktarı
P	= İşletme basıncı
p'	= Penetrasyon deneyinde matkap dişinin batma miktarı
P_d	= Patlama basıncı
PM	= Patlatma maliyeti
q	= Özgül şarj
Q_d	= Dip şarj miktarı
Q_e	= Patlama ısısı
Q_k	= Kolon şarj miktarı

q_0	= Düzeltilmiş özgül şarj
Q_t	= Toplam şarj miktarı
R_1	= Delik eğimi ile ilgili düzeltme faktörü
R_2	= 0.4 özgül şarj harici durumlar için düzeltme faktörü
s	= Strok
S	= Deliklerarası mesafe
S_c	= Matkap diş yoğunluğu
S_d	= Delinebilirlik direnci
SE	= Özgül enerji
SF	= Shank fiatı
SG	= Shank gideri
SH	= Shore sertliği
SMG	= Sarf malzemeleri gideri
$SÖ$	= Shank ömrü
S_t	= Patlayıcı gücü
T	= Tork
T_s	= Sıkılama boyu
TBG	= Tamir-bakım giderleri
T_d	= Ara sıkılama boyu
TEM	= Toplam delme ekipmanları maliyeti
TF	= Tij fiatı
TG	= Tij gideri
t_h	= Deliklerarası gecikme
$TÖ$	= Tij ömrü

TPÜ	= Toplam personel ücreti
T_r	= Enerji transfer katsayısı
t_r	= Sıralararası gecikme
TİM	= Toplam işletme maliyeti
U	= Alt delme
V	= Krater hacmi
V_d	= Patlama hızı
V_p	= Patlayıcı partikül hızı
VS	= Vardiya süresi
VSA	= Vardiya sayısı
W	= Matkap baskısı
W_p	= Piston ağırlığı
W_{id}	= İdeal matkap yükü
X_1, X_2, X_n	= Bağımsız değişkenler
Y	= Bağımlı değişken
YG	= Yağ gideri
YM	= Yatırım maliyeti
YTF	= Yürüyüş takımı fiatı
YTF	= Yürüyüş takımı fiatı
YTM	= Yürüyüş takımı maliyeti
YTÖ	= Yürüyüş takımı ömrü

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 3.1. Doğuş İnş. ve Tic. A.Ş.'nin Pozantı Şantiyesinde Kullanılan Yerüstünden Darbeli Böhler Marka Bir Delici	8
Şekil 3.2. Özkoyuncu Madencilik'in Yahyalı Şantiyesinde Kullanılan Yerüstünden Darbeli Tamrock Marka Bir Delici	8
Şekil 3.3. Doğuş İnş. ve Tic. A.Ş.'nin Pozantı Şantiyesinde Kireçtaşı Formasyonunun Görünüşü	9
Şekil 3.4. Özkoyuncu Madencilik'in Yahyalı Şantiyesinde Hematit Cevherinin Görünüşü	9
Şekil 3.5. Adana Çimento' nun Adana Şantiyesinde Kullanılan Delik Dibinden Darbeli Gemsa Marka Bir Delici	10
Şekil 3.6. Adana Çimento' nun Adana Şantiyesinde Kalker Formasyonunun Görünüşü	10
Şekil 3.7. GLİ/36 Pano' da Kullanılan Döner (Rotary) Ingersoll-Rand Marka Bir Delici	11
Şekil 3.8. BLİ Orhaneli Şantiyesinde Kullanılan Döner (Rotary) Reedrill Marka Bir Delici	11
Şekil 3.9. Seyitömer Linyitleri İşletmesinde Marn Formasyonunun Görünüşü	12
Şekil 3.10. ELİ Işıklar Panosunda Marn Formasyonunun Görünüşü	12
Şekil 4.1. Tipik Bir Döner Delici	14
Şekil 4.2. Döner Delicilerde Döndürme Sistemi	17
Şekil 4.3. Döner Delicilerde Baskı Sistemleri	18
Şekil 4.4. Konili Matkap Yapısı	19
Şekil 4.5. Farklı Formasyonlara Göre Diş Çeşitleri	20

Şekil 4.6. Yerüstünden Darbeli Hidrolik Delicinin Şematik Görünüşü	23
Şekil 4.7. Bir Hidrolik Delicinin Şematik Görünüşü	23
Şekil 4.8. Keski Şekilli (a) ve Kabaralı (b) Matkaplar	26
Şekil 4.9. Orta-Ağırlıkta Bir Pnömatik Delici	27
Şekil 4.10. Tipik Bir DTH Delici	29
Şekil 4.11. Valfli (a) ve Valfsiz (b) Delik Dibi Tabancası	30
Şekil 4.12. DTH Delici Matkapları	31
Şekil 4.13. Çeşitli Delme Yöntemlerinin Delik Çapı ve Kayaç Sertliğine Göre Uygulama Alanları	33
Şekil 4.14. Çeşitli Delicilerin Seçim Kriterleri	34
Şekil 4.15. Döner Delmede Matkabın Kayacı Parçalaması ve Krater Oluşumu	36
Şekil 4.16. Darbeli Delmede Kayaç Parçalanmasının Evreleri	37
Şekil 5.1. Tek Eksenli Basınç ve Çekme Deneylerinin Yapıldığı Pres	51
Şekil 5.2. Tek Eksenli Basınç Deneyinde Kırılan Numuneler	51
Şekil 5.3. Çekme Deneyinde Kırılan Numuneler	52
Şekil 5.4. Darbe Dayanım Deney Aleti	53
Şekil 5.5. Nokta Yük Deney Aleti	54
Şekil 5.6. PUNDIT Cihazı İle Laboratuarda Ölçüm Yapılışı	55
Şekil 5.7. Kumtaşı-1 (Bahçe)'in İnce Kesitinin Fotoğrafi	56
Şekil 5.8. Marn (Soma/Işıklar)'in İnce Kesit Fotoğrafi	57
Şekil 6.1. Chip Oluşumunun Matematiksel Modeli	59
Şekil 6.2. Mohr Gerilme Diyagramı	59
Şekil 6.3. Sabit Hız Testi, Sabit Yük Testi ve Gerçek Yükleme Grafiği	69
Şekil 6.4. Stiff Test Cihazının Görünüşü	70
Şekil 6.5. Stiff Test Sisteminin Şematik Görünüşü	71

Şekil 6.6. Chip Oluşumu Veren Deneş Numunesi Örneği	73
Şekil 6.7. Kumtaşı-2 (Bahçe)'nin Yük-Batma Eğrisi	73
Şekil 6.8. Chip Oluşumu Vermeyen Deneş Numunesi Örneği	74
Şekil 6.9. Marn (Soma)'ın Yük-Batma Eğrisi	74
Şekil 6.10. Konik Diş İçin Delinebilirlik İndeksi İle Basınç Dayanımı İlişkisi	77
Şekil 6.11. Küresel Diş İçin Delinebilirlik İndeksi İle Basınç Dayanımı İlişkisi	77
Şekil 6.12. Konik Diş İçin Delinebilirlik İndeksi İle Çekme Dayanımı İlişkisi	78
Şekil 6.13. Küresel Diş için Delinebilirlik İndeksi İle Çekme Dayanımı İlişkisi	78
Şekil 6.14. Konik Diş İçin Delinebilirlik İndeksi İle Schmidt Değeri İlişkisi	79
Şekil 6.15. Küresel Diş İçin Delinebilirlik İndeksi İle Schmidt Değeri İlişkisi	79
Şekil 6.16. Konik Diş İçin Delinebilirlik İndeksi İle Darbe Dayanımı İlişkisi	80
Şekil 6.17. Küresel Diş İçin Delinebilirlik İndeksi İle Darbe Dayanımı İlişkisi	80
Şekil 6.18. Konik Diş İçin Delinebilirlik İndeksi İle Nokta Yük İlişkisi	81
Şekil 6.19. Küresel Diş İçin Delinebilirlik İndeksi İle Nokta Yük İlişkisi	81
Şekil 6.20. Konik Diş İçin Delinebilirlik İndeksi İle Sismik Hız İlişkisi	82
Şekil 6.21. Küresel Diş İçin Delinebilirlik İndeksi İle Sismik Hız İlişkisi	82
Şekil 6.22. Konik Diş İçin Delinebilirlik İndeksi İle Elastik Modül İlişkisi	83
Şekil 6.23. Küresel Diş İçin Delinebilirlik İndeksi İle Elastik Modül İlişkisi	83
Şekil 6.24. Konik Diş İçin Delinebilirlik İndeksi İle Yoğunluk İlişkisi	84
Şekil 6.25. Küresel Diş İçin Delinebilirlik İndeksi İle Yoğunluk İlişkisi	84
Şekil 6.26. Tahmin Edilen Hız Değerlerinin Gerçek Değerlerle Karşılaştırması	88
Şekil 6.27. Dayanımı 40 MPa' ın Altındaki Formasyonlar İçin Tahmin Edilen Hız Değerlerinin Gerçek Değerlerle Karşılaştırması	90
Şekil 6.28. Dayanımı 40 MPa' ın Üzerindeki Formasyonlar İçin Tahmin Edilen Hız Değerlerinin Gerçek Değerlerle Karşılaştırması	91

Şekil 7.1. Yerüstünden Darbeli Hidrolik Delici İçin Tahmin Edilen Hız İle Gerçek Hız İlişkisi	106
Şekil 7.2. Delik Dibinden Darbeli Delici İçin Tahmin Edilen Hız İle Gerçek Hız İlişkisi	107
Şekil 7.3. Döner Delici İçin Darbeli Delici Tahmin Edilen Hız İle Gerçek Hız İlişkisi	107
Şekil 7.4. Yerüstünden Darbeli Hidrolik Delici Modeli İçin Tahmin Edilen Hızın Rezidü Grafiği	108
Şekil 7.5. Delik Dibinden Darbeli Delici Modeli İçin Tahmin Edilen Hızın Rezidü Grafiği	108
Şekil 7.6. Döner Delici Modeli İçin Tahmin Edilen Hızın Rezidü Grafiği	109
Şekil 7.7. Yerüstünden Darbeli Hidrolik Delici Modeli İçin Basınç Dayanımının Rezidü Grafiği	109
Şekil 7.8. Delik Dibinden Darbeli Delici Modeli İçin (İşletme basıncı x Piston çapı) Rezidü Grafiği	110
Şekil 7.9. Döner Delici Modeli İçin Baskı Rezidü Grafiği	110
Şekil 7.10. Yerüstünden Darbeli Hidrolik Delici Modeli İçin Normal Olasılık Grafiği	111
Şekil 7.11. Delik Dibinden Darbeli Delici İçin Normal Olasılık Grafiği	111
Şekil 7.12. Döner Delici Modeli İçin Normal Olasılık Grafiği	112
Şekil 8.1. Delik Çapının Fonksiyonu Olarak Patlama Hızı	118
Şekil 8.2. Patlamanın Şematik Gösterimi	120
Şekil 8.3. Fuel Oil İçeriğinin Anfoya Etkileri	130
Şekil 8.4. Röle' nin Yapısı	136
Şekil 8.5. Gecikmesiz (a) ve Gecikmeli (b) Elektrik Kapsülü	136
Şekil 8.6. Nonel Kapsül Tüpünün Kesiti	138
Şekil 8.7. Nonel Sistemin Uygulanışı	139
Şekil 8.8. Gecikme Aralığının Kısa (a) ve Doğru (b) Olması Durumu	141

Şekil 8.9. Delik Düzeni ve Ateşleme Düzeninin Farklılığı	143
Şekil 8.10. Kayacın Sıkıştırılması	144
Şekil 8.11. Şok Dalgalarının Geri Yansıması	144
Şekil 8.12. Gazların Genleşmesi	145
Şekil 8.13. Tek Delik Patlatmasında Kırılma Zonları	145
Şekil 8.14. Farklı Yapısal Durumlarda Uygulanan Delik Düzenleri	147
Şekil 8.15. Tabakaların Şev Yüzeyine Doğru Eğimli Olduğu Durum	148
Şekil 8.16. Tabakaların Yana Doğru Eğimli Olduğu Durum	149
Şekil 8.17. Tabakaların Geriye Doğru Eğimli Olduğu Durum	149
Şekil 8.18. Çatlaklı Durumda Uygulanan Delik Düzeni	150
Şekil 9.1. Delik Düzeni Parametreleri	153
Şekil 9.2. Maden Ocakları İçin Delik Düzeni Parametrelerinin Birbirleri ile Olan İlişkileri	173
Şekil 9.3. Otoyol Şantiyeleri ve Taş Ocakları İçin Delik Düzeni Parametrelerinin Birbirleri ile Olan İlişkileri	174
Şekil 9.4. Maden Ocakları İçin Özgül Şarjın Çekme Dayanımı (a) ve Schmidt Değeri (b) ile İlişkisi	179
Şekil 9.5. Otoyol Şantiyeleri ve Taş Ocakları İçin Özgül Şarjın Çekme Dayanımı (a) ve Schmidt Değeri (b) ile İlişkisi	179
Şekil 9.6. Maden Ocakları (a) ile Otoyol ve Taş Ocakları (b) İçin Gerçek ve Teorik Özgül Şarj İlişkisi	180
Şekil 10.1. Delme-Patlatma Modelinin Akım Şeması	182

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 3.1. Çalışmaların Yapıldığı Şantiyeler	6
Tablo 4.1. Döner Delicilerde Bazı Genel Özellikler	13
Tablo 4.2. Döner Delicilerde Gerekli Enerji Miktarları	16
Tablo 4.3. Mevcut Hidrolik Delicilerin Bazı Özellikleri	24
Tablo 4.4. Delme Sistemlerinin Karşılaştırması	32
Tablo 5.1. Deney Sonuçlarının Özetleri	50
Tablo 6.1. Yük-Batma Eğrilerinden Elde Edilen Delinebilirlik İndeksi Değerleri	75
Tablo 6.2. (6.8) Eşitliği Yardımıyla Hesaplanan k Değerleri	87
Tablo 6.3. Tahmin Edilen Hız Değerleri ile Gerçek Değerlerin Karşılaştırması	88
Tablo 6.4. Dayanımı 40 MPa' ın Altındaki Formasyonlar İçin Tahmin Edilen Hız Değerlerinin Gerçek Değerle Karşılaştırması	89
Tablo 6.5. Dayanımı 40 MPa' ın Üzerindeki Formasyonlar İçin Tahmin Edilen Hız Değerlerinin Gerçek Değerle Karşılaştırması	90
Tablo 7.1. Yerüstünden Darbeli Hidrolik Delicilerin Regresyon Analizinde Kullanılan Değişkenler	96
Tablo 7.2. Delik Dibinden Darbeli Delicilerin Regresyon Analizinde Kullanılan Değişkenler	97
Tablo 7.3. Döner (Rotary) Delicilerin Regresyon Analizinde Kullanılan Değişkenler	98
Tablo 7.4. Geliştirilen Modellerin İstatistik Sonuçları	100
Tablo 8.1. Dinamitlerin Su Direncine Göre Sınıflandırması	125
Tablo 8.2. Dinamitin Teknik Özellikleri	127

Tablo 8.3. Anfonun Teknik Özellikleri	129
Tablo 8.4. Slurry Patlayıcıların Teknik Özellikleri	131
Tablo 9.1. Ülkemizde Çeşitli Maden, Taş Ocağı ve Otoyol Şantiyelerinde Uygulanan Delik Düzeni Parametreleri	172
Tablo 9.2. Ülkemizde Çeşitli Maden, Taş Ocağı ve Otoyol Şantiyelerinde Uygulanan Özgül Şarj ve Teorik Özgül Şarj Miktarları	178
Tablo 10.1. Kepçe Boyutu İle Basamak Yüksekliği İlişkisi	184
Tablo 10.2. Çeşitli Delici Makinalar ve Bunlarla İlgili Bazı Bilgiler	188
Tablo 10.3. Bullroc Tabancalarının Teknik Özellikleri	189
Tablo 10.4. Delik Düzeni Çıktısı	199
Tablo 10.5. Delici Makina Çıktısı	200
Tablo 10.6. Patlayıcı Madde Çıktısı	200
Tablo 10.7. Maliyet Hesabı Çıktısı	200

ÖZET

Açık işletmelerde optimum delme - patlatma şartlarını veren bir modelin geliştirilmesi hakkında olan bu çalışmada önce araştırmaların yapıldığı şantiyeler ve yapılan performans ölçümleri anlatılmıştır.

Bölüm 4' de önce delici makinalar detaylı olarak tanıtılmıştır. Sonra da kayaçların delinebilirliği konusu üzerinde durulmuş ve literatürde bulunan delme hızı bağıntıları darbeli delme ve döner delme için ayrı ayrı verilmiştir.

Bölüm 5' de kayaçların mekanik ve fiziksel özelliklerini belirlemek için yapılan deneyler anlatılmış ve sonuçlar özetlenmiştir. Arazide N - tipi Schmidt çekici ile ölçümler alınmış ve laboratuarda tek eksenli basınç ve çekme, darbe dayanım, nokta yük ve sismik hız deneyleri yapılmıştır. Ayrıca, elastik modül ve yoğunluk değerleri ile kuvars miktarı da belirlenmiştir.

Bölüm 6' da konili matkap dişiyle yapılan penetrasyon deneyi hakkında daha önce yapılan teorik ve deneysel çalışmalar anlatılmış ve yapılan penetrasyon deneyi yardımıyla döner deliciler için geliştirilen delme hızı modeli sunulmuştur.

Bölüm 7' de çok katlı regresyon analizi anlatılmış ve üç tür delicinin herbiri için (yerüstünden darbeli hidrolik, delik dibinden darbeli ve döner delici) geliştirilen regresyon modelleri verilmiştir.

Bölüm 8' de patlayıcıların teknik özellikleri, ateşleme eleman ve şekilleri detaylı olarak anlatılmıştır. Ayrıca patlatma teorisi açıklanmış ve kayaçların patlatılabilirliğine ve parça boyutuna etki eden faktörler sıralanmıştır.

Bölüm 9' da basamak patlatması üzerinde durulmuştur. Basamak patlatmasında delik düzeni parametrelerinin birbirleri ile olan ilişkileri incelenmiş ve bu konuda literatürde bulunan bağıntılar verilmiştir. Sonra da ülkemizdeki uygulamaların bu bağıntılarla uyumlu olup-olmadığı araştırılmıştır.

Bölüm 10' da delme - patlatma konusunda geliştirilen bir bilgisayar programı anlatılmıştır. Delme - patlatmadaki tüm işlemleri içeren program üç ana bölümden oluşmaktadır: Birinci bölümde, yükleyici ve basamak yüksekliği seçimi, delik çapı, delik düzeni, delici makina ve matkap seçimi yapılmaktadır. İkinci bölümde patlayıcı seçimi, yıllık patlayıcı miktarı ve ateşleme sistemi belirlenmektedir. Üçüncü bölümde ise delme-patlatma maliyet hesabı yapılmaktadır.

THE DEVELOPMENT OF A MODEL TO OBTAIN SUITABLE DRILLING AND BLASTING CONDITIONS IN OPEN PIT MINES AND QUARRIES

SUMMARY

This study is about the development of a model to obtain suitable drilling and blasting conditions in open pit mines and quarries in Turkey. The study mainly contains insitu observation, obtaining drilling-blasting data, determination of the drillability characteristics of the rock samples collected from worksites, developing of a model to predict the rates for different drills, interpretation of the obtained blasting data and developing a computer model which comprises all processes from the selecting of the drill machine type to cost analysis of drilling and blasting operations.

The drilling performance was measured on rotary drills, down the hole drills (DTH), and hydraulic top hammer drills at the different 16 worksites and 27 formations. Hydraulic top hammer drills were observed at different 4 sites and 14 formations. The model of top hammer drills observed are Böhler, Atlas Copco, Tamrock and Frukawa. DTH drills were observed at different 5 worksites and 7 formations. The model of DTH drills are Gemsa. Rotary drills were observed at different 6 worksites and 8 formations. The model of rotary drills are Ingersoll-Rand and Reedrill.

The diameter of drill holes, the drilling and blasting patterns, and the type and amount of explosives were recorded during each field performance study.

In chapter 4, after the drills are introduced in details, the drillability of rocks is given. The drills used in surface can be classified as rotary drills, top hammers and down the hole drills.

The components of rotary drills are carrier, diesel or electric drives, mast, dry or wet dust collection system, electric, hydraulic or pneumatic rotation system, feed system, flushing system and drill bits.

Top hammer drilling combines four functions: percussion, feed, rotation and flushing. Top hammer drills used in quarries and open pit mines are either pneumatically or hydraulically operated. Because, hydraulic drills have many advantages over the pneumatic type, the tendency has been towards hydraulic drilling for a number of years. Hydraulic top hammer mainly consist of rock drill, feed system, rod changes, control panel, boom, dust collector, crawler base and powerpack. Pneumatic crawler drills are normally equipped with light or medium-heavy crawler basis and the boom types available are fixed, articulated and telescopic booms. These drills are suited for

small construction worksites or quarries where the total amount of rock excavation is not very large. Due to the different advantages, one hydraulic drill can usually replace two to three pneumatic ones.

DTH drills utilize the compressive air power in percussive drilling more efficiently than conventional pneumatic top hammer drills. A DTH hammer follows immediately behind the bit into the hole rather than remaining mounted on a feed as with top hammer drills. Therefore little percussion energy is dissipated in the pipe joints and the penetration rate is nearly constant. The drilling accuracy of DTH drills is good. DTH drills are commonly used in bench drilling of 89-165 mm drill holes on benches up to 50 m.

The type of the drill which will be selected for a specific job depends on the output required, the hole diameter and the drillability of the rock. The drillability of rocks, is a function which depends chiefly on the hardness, abrasivity and mineralogy of the rocks and this will decide the appropriate type of drilling machine; percussive top hammer drills or DTH drills in hard to moderately hard formations, rotary drills in moderate and weaker sedimentary formations.

The other factors affecting the choice of drill rig are bench height, fragmentation, terrain conditions and environmental restriction. Pneumatic drills are simple in construction, and easy to operate and service. Operators are used to these drills, but they are also used to high fuel consumption and low penetration rates. These drills are suited for small scale quarries and construction works. Automation and mechanization are relatively easy and affordable in hydraulic drills. So, it is possible to achieve a net increase in productivity of over 100 %.

In percussive drilling the rock is mainly broken by individual impact and rotation between blows. Rotary drills break the rock with thrust and rotation.

The drillability of rocks depends on many factors. Bit type and diameter, revolution per minute, feed, thrust, blow frequency and flushing are the parameters which can be controlled. On the other hand the parameters such as rock properties and geological factors can not be controlled. Thus several theoretical and empirical formulas have been developed for predicting drilling performance. These formulas are presented in chapter 4.

In chapter 5, experimental works carried out to determine the mechanical and physical properties of rocks were explained. Schmidt hammer testing in the field, uniaxial compressive, indirect tensile (Brazilian), impact strength, point load and seismic velocity testing methods were applied on the rock specimen obtained from the site. Furthermore, the Young's elastic modulus, density and amount of quartz were determined.

In chapter 6, the penetration mechanics of bit tooth were explained and the theoretical and experimental works given in literature were summarised. Then the penetration test carried out in Mining Faculty of ITU was described. A model based on Morris (1969) approach was developed with using of drillability index which is the slope

of the characteristic force-penetration curve obtained from penetration testing. This model is only valid for the formations which has uniaxial compressive strength of over 40 MPa.

Drillability index is affected by the tooth angle and the properties of rocks. When tooth angle, the magnitude of physical and mechanical properties of rocks increases, the penetration load increases. Therefore, drillability index increases.

In chapter 7, multiple curvilinear regression analysis of drilling performance data was carried out using "Statgraphics" computer program. As drilling performance is affected by several factors which are especially rock properties and operational variables, drilling performance can not be studied using simple regression or graphical method. Therefore, multiple regression analysis must be used. Because, regression models which contain less variable is simple and practical, it should be decided to include which variables in to the model. In this study, "All Possible Regressions" method was used to decide which variables should be include in the model. The regression models for hydraulic top hammer, down the hole drill and rotary drill were developed. The selection criteria for the best model are:

- Coefficient of multiple determination (R^2)
- t test
- F test
- Residual analysis

Regression analysis showed that the most significant parameters affecting rate of penetration for hydraulic top hammer model are blow frequency, uniaxial compressive strength and quartz content of the rock. Schmidt hammer value and the product of operational pressure and piston diameter were included in the model for DTH drills. Also, another model for DTH drills was developed in case the first model can not be used. Impact strength value and the product of operational pressure and piston diameter were included in this model. For the rotary drills bit diameter, weight on bit, revolution per minute and compressive strength were selected as the most significant parameters.

In chapter 8, technical properties of explosives, initiation systems and blastability of rocks were presented. The technical properties of explosives used in surface are:

- Explosion strength and efficiency
- Easy detonation and sensitivity
- Oxygen balance
- Energy transfer ratio
- Safety
- Water resistance
- Storage properties
- Fume characteristics

Explosives can chiefly be divided in two groups: dynamites and blasting agents. There are different types of dynamite: straight dynamite, ammonia dynamite, gelatin dynamite, semi-gelatin dynamite, and special dynamites.

Although straight dynamites have high density, high velocity and fair water resistance, their industrial use and importance are declining, because of their high cost and excessive sensitivity. Ammonia dynamites have low to medium velocity of detonation and exhibit good heaving action due to the increased gas production. These dynamites are suited for weak and relatively soft ground. Most ammonia dynamites, however, have poor to fair water resistance and are thus limited in their use. Because of its highly gelatinous "rubberlike" consistency, straight gelatin dynamite has excellent water resistance. Ammonia gelatins have high densities and high velocities. Because of high energy output, they are particularly suited for shooting hard rocks. The semi-gelatin dynamites exhibit moderately high detonation pressure and an adequate amount of water resistance. In addition to these standard categories there can be numerous special requirements within each general family. These include: Extra density, extra water resistance, extra velocity of detonation etc.

Anfo offers great economy and safety in modern blasting applications. It generally costs one-third to one-half as much as nitroglycerin explosives and it is considerably safer to handle because of its lack of sensitivity. Anfo-type products generate low detonation pressure with good borehole that generally in good heaving action on throw of the burden. Generally speaking, anfo is one of the best types of explosives for blasting dry holes in excess of 51 mm in hole diameter, which are conducive to breakage by gaseous expansion. The primary disadvantage of anfo is its lack of water resistance; once it gets in contact with water, it will no longer detonate.

Heavy anfo which is a mixture of anfo and emulsion explosive is becoming more widely used, as it frequently is as effective as pure emulsions and considerably cheaper.

Slurries are especially suited for large hole blasting and wet conditions. They are cap insensitive and therefore need to be initiated with an explosive primer. Slurry contains ammonium nitrate, TNT, water and substance to keep the explosive homogeneous. The properties of any individual composition depend on the type and proportion of various solid ingredients. Because the density is greater than that of water (1.0-1.8 g/cm³) the slurry will sink to the bottom of a wet blasthole. The detonation velocity of slurries ranges from 3400 m/s to 5500 m/s.

Emulsions are two phase products where by the dispersed phase is disseminated throughout a continuous phase. Explosive emulsions are mixture of fuel and oxidant components. The oxidisers are predominantly nitrates and the fuels mostly hydrocarbon of mineral or organic derivation.

The increase in efficiency is reflected in the velocity of detonation, 5000-6000 m/s for emulsions compared with around 3200 m/s for anfo and 3300 m/s for slurry. This high velocity of detonation is one of the major advantages of emulsions as it provides high shock energy, a significant factor with hard rock.

Rock blastability is determined as the resistance of the rock to blasting, and it is mainly influenced by the rock properties and geological factors. In solid, hard rock blastings can be sufficiently well controlled, whereas in fractured rocks part of the energy explosive is lost in the cracks and blasting are not always controlled. Factors affecting rock blastability are:

- Rock type contacts
- Faults
- Jointing
- Bedding plane and schistosity
- Dip and strike of rock formation

The required fragmentation depends on the use to which the broken rock is to be put and on the equipment which is to handle it. For some purposes big boulders are preferable, but usually finer fragmentation is wanted. Several factors affect fragmentation, of which the following are the most important:

- Rock characteristics
- Blasthole straightness
- Explosive properties
- Loading of blastholes
- Specific charging
- Firing system

In chapter 9, bench blasting was investigated and its position in Turkey was assessed. The parameters of the drilling pattern in bench blasting are bench height, hole diameter, subdrilling and drilling length, burden and spacing between holes. These parameters which depend on each other, rock type and characteristics, type of explosive and required grain size etc. were investigated in details and all formulas which are related with these parameters in literature were given. Then, the charging of holes was studied and the methods of charge calculation in literature were given. After that, the applications in Turkey were compared with the formulas in literature. Following results have been found:

- Only the relation between burden and hole diameter is in conformance with the formulas given in literature. Other relations have inconformity or rarely conformity. This inconformity is due to the wrong selection of the parameters of the drilling pattern and the speciality of working conditions or requiring different fragment size from excavated material.
- For open pits a linear relationship between compressive strength of rocks and specific charge and a conformity between applied and theoretical specific charge were found. There is no relationship between the strength properties of rocks and specific charge for highways and quarries. This is probably due to required fragment size frequently changes for especially highways and also specific charge changes in the result of fragment size changing. In the meantime a good conformity was not found between applied and theoretical specific charge.

In chapter 10, a computer program developed for drilling and blasting was explained. The program mainly contains three parts. The first part is about drilling. In this part, the selection of loading equipment, bench height, hole diameter, drilling pattern, drill rig and bit is done. In part two, type of explosive is selected, explosive quantity per annual and firing system is determined. In the last part, drilling and blasting costs are calculated.



BÖLÜM 1

GİRİŞ

Delme-patlatma denildiği zaman ilk akla gelen madencilik olmaktadır. Fakat günümüzde delme-patlatma madencilik dışında bir çok alanda yaygın bir şekilde uygulanmaktadır. Bu uygulama alanları aşağıda kısaca özetlenmiştir (Salgır, 1993; Ceylanoğlu ve diğ., 1993).

- Madencilik alanı: Maden arama faaliyetleri, açık ve yeraltı maden işletmeciliği, taş ocağı işletmeciliği, kuyu ve galeri açma, jeofizik araştırmalar, sismik patlatmalar vs.
- İnşaat alanı: Hammadde temini, demiryolu, karayolu, baraj, havaalanı, liman vs. inşaatı, çeşitli amaçlı tünel açımı, çeşitli temel kazıları, bina ve yapıların kontrollü yıkılması vs.
- Petrol alanı: Sismik aramalar, rezervuarların genişletilmesi, boru hatlarının yerleştirileceği kanalların açılması vs.
- Enerji alanı: Yeraltı güç santralleri, yeraltı petrol ve doğalgaz depoları, yeraltı nükleer artık ve basınçlı hava depolarının inşası vs.
- Tarım ve ormancılık alanı: Su kuyusu açma, sulama ve drenaj kanalı açma, ağaç köklerinin sökülmesi vs.
- Askeri alan: Çeşitli tahrip ve imha faaliyetleri, mevzi hazırlama, yeraltında sığınaklar açma vs.
- Diğer alanlar: Su altı atımları, buz ve buz altı çalışmaları vs.

Maden ve taş ocaklarında yapılan işlemler birbirleriyle çok sıkı bağlantılıdır. Üretim işlemleri delme-patlatma ile başlamaktadır. Dolayısıyla yükleme, taşıma ve kırma gibi diğer işlemlerin randımanı delme-patlatmayla sağlanacak parça boyutuna bağlıdır.

Genellikle işe delici makina seçimiyle başlanır. Formasyonların özelliklerine ve istenilen üretim miktarına göre hangi tür makinadan kaç adet seçileceği çok önemlidir. Delici makina fiyatlarının oldukça yüksek olması seçimin önemini daha da arttırmaktadır. Yanlış bir seçim gereksiz yatırıma neden olabileceği gibi projenin tamamlanmasını da geciktirir.

Delik çaplarına bağlı olarak delik düzeni parametrelerinin doğru belirlenmesi ve formasyona uygun patlayıcı seçimi diğer önemli bir adımdır. Sadece uygun patlayıcı seçimi yeterli olmamakta, patlayıcının hangi miktarda ve ne şekilde şarj edileceği de doğru tespit edilmelidir. Aksi halde ortaya çıkacak kötü bir patlatma sonucunda yükleyici makinalar zor koşullarda çalışır, ikincil delme-patlatma ihtiyacı ortaya çıkar ve iyi parçalanma elde edilemez. İkincil patlatma nedeniyle fazla maliyetin yanı sıra vardiyadaki iş kayıpları artar. Patar oranının yüksek olması yükleme ve taşıma emniyetinin azalmasına, kırıcı kapasitesinin düşmesine ve ton başına kırma maliyetinin artmasına neden olur.

Başarılı bir patlatma ile uygun pasa elde edildiğinde ise kepçe dolma faktörü yüksek olacağı ve yükleyicilerin kule dönüş ve kepçe hareket zamanı azalacağı için saatlik kapasite artar. Ayrıca yükleyici makinaların kova, tırnak gibi parçaları daha az aşınır ve makinaların mekanik aksamına daha az gerilme gelir. Yükleyicilerin verimli çalışmaları aynı zamanda nakliyat araçlarının da verimini arttıracaktır. Öncelikle kamyonlar daha dengeli ve tam kapasite doldurulur. Dengeli yükleme sonucu taşıma sırasında yola taş düşmeleri azalır, taşıma hızı artar, yol bakımı azalır ve lastik giderleri düşer. Patlatmanın iyi yapıldığı yerlerde dozer, greyder gibi yardımcı makinalara olan ihtiyaç da azalacaktır. Bu olay maliyet açısından çok önemlidir. Çünkü özellikle dozer, işletme gideri yüksek olan bir makinadır (Erkoç, 1993)

BÖLÜM 2

ÇALIŞMA PROGRAMI

Bu çalışma ülkemizdeki açık maden ocağı, taş ocağı ve otoyol şantiyelerinde uygun delme-patlatma şartlarını veren bir modelin geliştirilmesi hakkındadır. Çeşitli şantiyelerde yerinde gözlemlerin yapılması ve veri toplanması, şantiyelerden alınan kayaç numunelerinin delinebilirlik karakteristiklerinin belirlenmesi, farklı türdeki deliciler için delme hızı modellerinin geliştirilmesi, toplanan patlatma verilerinin yorumlanması ve delici makina seçiminden delme-patlatma maliyet analizine kadar tüm işlemleri içeren bir bilgisayar programının yazılması çalışma kapsamındadır. Yapılan çalışmalar ana başlıklar altında aşağıda kısaca özetlenmiştir.

2.1. Delicilerin Performans Etütleri

Yerüstünden darbeli, delik dibinden darbeli ve döner (rotary) delicilerin net delme hızları belirlenmiştir. Net delme hızları belirlenirken aynı zamanda delicinin kontrol göstergelerinden baskı basıncı, döndürme basıncı, darbe basıncı ve hava basıncı değerleri de not edilmiştir.

2.2. Patlatma Verilerinin Toplanması

Delme hızı ölçümleri yapılırken aynı zamanda delik çapı ve delik düzenleri ile kullanılan patlayıcıların cins ve miktarları da tespit edilmiştir. Ayrıca, delme-patlatmadan sorumlu mühendislerle görüşerek, patlatma konusunda daha detaylı bilgiler alınmıştır.

2.3. Kayaçların Delinebilirlik Karakteristiklerinin Belirlenmesi

Yerinde Schmidt çekici ölçümleri ile şantiyelerden toplanan kayaç numuneleri üzerinde tek eksenli basınç ve çekme, nokta yük, darbe dayanımı ve sismik hız deneyleri yapılmış ve elastik modül, yoğunluk ve kuvars miktarı belirlenmiştir.

Ayrıca, konili matkap dişile penetrasyon deneyleri yapılarak yük-batma karakteristik eğrileri çizilmiş ve delinebilirlik indeksi değerleri hesaplanmıştır.

2.4. Delme Hızı Modellerinin Geliştirilmesi

Delinebilirlik indeksi yardımıyla döner (rotary) deliciler için bir delme hızı modeli geliştirilmiştir. Döner, yerüstünden darbeli hidrolik ve delik dibinden darbeli deliciler için çok katlı regresyon analizi yardımıyla delme hızı modelleri geliştirilmiştir.

2.5. Patlatma Verilerinin Yorumlanması

Delik çapının, kademe yüksekliğinin, dilim kalınlığının deliklerarası mesafenin ve alt delmenin birbirleri ile olan ilişkileri incelenmiş ve bu ilişkilerin literatürde verilen ilişkilerle uyumlu olup-olmadığı araştırılmıştır.

Veriler yardımıyla özgül şarj (birim hacim kayacı patlatmak için gerekli patlayıcı miktarı) hesaplanmış ve literatürdeki bağıntılar yardımıyla hesaplanan teorik özgül şarj ile karşılaştırılmıştır.

2.6. Bilgisayar Programının Yazılması

Bir üreticinin delme-patlatma ile ilgili tüm problemlerine ani çözüm getirecek bir bilgisayar programı yazılmıştır. Program delme, patlatma ve maliyet hesabı olmak üzere başlıca üç bölümden oluşmaktadır. Delme bölümünde önce yükleyici ve basamak yüksekliği seçimi, delik çapı, dilim kalınlığı, deliklerarası mesafe, alt delme, delik boyu ve sıkılama boyu hesabı yapılır. Sonra da delici makina ve matkap seçimi

yapılır ve delici sayısı, delme ekibi sayısı ve yıllık delme ekipmanı (matkap, tij, shank ve coupling) sayısı hesaplanır. Patlatma bölümünde patlayıcı ve ateşleme sistemi seçimi yapılır, patlatma ekibi sayısı ve çeşitli araştırmacılara göre patlayıcı madde miktarı ve yemleme miktarı hesaplanır. Maliyet bölümünde ise programın delme ve patlatma bölümlerinde yapılan seçim ve hesaplara ve programın yazılımına yerleştirilen diğer bilgilere göre delme ve patlatma maliyetleri hesaplanır.



BÖLÜM 3

ÇALIŞMALARIN YAPILDIĞI ŞANTİYELER VE PERFORMANS ÖLÇÜMLERİ

3.1. Çalışmaların Yapıldığı Şantiyeler

16 farklı şantiye ve 27 değişik formasyonda çalışan yerüstünden darbeli hidrolik, delik dibinden darbeli ve döner (rotary) delici üzerinde performans ölçümleri yapılmıştır. Çalışmaların yapıldığı şantiyeler ve bazı bilgiler Tablo 3.1 'de topluca verilmiştir.

Tablo 3.1. Çalışmaların Yapıldığı Şantiyeler .

Şantiye Türü	Yer	Firma	Formasyon	Delici Türü	Tarih
Pozantı-Tarsus Ayrımı Otoyol İnşaatı	Pozantı	Doğuş İnş. ve Tic. A.Ş.	Kireçtaşı, Killi kireçtaşı	Yerüstünden Darbeli Hidrolik ve Döner	24.4.1993-15.7.1993
Tarsus Ayrımı-Adana-Gaziantep Otoyol İnşaatı	Bahçe Erikli	Tekfen İnşaat ve Tesisat A.Ş.	Dolomit, Kumtaşı-1, Kireçtaşı, Marn, Diyabaz, Kumtaşı-2, Altere Kumtaşı, Serpantin	Yerüstünden Darbeli Hidrolik	27.7.1993-9.9.1993
Taş Ocağı	Adana Misis	Adana Çimento	Kalker, Kireçtaşı	Delik Dibinden Darbeli	11.7.1993-13.7.1993
Maden Ocağı	Yahyalı	Özkoyuncu Madencilik	Hematit, Metakumtaşı	Yerüstünden Darbeli Hidrolik	26.6.1995
Maden Ocağı	Konya	Krom-Man-yezit İşlet.	Serpantin	Yerüstünden Darbeli Hidrolik	21.8.1995
Taş Ocağı	Darıca	Aslan Çimento	Dolomit, Kalker	-----	19.7.1996
Maden Ocağı	Soma	ELİ	Marn	Döner	23.3.1996-26.3.1996
Maden Ocağı	Seyitömer	SLİ	Marn	Döner	27.7.1996-28.7.1996
Maden Ocağı	Tunçbilek	GLİ	Marn (36 pano) Marn (Beke)	Döner	29.7.1996-30.7.1996
Maden Ocağı	Emet	Etibank	Metakumtaşı, Kireçtaşı	Döner	31.7.1996
Maden Ocağı	Orhaneli	BLİ	Tüf	Döner	1.8.1996
Taş Ocağı	Tarsus	Özdemirler Madencilik	Dolomit	Delik Dibinden Darbeli	16.8.1996
Taş Ocağı	Mersin	Ercan Madencilik	Kireçtaşı	Delik Dibinden Darbeli	21.8.1996
Taş Ocağı	Ceyhan	Baykal Kireç	Kireçtaşı, Çakıllı kireçtaşı	Delik Dibinden Darbeli	29.8.1996
Taş Ocağı	Yumurtalık	Demireioğlu Madencilik	Kireçtaşı	Delik Dibinden Darbeli	5.9.1996

3.2. Yerinde Yapılan Performans Ölçümleri

Yerüstünden darbeli hidrolik deliciler, delik dibinden darbeli deliciler ve döner deliciler üzerinde farklı şantiyelerde yapılan ölçümler sırayla Ek-A, Ek-B ve Ek-C'de görüldüğü gibi performans formlarına işlenmiştir. Bu formlarda delici makina tipi, matkap çapı ve türü, delik uzunluğu ve eğimi, baskı basıncı, dönme basıncı, darbe basıncı, hava basıncı gibi bilgilerle delik no, tij no, net delme hızı, ortalama net delme hızı ve deliği tamamlama süresi bulunmaktadır.

3.2.1. Yerüstünden Darbeli Hidrolik Delicilerin Performans Ölçümleri

Tablo 3.1 'de görüldüğü gibi yerüstünden darbeli hidrolik deliciler üzerinde 4 farklı şantiyede 14 değişik formasyonda performans ölçümü yapılmıştır. Ölçüm yapılan deliciler Böhler, Atlas Copco, Tamrock ve Frukawa marka olup, bunlardan iki tanesi Şekil 3.1 ve 3.2 'de görülmektedir. Delinen formasyonlara örnek olarak da Şekil 3.3 ve 3.4 de görülen formasyonlar verilmiştir.

3.2.2. Delik Dibinden Darbeli Deliciler

Delik dibinden darbeli deliciler üzerinde 5 farklı şantiyede 7 değişik formasyonda performans ölçümü yapılmıştır (Tablo 3.1). Ölçüm yapılan deliciler Gemsa markadır (Şekil 3.5). Delik dibinden darbeli delicilerin kullanıldığı formasyona örnek olarak Şekil 3.6 ' da görülen formasyon verilmiştir.

3.2.3. Döner Delicilerin Performans Ölçümleri

Döner deliciler üzerinde 6 farklı şantiyede 8 değişik formasyonda performans ölçümü yapılmıştır (Tablo 3.1). Ölçüm yapılan deliciler Ingersol-Rand ve Reedrill marka olup Şekil 3.7 ve 3.8 'de görülmektedir. Delinen formasyonlara örnek olarak da Şekil 3.9 ve 3.10 ' da görülen formasyonlar verilmiştir.



Şekil 3.1. Doğuş İnş.ve Tic. A.Ş.'nin Pozantı Şantiyesinde Kullanılan Yerüstünden Darbeli Böhler Marka Bir Delici.



Şeki 3.2. Özkoyuncu Madencilik'in Yahyalı Şantiyesinde Kullanılan Yerüstünden Darbeli Tamrock Marka Bir Delici.



Şekil 3.3. Doğu İnş.ve Tic. AŞ'nin Pozantı Şantiyesinde Kireçtaşı Formasyonunun Görünüşü.



Şekil 3.4. Özkoyuncu Madencilik'in Yahyalı Şantiyesinde Hematit Cevherinin Görünüşü.



Şekil 3.5. Adana Çimento'nun Adana Şantiyesinde Kullanılan Delik Dibinden Darbeli Gemsa Marka Bir Delici.



Şekil 3.7. GLİ/36 Pano'da Kullanılan Döner(Rotary) Ingersoll-Rand Marka Bir Delici.



Şekil 3.8. BLİ Orhaneli Şantiyesinde Kullanılan Döner(Rotary) Reedrill Marka Bir Delici.



Şekil 3.9. Seyitömer Linyitleri İşletmesinde Marn Formasyonunun Görünüşü.



Şekil 3.10. ELİ Işıklar Panosunda Marn Formasyonunun Görünüşü.

BÖLÜM 4

DELİCİ MAKİNALAR VE KAYAÇLARIN DELİNEBİLİRLİĞİ

4.1. Giriş

Günümüzde, piyasada bir çok firmanın çok farklı türde delici makinaları mevcuttur. Bu makinaların fiyatlarının oldukça pahalı olması ve yapılacak işten iyi performans elde edilmesi bakımından çok iyi seçim yapılmalıdır.

Bu bölümde önce delici makinalar tanıtılmış ve delici seçim kriterleri sunulmuştur. Sonra da delme mekaniği ve delinebilirlik konusu işlenmiştir.

4.2. Döner (Rotary) Deliciler

Çoğunlukla açık ocak madenciliğinde kullanılan döner deliciler paletli ve lastik tekerlekli olmak üzere iki gruba ayrılabilir. Güç ünitesi normalde dizel olup, paletli büyük delicilerde elektrikli olmaktadır. Tablo 4.1' de bu makinaların bazı özellikleri verilmiştir.

Tablo 4.1. Döner Delicilerde Bazı Genel Özellikler (Martin ve diğ.,1982).

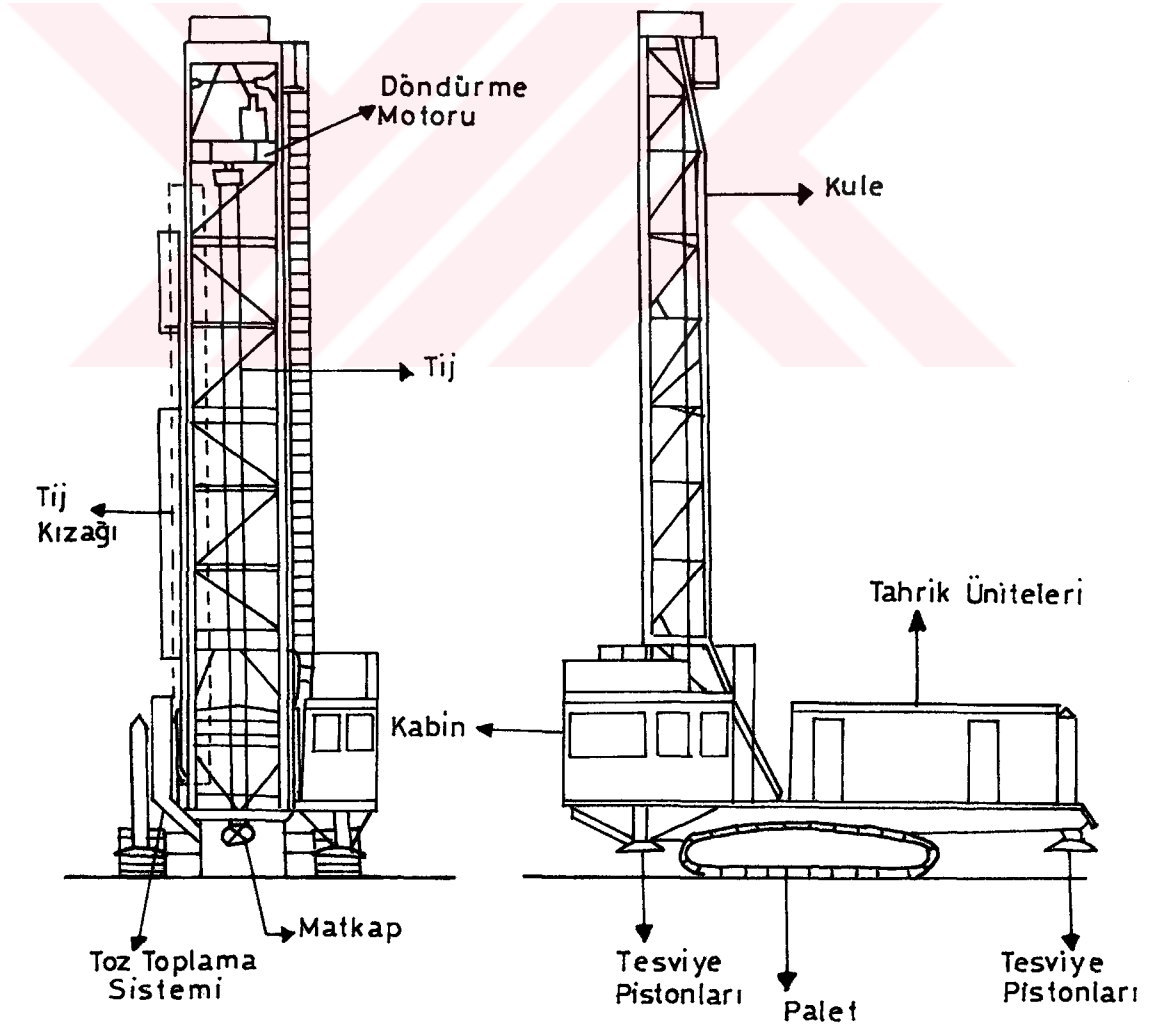
	Paletli	Lastik Tekerlekli
Delik Çapı (mm)	76-559	152-317
Ağırlık (Ton)	15-136.5	13.6-54.6
Ana Tahrik	Dizel/Elektrik	Gaz/Dizel
Yardımcı Tahrik	Elektrik/Hidrolik/Mekanik	Elektrik/Hidrolik/Mekanik

Döner delicilerin çapları 76 mm ile 559 mm arasında değişmesine karşılık, genellikle 250-340 mm çaplı delikler kullanılmaktadır. Geniş çaplı deliklerin kullanılma sebebi, delme patlatma maliyetinin düşmesinden kaynaklanmaktadır (Martin ve diğ., 1982).

Delik uzunluğu ise 50 m' ye kadar olabilmektedir. Daha fazla olmaması, yükleyici makinaların yükleme mesafesinin sınırlı olmasındandır. Döner delicilerin fiyatları ise 400000 ile 2200000\$ arasında değişmektedir (Ingersoll-Rand Broşürü).

4.2.1. Döner Delicilerin Ana Üniteleri

Şekil 4.1' de bir döner delicinin ana üniteleri görülmektedir.



Şekil 4.1. Tipik Bir Döner Delici (Martin ve diğ., 1982).

4.2.1.1. Taşıyıcı Ünite

Daha önce de bahsedildiği gibi taşıyıcı ünite lastik tekerlekli veya paletli olmaktadır. Seçim, kullanım amacına göre ve delicinin boyuna göre yapılmaktadır. Küçük döner delicilerin genellikle kamyon üzerine monte edilmeleri istenir. Burada hareket esnekliği yanında kamyon motorundan deliciyi tahrik etmede faydanılması gibi bir avantaj da vardır. Fakat, büyük deliciler, stabilite ve şoka karşı dayanım açısından paletli taşıyıcılar üzerine monte edilirler. Ayrıca, hareket esneklikleri sınırlı olmasına karşılık, lastik tekerlekli kullanılmadığı bozuk arazide çok kullanışlıdır (Bilgin, 1991).

4.2.1.2. Ana Tahrik Üniteleri

Delicinin ana tahrik üniteleri onun yürüme hareketini, döndürme hareketini, baskı kuvvetini sağlarlar ve vinç sistemleri ile kompresörü çalıştırırlar. Bir çok durumda bir tahrik ünitesi birden fazla iş için kullanılmaktadır (Bilgin, 1991).

Ana tahrik üniteleri dizel veya elektrikli olmaktadır. Dizel tahrikli üniteler en yaygın türlerdir. Elektrik enerjisi en verimli enerji türü olmasına karşılık kullanım alanı sınırlıdır. Esnekliği engellemesi yanında, çoğu durumlarda temini de zordur. Elektrik enerjisi genellikle büyük delici makinalarda (230 mm delik çapından daha büyük kapasiteli) tercih edilmektedir. Bu tür deliciler genellikle, birden fazla deliciye gerek duyulan ve sık sık uzun mesafeli hareketlerin gerekmediği büyük açık ocaklarda kullanılır.

Güç iletimi genellikle hidrolik, bazan da mekanik olmaktadır. Hidrolik enerji, yürüme, tesviye pistonları, vinç motorları döndürme ve baskı için kullanılır. Gerekli güç, delicinin boyutuna göre değişmektedir. Tablo 4.2' de farklı fonksiyonlar için gerekli güç miktarları görülmektedir (Naapuri, 1990).

Tablo 4.2. Döner Delicilerde Gerekli Güç Miktarları (Naapuri, 1990).

Fonksiyon	Gerekli Güç (kW)
Döndürme motorları	45-100
Vinç ve yürüme motoru	25-55
Baskı motoru	10-15
Kompresör motoru	200-300
Diğer	30-40
Toplam	310-510

4.2.1.3. Kule

Delici ünitelerinden kule, kritik öneme sahiptir. Yüksek baskıya ve torka (döndürme motoru tepede ise) maruz kalır. Delme esnasındaki titreşim ve şoklar kuleye gelir. Yedek tij ekipmanı ve tij değiştirme elemanları kule üzerindedir. Ayrıca, üzerindeki gidajlarla tije kılavuzluk eder (Martin ve diğ., 1982)

Kule boyu genellikle 20 m' den kısadır. Kulenin yatay ve dikey duruma geçmesi hidrolik silindriyle sağlanmaktadır.

Genellikle kuleler 30° ye kadar meyilli delik delebilecek özelliktedir. Fakat baskı kuvvetinin bir kısmı geriye yöneldiği için döner delicilerle meyilli delik delme işlemi sınırlıdır. Baskı kuvvetinin geriye yönelmesi stabiliteyi azaltır, delme hızını düşürür, matkap ve tij ömrünü kısaltır (Naapuri, 1990).

4.2.1.4. Toz Toplama Ünitesi

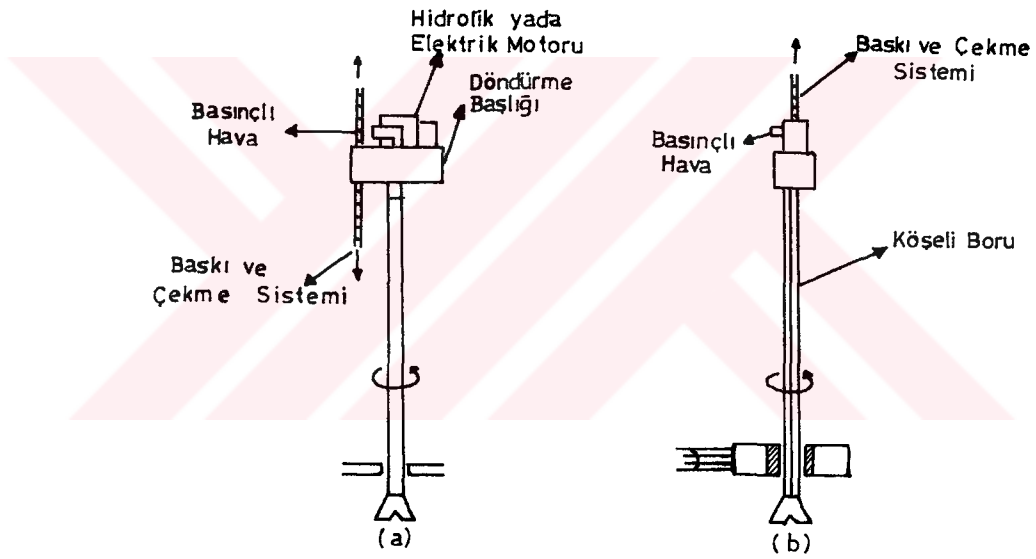
Delme esnasında çıkan tozlar yağ sistem veya kuru sistem ile bastırılır. Yağ sistemde delik dibine gönderilen havaya az miktarda su (1.9-7.6 lt/dk) enjekte edilir. Ayrıca su ile birlikte köpük de enjekte eden sistemler vardır. Köpüklü sistemde ıslak toz ve kırıntıların delik çeperine yapışması da önlenmektedir.

Kuru sistemde ise makinalar üzerinde toz toplayıcılar vardır. Toz toplayıcılar iri toplayıcı ve ince filtre sisteminden oluşmaktadır. İri toplayıcı siklon veya toz perdesi olabilmektedir (Naapuri, 1990; Martin ve diğ., 1982).

4.2.1.5. Döndürme Ünitesi

Bu sistemde enerji kaynağı genellikle elektrik, hidrolik ya da pnömatik olmaktadır. Bu enerji türleri direkt ya da dişli sistemi ile mekanik enerjiye çevrilir .

Döndürme işlemi ya kulenin tepesinden yapılır (tepeden tahrikli), yada köşeli boru (kelly) - döner masa yardımıyla sağlanır. En çok uygulanan, tepeden tahrikli sistemdir. Köşeli boru - döner masa sistemi çoğunlukla sondaj makinalarında kullanılmaktadır (Naapuri, 1990; Martin ve diğ., 1982). Şekil 4.2' de döndürme sistemleri görülmektedir.

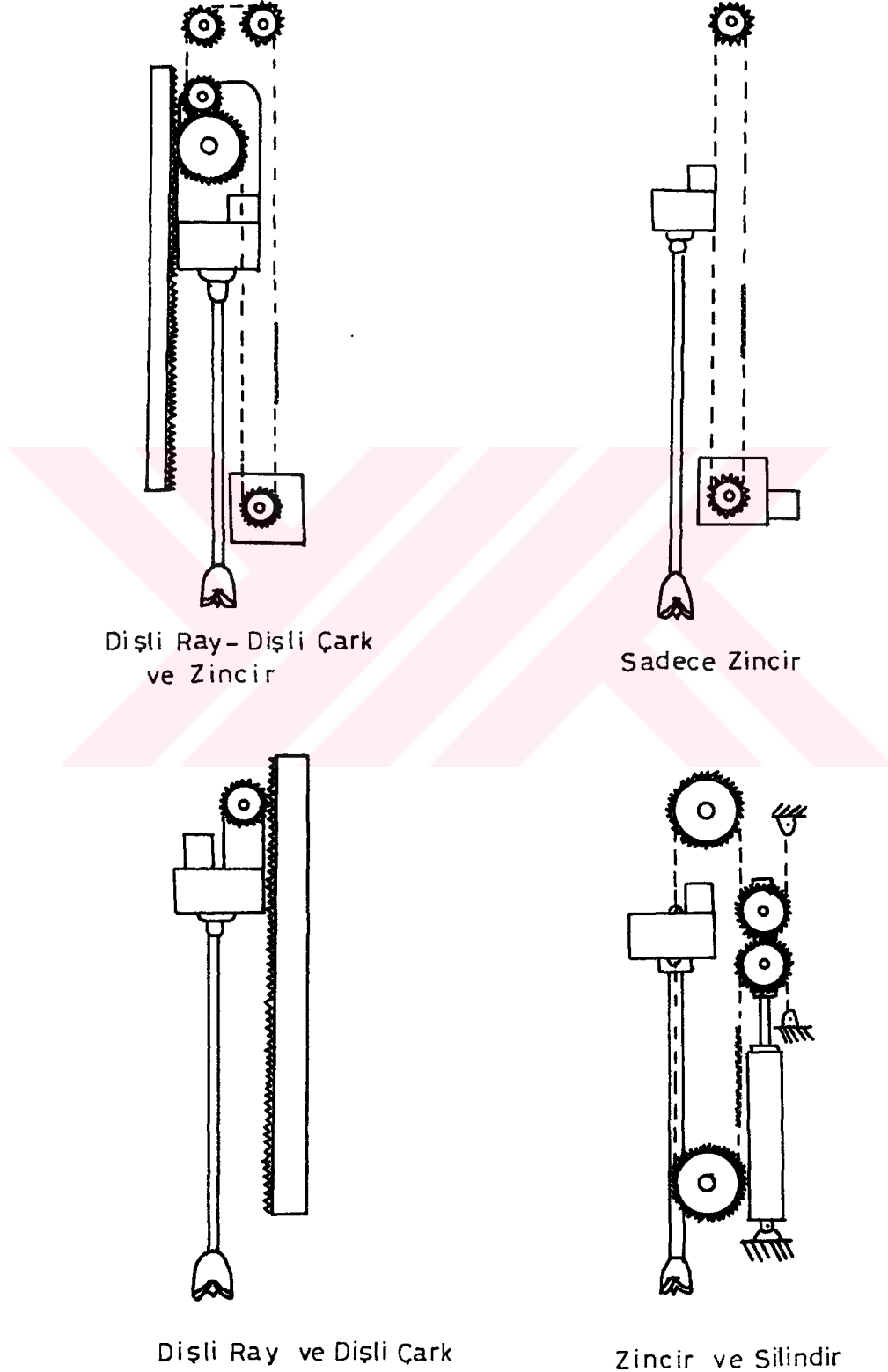


Şekil 4.2. Döner Delicilerde Döndürme Sistemi: a-tepeden tahrikli b-kelly-döner masa sistemi (Naapuri, 1990).

4.2.1.6 . Baskı Üniteleri

Delme işlemini gerçekleştirmek için matkaba kayacın basınç dayanımını yenecek kadar baskı uygulanmalıdır. Baskı kapasitesi makinanın ağırlığı ile doğru orantılıdır. Maksimum baskı yaklaşık olarak makina ağırlığının yarısı kadardır.

Baskı sistemleri farklı şekillerde olabilmektedir. Bunlar, dişli ray ve dişli çark, sadece zincir, zincir ve silindir, dişli ray - dişli çark ve zincir olarak sayılabilir (Naapuri, 1990; Martin ve diğ., 1982). Bu sistemler Şekil 4.3' de görülmektedir.



Şekil 4.3. Döner Delicilerde Baskı Sistemleri (Martin ve diğ., 1982).

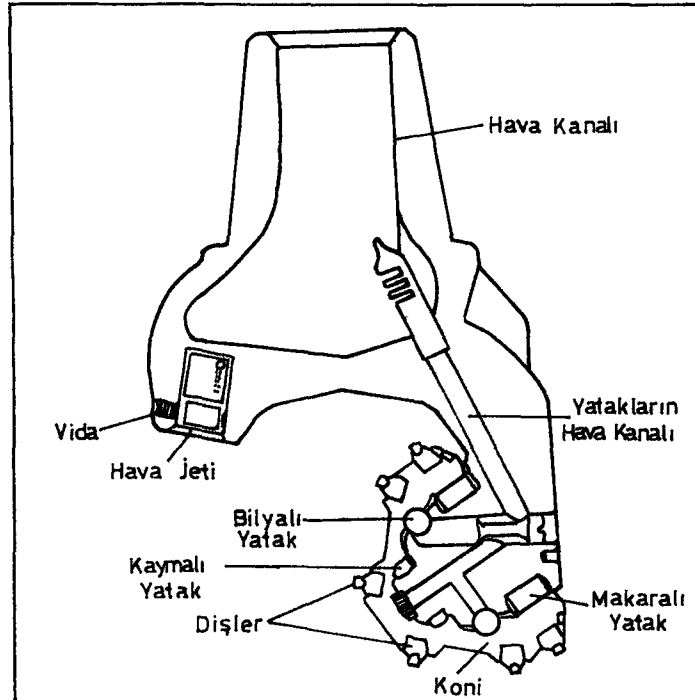
4.2.1.7. Delik Kırıntılarını Temizleme Sistemi

Delik kırıntıları, kompresörler tarafından üretilen sıkıştırılmış hava ile temizlenir. Pistonlu, döner kanatlı ve döner spiralli olmak üzere üç tür kompresör kullanılmaktadır. 100-300 HP arasında güce sahiptirler ve kapasiteleri 7.1 ile 70.1 m³/dk arasında değişmektedir.

Genellikle 20-35 m/s hava hızı tavsiye edilir. Ağır malzemeler için ise 35-45 m/s hava hızı gerekmektedir. Tavsiye edilen değerlerin altında çalışıldığı zaman kırıntılar yeniden öğütülür ki, bu da matkap ömrünü azaltır. Yüksek hava hızları ise matkap ve tijlerde aşınmaya yol açar (Bilgin, 1991; Naapuri, 1990; Martin ve diğ., 1982).

4.2.1.8. Matkaplar





Döner delicilerde kesici ve konili olmak üzere başlıca iki tür matkap kullanılır. Çok yumuşak formasyonlar için uygun olan kesici matkaplar fazla yaygın değildir. Döner delici kullanılan büyük maden işletmelerinin çoğunda konili matkap (3-konili) kullanılmaktadır. Konili matkaplar gövde, koniler ve koni yatakları olmak üzere üç ana birimden oluşur (Şekil 4.4).



Şekil 4.4. Konili Matkap Yapısı (Martin ve diğ., 1982).

Gövde, uçlarında koni milleri bulunan üç bacadan oluşur. Ni-Cr-Mo alaşımlı çelikten imal edilen bu bacaklar birbirlerine kaynaklanarak gövdeyi meydana getirirler (Moore, 1986).

Ni-Mo alaşımlı çelikten yapılan koniler bir mile geçirilmiş olup, matkap dönerken kendi eksenleri etrafında dönerler. Koniler üzerinde bulunan dişler ya sert çelikten ya da tungsten karbitten (TC) imal edilirler. Değişik formasyonlar için farklı diş şekilleri mevcuttur (Şekil 4.5).

Çelik Diş I	Uzun Konik TC Diş II	Kısa Yuvarlak TC Diş III	Küresel TC Diş IV
			
0 - 1400	1400 - 2100	2100 - 2860	> 2860
Kayaç Basınç Dayanımı (kg / cm ²)			

Şekil 4.5. Farklı Formasyonlara Göre Diş Çeşitleri (Praillet, 1990).

Koninin mil üzerine bağlanmasını, dönmesini ve yük taşımalarını sağlayan yataklar kaymalı, bilyalı ve makaralı olmak üzere üç çeşittir. Yatakların aşınmalarını önlemek için soğutma amacıyla yataklara giden hava kanalları mevcuttur (Göktekin, 1983; Moore, 1986).

4.3. Yerüstünden Darbeli Deliciler (Top Hammer Drills)

Yerüstünden darbeli deliciler hidrolik ya da pnömatik olmaktadır. Son yıllarda çeşitli avantajlardan dolayı hidrolik'e doğru bir yönelim vardır. Pnömatik deliciler, ya mevcut hava şebekesi ya da taşınabilir kompresörlerle tahrik edilirler. Hidrolik deliciler ise kendi üzerlerinde, dizel motorlarla tahrik edilen hidrolik pompalara sahiptirler. Ayrıca, basınçlı hava kompresörü de mevcuttur.

Taş ocaklarında ve açık ocaklarda arazi düzgün olmadığı için, yerüstünden darbeli delicilerin çoğu paletli olarak imal edilmektedir. Taşıyıcı ağırlıkları 8-15 ton arasında

değişmektedir. Yerüstünden darbeli deliciler yumuşaktan sert formasyona kadar kullanılmaktadır. Delik çapları ise 22 mm' den 254 mm' ye kadar değişmektedir. Delik çapının 5-10 cm arasında değiştiği durumlarda 15 m' den kısa delikler delinir. 10-15 cm delik çapında ise 30 m' ye kadar delik delinmektedir (Naapuri, 1990; Bilgin, 1991).

4.3.1. Yerüstünden Darbeli Delme Prensibi

Yöntemde tabancada elde edilen darbe enerjisinin tijler vasıtasıyla matkaba ve matkaptan da kayaca iletilmesi ile kayaç parçalama işlemi meydana gelmektedir. Bu tür delmede delme hızını etkileyen 4 parametre vardır (Naapuri 1990):

- Darbe
- Baskı
- Dönme
- Kırıntıların temizlenmesi

4.3.1.1. Darbe

Darbe tabanca ile sağlanmaktadır. Darbe frekansı pnömatik deliciler için 1600-3400 darbe/dk, hidrolik deliciler için 2000-4000 darbe/dk'dır. Matkap darbe frekansından fazla döndürülmemelidir. Aksi halde delme işi sadece dönme ile olur. Diğer yönden, matkap darbeler arasında yeteri kadar döndürülmezse kırıntılar yeniden öğütülür. Optimum frekans, bu iki limit arasında olmalıdır.

Darbe enerjisi matkap çapı ve tij çapıyla uyumlu olmalıdır. Optimum darbe enerjisinde penetrasyon yüksek ve dönme düzenlidir.

4.3.1.2. Baskı

Kayaca darbe enerjisini maksimum olarak iletmek açısından matkap delik dibi ile devamlı kontakt halinde olmalıdır. Gerekli baskı kuvveti, darbe gücüne, kayaç özelliklerine, delik derinliğine ve tije bağlı olarak değişmektedir.

Çok düşük baskı tij dişlerinin aşınmasına ve tijlerin çabuk yorulmasına yol açar. Ayrıca, darbe enerjisi kayaca tam iletilmediği için delme hızı düşmektedir. Çok yüksek baskı dönme hızının düşmesine ve düzensizliğine yol açar. Ayrıca, tijlerde sıkışma ve aşınmalar artar ve delik sapmaları olur.

4.3.1.3. Dönme

Dönme hızı, matkap çapı, matkap türü, delik uzunluğu, kayaç özellikleri ve baskı kuvvetinin bir fonksiyonudur. Çok düşük dönme, sıkışmadan ve kırıntıların tekrar öğütülmesinden kaynaklanan düşük delme hızına ve manşon dişlerinin aşınmasına sebep olur. Çok yüksek dönme tijlerde aşınmalara ve manşonlarda sıkışmalara yol açar. Baskı ile dönme daima uyum halinde olmalıdır.

Dönme hızı normalde 80-250 dv/dk' dır. 51 mm' den küçük matkaplar için 200-300 dv/dk, 64 mm' den büyükler için 50-200 dv/dk' dır.

4.3.1.4. Kırıntıların Temizlenmesi

Eğer kırıntılar anında temizlenmezse yeniden öğütülür. Sonuç olarak, delme hızı düşer ve matkap çabuk aşınır.

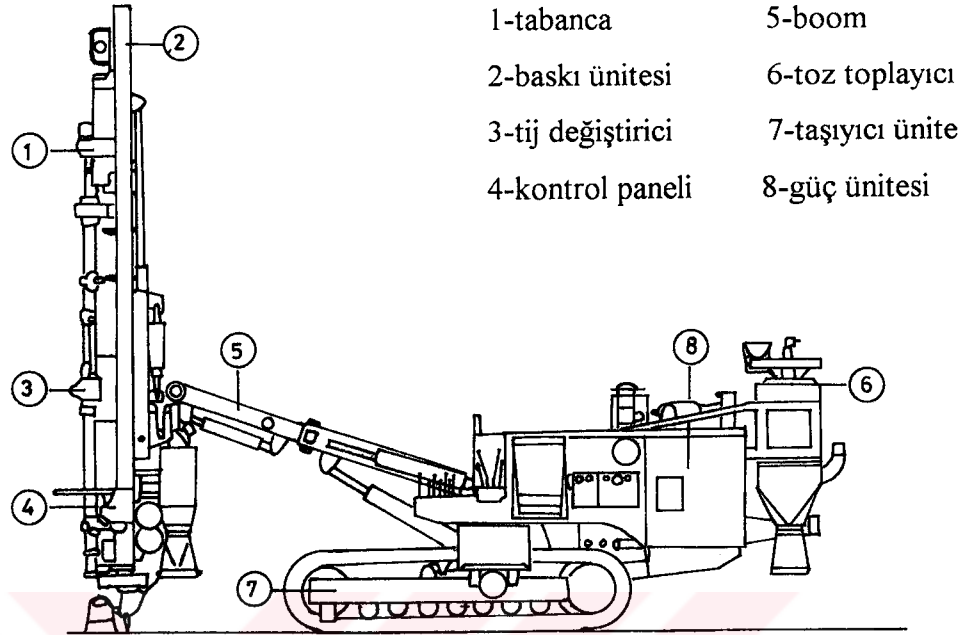
Tecrübelerle göre, kırıntıların verimli olarak temizlenebilmesi için dönüş havası hızı 15 m/sn' den fazla olmalıdır. Delme hızı ve delik çapı arttıkça hava hızı da arttırılmalıdır.

4.3.2. Yerüstünden Darbeli Hidrolik Deliciler

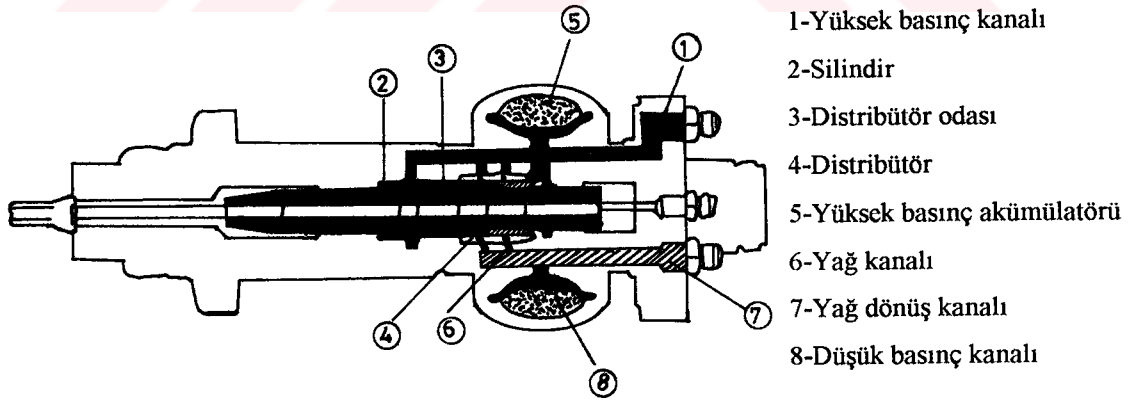
Şekil 4.6' da yerüstünden darbeli bir hidrolik delici şematik olarak görülmektedir .

4.3.2.1. Tabanca

Bir hidrolik tabanca Şekil 4.7'de şematik olarak görülmektedir. Tabancalar zincirli baskı ünitesi üzerine monte edilmektedir.



Şekil 4.6. Yerüstünden Darbeli Hidrolik Delicinin Ana Elemanları (Naapuri, 1990).



Şekil 4.7. Bir Hidrolik Tabancanın Şematik Görünüşü (Naapuri, 1990).

Tabanca gücü delik çapı arttıkça artmaktadır. Tablo 4.3' de görüldüğü gibi 6 kW' dan 70 kW' a kadar geniş bir aralıkta değişmektedir.

Tablo 4.3. Mevcut Hidrolik Delicilerin Bazı Özellikleri (Naapuri, 1990).

Delik Çapı (mm)	Tij Çapı (mm)	Tabanca Gücü (kW)	Ana Motor Gücü (kW)	Makina Ağırlığı (Ton)	Delme Kapasitesi (Mm ³ /yıl)
27-45	19-25	6-8	20	2	0.2
35-76	25-32	8-12	80	8	0.4
51-89	32-38	12-15	110	10	0.5
64-102	38-45	15-18	125	11	0.6
89-152	45-100	18-22	180	14	1.0
140-178	127	35	250	32	2.0
178-251	152-165	70	450	65	3.0

4.3.2.2. Tij Değiştirici

Bir tij boyundan fazla delik delmede tij değiştirici gerekmektedir. Tij değiştiriciler 30 m derinliğe kadar delik delebilecek şekilde yedek tij bulundurulabilmektedir.

4.3.2.3. Boom

Boomlar çeşit olarak sabit, teleskopik ya da mafsallı olmaktadır. Tecrübelerle göre teleskopik boom en iyi performans sağlamaktadır. Çünkü;

- makina konumunu değiştirmeden birden fazla delik delinebilir,
- delik yerini belirlemek ve doğrultuyu düzenlemek kolaydır,
- dizayn, tij değiştiriciyi taşımak için yeteri kadar güçlüdür.

Mafsallı boomlar, ise zemini değişken arazide kullanılacak hafif hidrolik delicilerde bulunur.

4.3.2.4. Paletli Taşıyıcı

Delicinin ağırlığı ve uygulama alanı paletli taşıyıcı boyutunu belirlemektedir. Taşıyıcıdaki bozukluğun üretimi birkaç gün veya hafta durduracağı ve tamirin pahalı olduğu gözönünde bulundurulduğunda taşıyıcı seçiminin önemi ortaya çıkmaktadır.

4.3.2.5. Güç Ünitesi

Güç ünitesi, kompresörü ve hidrolik pompaları çalıştıran bir dizel motordan meydana gelir. Güç ünitesinin boyutu delik çapına bağlıdır. Delik çapı arttıkça kırıntıları temizlemek için gerekli hava miktarı da artacaktır. Bu da büyük kapasiteli kompresör gerektirmektedir. Daha önce verilen Tablo 4.3' de görüldüğü gibi güç 20 kW' dan 450 kW' a kadar değişmektedir.

4.3.2.6. Kontrol Sistemi

Kontrol sistemi çoğunlukla hidroliktir. Modern kontrol sistemi, anti-sıkışma otomatiği ve hava kontrol otomatiğinden meydana gelir. Sistemin amacı farklı kayaç şartlarında delme hızını maksimuma çıkarmak ve tij sıkışmasını minimuma indirmektir.

4.3.2.7. Toz Toplayıcılar

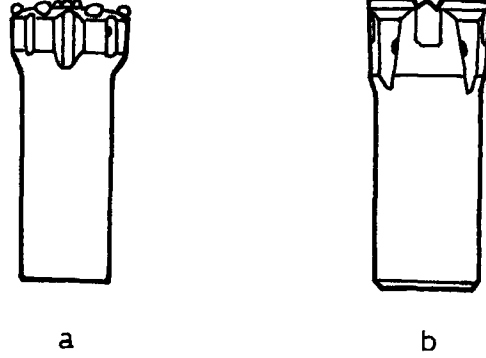
Sistem, toz toplayıcı fanının meydana getirdiği vakum ile delik ağzından tozların emilmesi prensibine dayanır. Verimli toz toplama için, toz emme hızı kırıntıları dışarıya atan havanın hızının üç katı olmalıdır. İri taneler birincil siklonda ayrıldıktan sonra ince malzeme ana kollektörde toplanmaktadır. Toplanan tozlar tij değiştirme ve manevra sırasında otomatik olarak dışarıya atılmaktadır.

4.3.2.8. Matkaplar

Yerüstünden darbeli delicilerde kullanılan matkaplar kabaralı (button bit) ve keski şekilli olmak üzere başlıca iki gruba ayrılabilir. Orta sert ve sert formasyonlar için uygun olan kabaralı matkaplarda tungsten karbid kabaralar matkabın yüzeyine farklı dizaynlarla gömülürler (Şekil 4.8-a). Bu matkapların çapları 51 mm' den 251 mm' ye kadar değişmektedir.

Keski şeklindeki matkaplar çapraz uçlu (+ şeklinde) ve X-uçlu olabilmektedir. Şekil 4.8-b' de çapraz uçlu bir matkap görülmektedir. Çapraz uçlu matkap çapları 35-57 mm

arasında, X-uçlu matkap çapları ise 64-127 mm arasında değişmektedir. Yumuşak formasyonlara uygun bu matkaplar aşındıkça bilenip tekrar tekrar kullanılabilir.



Şekil 4.8. Kabaralı (a) ve Keski Şekilli (b) Matkaplar (Naapuri, 1990).

4.3.3. Yerüstünden Darbeli Pnömatik Deliciler

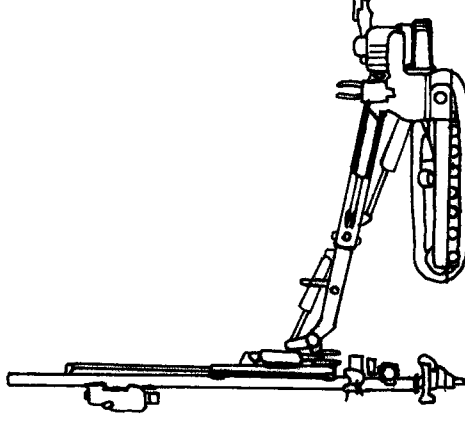
Pnömatik deliciler genellikle, hafif ya da orta ağırlıkta paletli taşıyıcılar üzerine monte edilirler ve sabit, teleskopik ya da mafsallı boumlu olurlar. Şekil 4.9' da orta-ağır bir pnömatik delici görülmektedir.

Pnömatik deliciler üretimin büyük olmadığı küçük taş ocakları ve inşaat işleri için uygundur. Büyük çaplı deliklerin delinmesi, tijlerin elle değiştirilmesi gerektiğinden sınırlıdır. Pnömatik sistemlerde, mekanizasyon ve otomasyon hidrolik sistemlerde olduğu gibi kolay değildir. Hafif pnömatik deliciler kademe yüksekliği 3-10 m arasında değişen yol inşaatı, temel inşaatı, çukur açma gibi işlerde kullanılır. Daha ağır olanlar ise, taş ocaklarında 20 m basamak yüksekliğine kadar 51-89 mm çap delik delme için kullanılırlar.

Tabanca, baskı sistemi, yürüme motorları ve toz toplayıcı basınçlı hava ile çalışmaktadır. Boom ve yön değiştirme sistemi ise küçük bir hidrolik güç ünitesi ile çalışmaktadır.

Pnömatik delicinin hava tüketimi tabanca boyutuna ve delik çapına göre değişmektedir. Hafif pnömatik deliciler için 15-20 m³/dk (7 bar)'lık kompresör

yeterlidir. Ağır olanlarda ise hava ihtiyacı $25 \text{ m}^3/\text{dk}'$ ya kadar çıkar. Hidrolik delicilere kıyasla aynı delik çapı için enerji maliyeti 3 kat fazladır (Naapuri, 1990).



Şekil 4.9. Orta-Ağırlıkta Bir Pnömatik Delici (Naapuri, 1990).

4.3.4. Hidrolik ve Pnömatik Delicilerin Karşılaştırması

Operatörler pnömatik delicilere alışmış durumdadırlar. Bu deliciler, basit olup çalıştırması kolaydır. Ayrıca hidrolik delicilere göre daha ucuzdurlar. Fakat, yakıt tüketimleri fazla, delme hızları düşüktür.

Hidrolik delicilerin avantajları şöyle sıralamak mümkündür:

- Tabancadan tije enerji transferi daha iyi olduğu için delme hızı 2-3 fazladır
- Tijde enerji dağılımı düzgün olduğu için tij ömrü % 20 daha fazladır
- Otomasyon ve mekanizasyon daha gelişmiştir
- Daha esnektir
- Metre başına enerji maliyeti pnömatiğin $1/3'$ ü kadardır
- Yakıt tüketimi yarı yarıya azdır
- Operatör için çalışma ortamı daha iyidir

Tecrübeler göstermiştir ki, yukardaki avantajlardan dolayı 2 ya da 3 pnömatik delicinin yaptığı işi bir hidrolik delici yapmaktadır. Üstelik metre başına delik maliyeti de % 20-30 düşmektedir (Naapuri, 1990; Bilgin, 1991; Pearse, 1985).

4.4. Delik Dibinden Darbeli Deliciler (DTH drills)

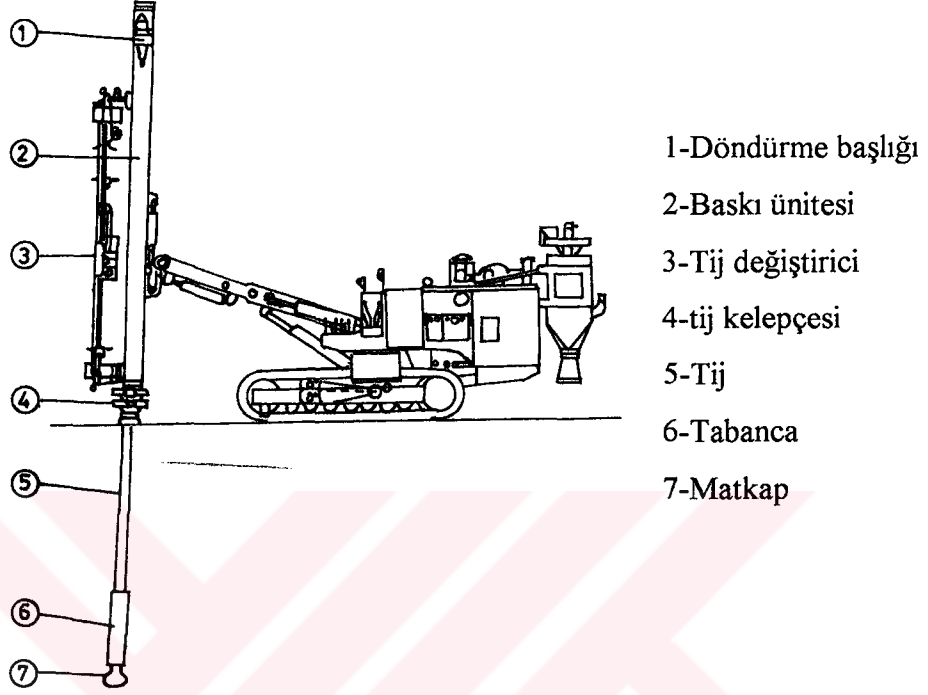
DTH delicilerde matkabın döndürülmesi yerüstünden, matkaba uygulanan darbe ise delik dibinde bulunan tabanca ile sağlanmaktadır. Tijlerde darbe enerjisi transfer kaybı olmadığından yerüstünden darbeli delicilere göre daha hızlı delik delinebilir. Aynı zamanda derin delik delmede delme hızı daha yüksektir.

Bu tür delicilerle 65-206 mm çapında delikler delinebilir. Fakat kademe deliklerinde çoğunlukla 89-165 mm çaplı delikler delinir. Basamak yükseklikleri genellikle 15-30 m olup 50 m 'ye çıkabilir. Hava basıncını arttıran booster kullanılarak 1000 m'ye kadar delik delinebilir. 4.59 ton matkap yükleri optimum neticeler vermektedir. Dönme hızı 80 dv/dk 'a kadar çıkabilir. Tork ise 2000-6000 Nm arasında değişmektedir. Darbe hızı 1000 darbe/dk' dan 2100 darbe/dk' ya kadar çıkabilmektedir. Enerji ihtiyacı 60 kW ile 400 kW arasında olmaktadır.

Taş ocaklarında ve açık ocaklarda kullanılan DTH deliciler düşük hava basınçlı (10-14 bar) ve yüksek hava basınçlı (18-22 bar) olmak üzere iki gruba ayrılır. Aynı çaplı matkap kullanıldığı zaman düşük hava basınçlı DTH delici, hidrolik delicinin delme hızının yaklaşık 1/3 ü kadar hızda delik delebilmektedir. Yüksek hava basınçlıda bu değer 2/3'e çıkabilir.

DTH deliciler lastik tekerlekli (wagon drill) ya da paletli (track drill) olmaktadır. Son yıllarda hava kompresörleri de üzerlerinde olan paletli türler yaygınlaşmaktadır. Günümüzde bütün DTH deliciler, döner delmenin mümkün olmadığı durumlarda kullanılmak üzere döner delicilere uyumlu olarak yapılmaktadır (Anon, 1986; Naapuri, 1990; Bilgin, 1990).

DTH deliciler delik uzunluğuna bakmaksızın sabit delme hızı verirler. Diğer bir avantaj, uzun derinliklerde bile delikler düzgün elde edilmektedir. Şekil 4.10'da bir DTH delici ve elemanları görülmektedir.

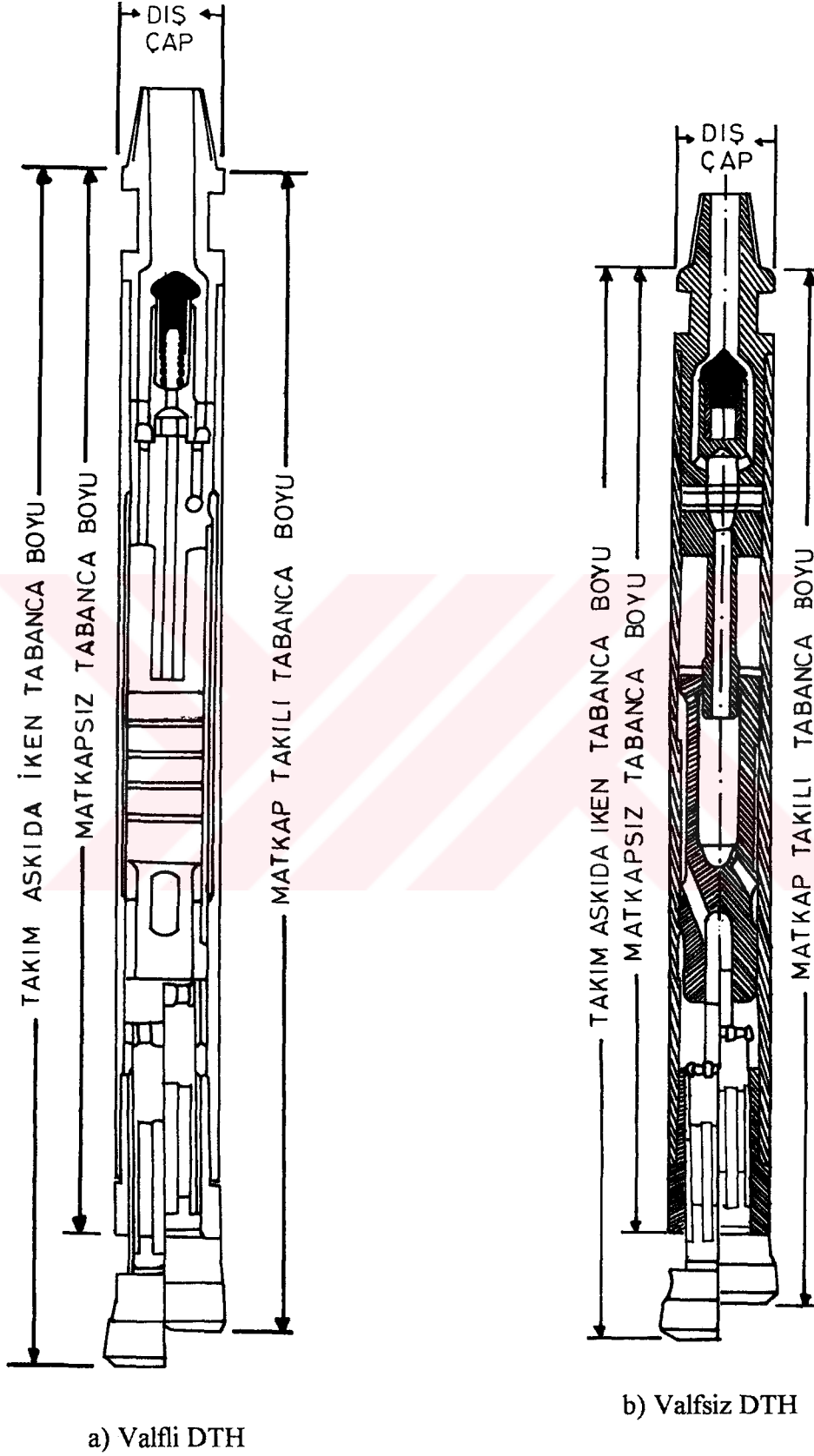


Şekil 4.10. Tipik Bir DTH Delici (Naapuri, 1990)

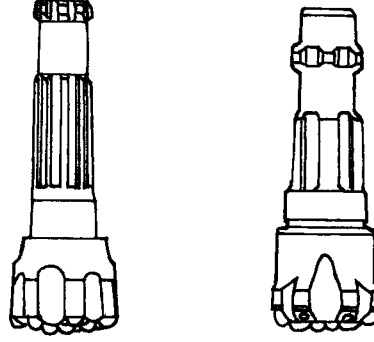
Delik dibi tabancaları basınçlı hava ile çalışmaktadır. Tabancadan dışarı atılan hava aynı zamanda delik temizliğine yardımcı olur. Tabancalar valfli ve valfsiz olmak üzere iki tür olmaktadır. Valfsizde hava akışı distribütör ile kontrol edildiği için yapı daha basittir. Valflide ise içteki boşluk daha büyük olduğundan piston alanı daha geniştir, dolayısıyla daha büyük darbe sağlanır (Naapuri, 1990). Şekil 4.11' de valfli ve valfsiz delik dibi tabancası görülmektedir.

4.4.1. DTH Delici Matkapları

DTH delici matkapları da yerüstünden darbeleri delicilerde olduğu gibi kabaralı, çarpaz uçlu X-uçlu olabilmektedir. Yalnız, tije değil de tabancaya bağlandıkları için bağlantı kısımları farklıdır. En yaygın olarak Şekil 4.12'de görüldüğü gibi kabaralı düz uçlu olan tipleri kullanılmaktadır.



Şekil 4.11. Valfli(a) ve Valfsiz(b) Delik Dibi Tabancası (Gemsa Firması Broşürleri).



Şekil 4.12. DTH Delici Matkapları (Naapuri, 1990).

4.4.2. DTH Delicilerin Yerüstünden Darbeli Hidrolik Delicilerle Karşılaştırılması

Yüksek hava basınçlı DTH delicilerle yerüstünden darbeli hidrolik delicinin hızının ancak 2/3'üne ulaşabilmektedir. Bunun yanında enerji ihtiyacı da artmaktadır. DTH delicilerin hidrolik delicilere göre düşük performans düşük performans göstermesi hidrolik enerjinin basınçlı havaya göre daha üstün olmasından kaynaklanmaktadır. Hidrolik enerji üretmek, basınçlı hava üretmekten çok daha fazla verimlidir. Dolayısıyla makina boyutu ve yakıt tüketimi azalmaktadır. Metre başına enerji maliyeti hidrolik delicide düşük hava basınçlı DTH delicinin 1/3'ü kadardır. Yüksek basınçlı DTH delicilerde yakıt tüketimi hidrolik delicilere göre % 100 daha fazladır. Yatırım, bakım, işçilik ve tij maliyeti açısından karşılaştırma yapıldığında toplam delme maliyeti açısından hidrolik delicinin % 20 daha ucuz olduğu görülmüştür (Tantarimaki, 1990).

DTH deliciler sabit delme hızı verdiklerinden derin deliklerde delme hızı daha yüksektir ve delikler düzgündür. Tijler daha uzun ömürlüdürler ve az gürültülü çalışırlar. Sondaj amacıyla 1000 m' ye kadar delik delebirlirler. Fakat bu delicilerde kırıklı ve çatlaklı formasyonlarda tabancanın sıkışıp kalması gibi bir dezavantaj vardır (Bilgin, 1991).

4.5. Darbeli Delme ile Döner Delmenin Karşılaştırılması

Darbeli delme,

- çoğunlukla sert kayalarda kullanılır,
- yüksek baskıya gerek duymaz,
- mekanik güçlü deliciler kullanılır,
- sınırlı delme hızına sahiptir,
- kayacı parçalamada verimsiz bir metottür.

Döner delme,

- yumuşaktan serte kadar olan kayaç gruplarında kullanılır,
- yüksek baskıya gerek duyarlar,
- darbeli delmede kullanılan matkaba göre yapısal olarak daha zayıf matkap kullanılır,
- uygun şartlarda yüksek delme hızına sahiptir,
- sürekli kesme işlemi yapmaktadır,
- darbeli delmeden daha verimlidir,
- aşındırıcı kayalarda kullanımı sınırlıdır.

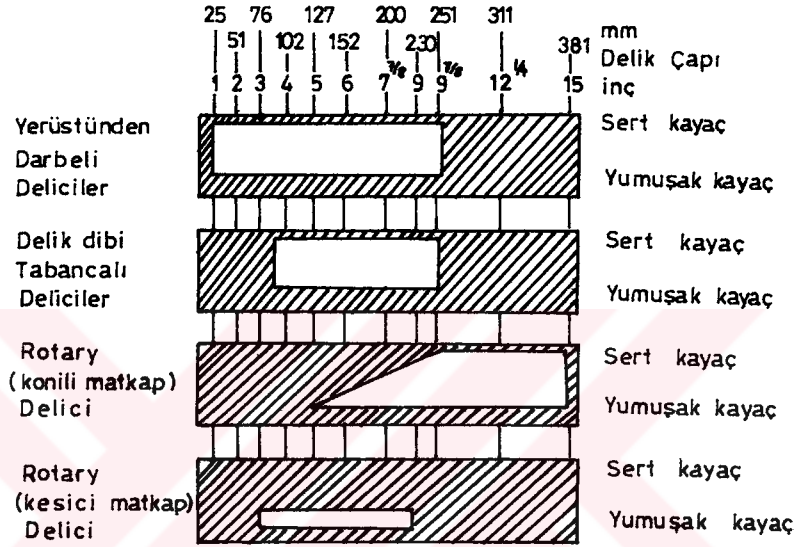
Tablo 4.4' de kayaç türlerine göre delme hızı bakımından döner, darbeli ve döner-darbeli delmenin karşılaştırması verilmiştir. Burada görüldüğü gibi döner-darbeli delme çoğu durumlarda avantajlıdır. Bu döner-darbeli delmede, sadece döner ve sadece darbeli delmedeki dezavantajların ortadan kalkmasından kaynaklanmaktadır (Baier and Campbell, 1962).

Tablo 4.4. Delme Sistemlerinin Karşılaştırılması (Baier ve Campbell, 1962).

Formasyon	Delme Yöntemi	Delme Hızı (cm/dk)
Kumlu şeyl	Darbeli	27.9
	Döner	152.4
	Döner-darbeli	-----
Kumtaşı	Darbeli	15.5
	Döner	-----
	Döner-darbeli	144.9
Çok sert kumtaşı	Darbeli	-----
	Döner	52.3
	Döner-darbeli	117.1

4.6. Delici Makina Seçimi

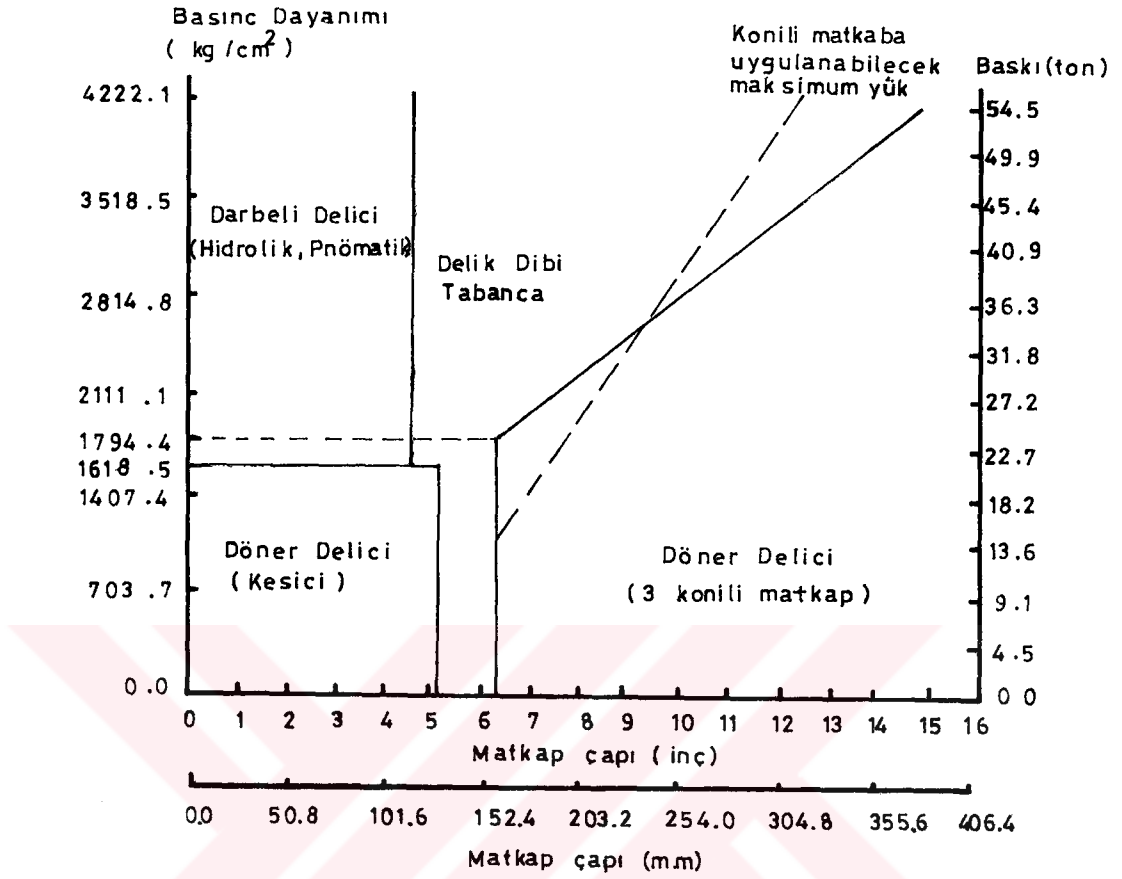
Delici seçiminde birincil faktörler; delik çapı, formasyon özellikleri ve üretim miktarıdır (Pearse, 1986; Naapuri, 1990). Şekil 4.13' de çeşitli delme yöntemlerinin delik çapı ve kayaç sertliğine göre uygulama alanları görülmektedir.



Şekil 4.13. Çeşitli Delme Yöntemlerinin Delik Çapı ve Kayaç Sertliğine Göre Uygulama Alanları (Naapuri, 1990).

Patlatma tekniğinde genel bir kural vardır; kayaç sertliği arttıkça delik başına patlayıcı miktarı artar ki, bu da daha büyük çaplı delik gerektirir. Matkap büyüdükçe ona uygulanacak baskı da artacaktır. Dolayısıyla kayaç daha kolay parçalanır. Kayaç sert olduğu zaman eğer arazi şartları uygun ise, büyük çaplı matkap ve dolayısıyla daha ağır delici makina kullanmak her zaman avantajlıdır. Şekil 4.14' de matkap çapı, basınç dayanımı ve baskı kuvvetine göre delici seçim kriteri görülmektedir (Praillet, 1990).

Kayaç delinebilirliği büyük oranda sertlik ve aşındırıcılığa bağlıdır. Konili matkaplarla döner delme genellikle açık işletmelerde yumuşaktan orta sertte kadar olan kayalarda büyük çaplı deliklerin delinmesinde uygulanmaktadır. Darbeli delme ise çoğunlukla orta sertten sertte kadar olan kayalara uygulanır (Pearse, 1986).



Şekil 4.14. Çeşitli Delicilerin Seçim Kriterleri (Praillet, 1990).

Delici seçimini etkileyen diğer faktörler (Naapuri, 1990),

- basamak yüksekliği,
- parça boyutu,
- arazi şartları,
- çevre sınırlamaları' dır.

Basamak yüksekliği daha çok delik çapını ilgilendirmektedir. Kısa basamaklarda küçük çaplı matkaplar, yüksek basamaklarda ise büyük çaplı matkaplar kullanılır.

Genellikle, yükleyicinin kepçe boyutuna ve kırıcının ağız açıklığına uygun parça boyutu istenir. Çoğunlukla büyük çaplı delikler iri parça verir, fakat şarj miktarı

arttırılarak bu önlenebilir. Ancak, şarjın arttırılması parçaların fırlama mesafesini arttıracaktır. Çatlaklı ve sert kayalarda küçük çaplı ve sık deliklerle az patlayıcı kullanılarak ince parça elde edilir.

Arazi durumu ekipman seçiminde önemli etkiye sahiptir. İnşaat işlerinde arazi genellikle düzensiz olduğu için paletli deliciler seçilmelidir. Paletli deliciler taş ocağı ve açık ocaklarda da yaygındır. Fakat, zemin iyi düzeltilmiş ve delici uzak mesafelere gitmek zorunda ise, lastik tekerlekli deliciler daha avantajlıdır.

Yerleşim yerlerine yakın yerlerde titreşim sınırlamaları vardır. Dolayısıyla, delik şarjını azaltmak gerekir. Bu da daha küçük çaplı delik uygulamasını getirir.

Yapılması gereken diğer bir seçim pnömomatik ve hidrolik delici arasındaki seçimdir. Hidrolik delicilerde otomasyon ve mekanizasyonun daha fazla olması üretim verimini %100' den daha fazlaya çıkarabilmektedir. Buna karşılık, mevcut operatörler pnömomatik delicilere alışmış durumdadırlar. Pnömomatikler basit yapılı olup, çalıştırması kolaydır ve ucuzdur. Bu deliciler daha çok küçük çaplı taş ocakları ve inşaat işleri için uygundur (Naapuri, 1990; Bilgin, 1991).

4.7. Delme Mekanığı

4.7.1. Döner Delmede Delme Mekanığı

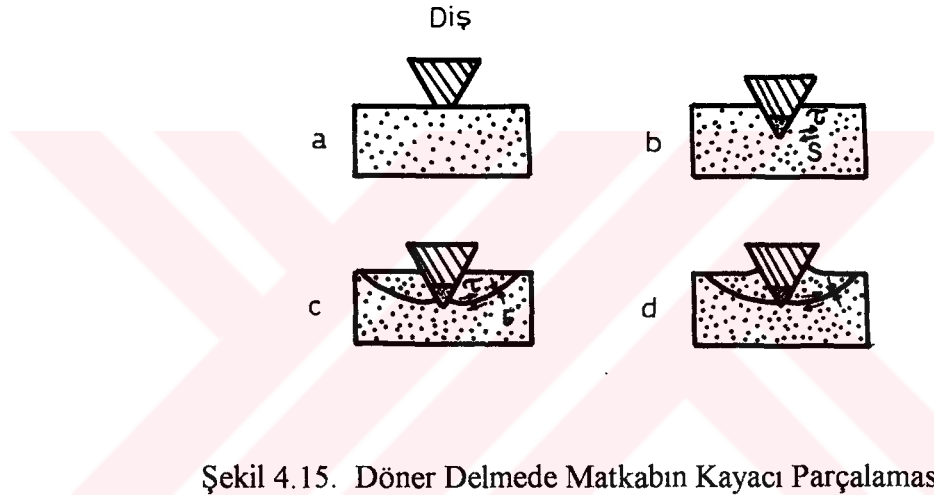
Döner delicilerde kayaç matkaba verilen baskı ve tork ile parçalanır. Parçalama olayı iki türlü olmaktadır: Kazarak parçalama ve ezerek parçalama (Göktekin 1981).

a) Kazarak Parçalama:

Kazarak parçalama yumuşak formasyonlarda olmaktadır. Matkabin dişleri kayaca gömülür ve dönme dönme sırasında kayacı iterek talaş kaldırır gibi ince yapraklar halinde parçalar koparır. Özellikle killi formasyonlarda bu tür parçalama etkendir.

b) Ezerek Parçalama:

Ezerek parçalama yumuşak olmayan formasyonlardaki parçalama şeklidir. Matkap dişleri kayacın üzerine basınç mukavemetinin üstünde bir kuvvetle basarlar. Dişin bastığı yerdeki kayaç ezilerek ince toz haline gelir ve buraya gömülen dişin yükünü çevreye iletir. Oluşan kayma gerilmesi kayacın kayma mukavemetini yenerek parçalanmasını sağlar. Böylece dişin altında bir krater oluşur. Şekil 4.15' de krater oluşumu görülmektedir.



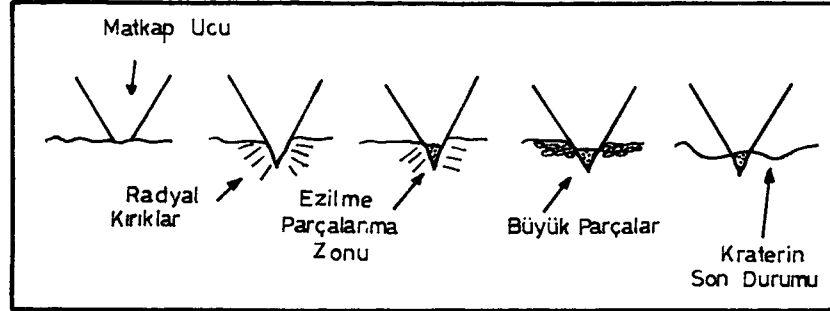
Şekil 4.15. Döner Delmede Matkabin Kayacı Parçalaması ve Krater Oluşumu (Göktekin, 1981).

4.7. 2. Darbeli Delmede Delme Mekanîği

Bu tür delmede matkap kayacı birbiri ardına vuruşlarla ve vuruşlar arasında dönme ile parçalayarak ilerler. Şekil 4.16'da matkabin her bir vuruşunda krater biçimli bir oyuk oluşturmasının evreleri görülmektedir. Bu evreler aşağıda verilmiştir (Özdoğan, 1986).

- Yüzeydeki çıkıntılar ezilir ve kayaç elastik şekil değiştirme evresindedir.
- Yüzey altında çekme gerilmesi çatlakları olduğu sanılan ana çatlaklar oluşur.
- Matkap dişi çevresinde kayaç ezilerek parçalanma başlar.
- İkincil çatlaklar yüzey boyunca ilerleyerek kesme gerilmesi meydana getirir ve parçalar kopar.

- Kırılıp kopan parçacıklar basınçlı hava ile dışarıya atılır ve matkap dişi altında krater şeklinde bir oyuk oluşur.



Şekil 4.16. Darbeli Delmede Kayaç Parçalanmasının Evreleri (Özdoğan, 1986).

4.8. Kayaçların Delinebilirliği

Delik delme bir çok faktörden etkilenen karmaşık bir olaydır. Matkap türü ve çapı, dönme hızı, baskı, tork, darbe frekansı ve sirkülasyon akışkanı kontrol edilebilen parametrelerdir. Diğer yandan kayaç özellikleri ve jeolojik şartlar kontrol edilemeyen faktörlerdir. Delme hızı ile bu faktörler arasındaki ilişkileri bulmak için bir çok araştırma yapılmıştır.

S-Olsen ve Blindheim (1970), darbeli delmede delinebilirliğin tahmini için delme hızı indeksi (DRI-drilling rate index) ve matkap aşınma indeksi (BWI-bit wear index) geliştirmişlerdir. İsveç kırılma testi sonucu -11.2 mm malzemenin % değerinin Sievers-J değeri ile düzeltilmesi sonucu DRI elde edilmektedir. DRI ile sahada gözlenen delme hızı sonuçları arasında iyi bir korelasyon olduğu görülmüştür. BWI testinde TC matkaplar dönen disk üzerinde kayaç tozları tarafından aşındırılmaktadır. Aşınan TC' in mg cinsinden ağırlığı aşınma değerini vermektedir. Bu değerden de DRI yardımıyla BWI elde edilir. Gerçek delme hızı ile BWI arasında oldukça iyi bir korelasyon mevcuttur.

Miranda ve Mendes (1983), delinebilirliğinin vickers mikrosertliğine ve spesifik enerjiye bağlı olduğunu açıklamışlardır. Her iki parametre de laboratuvar da kolayca ölçülebilmektedir.

Howarth ve Rowland (1987), doku (texture) katsayısının delinebilirlik tahmininde faydalı bir yöntem olduğunu açıklamışlardır. Doku katsayısı, kristalinlik derecesi, tane boyutu ve şekli ve tanelerin çimentolanması ile ilgilidir. Doku katsayısı arttıkça delinebilirlik düşmektedir .

Sheperd ve Singh, shore sertliğinin yalnız başına delinebilirlik ölçüsü olmadığı sonucuna varmıştır. Yine Singh, basınç dayanımının bir kesici matkabın delme hızına doğrudan etki etmediğini bulmuştur. Clark, basınç dayanımı arttıkça delme hızının düştüğünü, fakat arada korelasyon olmadığını göstermiştir (Pandey ve diğ., 1991).

Darbeli delmede sabit hava basıncında artan baskı ile delme hızı düşmektedir . Bu, yetersiz tork' tan kaynaklanmaktadır. Döner delmede ise baskı arttıkça delme hızı artmaktadır. Yüksek hava basıncında yeterli tork sağlandığı zaman delme hızı artmaktadır. Aynı matkap ile delme süresi arttıkça, matkap aşındığı için delme hızı azalmaktadır. Sabit baskıda dönme hızı artışı delme hızını arttırmaktadır. Fakat, artan baskı altında dönme hızı artışı delme hızını düşürür. Çünkü matkap aşınması artmaktadır (Pandey ve diğ., 1991).

Göktan (1992), bir 'kırılganlık' kıstası olarak kabul edilen tek eksenli basınç dayanımının çekme dayanımına oranı ile darbeli delme hızı arasında istatistiksel bir ilişki olmadığını ifade etmektedir.

Thuro and Spaun (1996) 'Tahrip İşi' (destruction work) denilen yeni bir kayaç özelliği tanımlamışlardır. Yöntemde aynı kayaç numunesi yük almayıncaya kadar tekrar tekrar yüklenir. Yükleme esnasında kayacın yenilme sonrası davranışı da kaydedilir. Gerilme-birim deformasyon eğrilerinin altında kalan toplam alan tahrip işi olarak kabul edilir. Araştırmacılar, tahrip işi ile delme hızı arasında yüksek korelasyonlu ilişkiler bulmuşlardır.

Araştırmalar sonucu elde edilen bağıntılar deney sabitlerine bağlı oldukları için kullanılmaları pratik değildir. Laboratuvarda yapılan microbit testleri en iyi delinebilirlik tahmin yöntemi olmaktadır. Yöntemde bir seri deney yapılmaktadır.

Küçük bir kayaç numunesi 1.6 cm çapında bir microbit ile 90 kg baskı altında delinir. Elde edilen delme hızları daha önce geliştirilen bir abak yardımıyla gerçek delme hızlarına çevrilir (Bilgin, 1991; Rollow, 1962).

4.8.1. Döner Delmede Delme Hızı Bağlıları

Döner delme konusunda literatürde bulunan teorik ve ampirik bağlantılar aşağıda verilmiştir.

1-Teale (1965) bağlantısı:

$$DH = \frac{2\pi NT}{ASE} \quad (4.1)$$

Burada,

- DH = Delme hızı
- N = Dönme hızı
- T = Tork
- A = Delik kesit alanı
- SE = Spesifik enerji

2-Morris (1969) bağlantısı:

$$DH = 17N \frac{p' W}{F C} \quad (4.2)$$

Burada,

- DH = Delme hızı(m/h)
- N = Dönme hızı(dv/dk)
- p' = Penetrasyon deneyinde matkap dişinin batma miktarı(mm)
- F = Chip oluşturmak için gerekli kuvvet(kg)
- W = Matkap baskısı(kg)
- C = Diş sayısı

3-Clark (1979) bağıntısı:

$$\frac{DH}{ND} = k \left(\frac{W}{D^2 S_d} \right)^2 \quad (4.3)$$

Burada,

DH = Delme hızı

N = Dönme hızı

D = Matkap çapı

k = Sabit

W = Matkap baskısı

S_d = Delinebilirlik direnci

4-Warren bağıntısı (Howart, 1986):

$$DH = \left(\frac{a S_d D^3}{N^b W^2} + \frac{c}{ND} \right)^{-1} \quad (4.4)$$

Burada,

DH = Delme hızı(m/h)

a,b,c = Sabitler

S_d = Delinebilirlik direnci(kPa)

D = Matkap çapı(cm)

N = Dönme hızı(dv/dk)

W = Matkap baskısı(N)

5-Praillet (1990) bağıntısı:

$$DH = \frac{835.2WN}{\sigma_c^2 D^{0.9}} \quad (4.5)$$

$$W = \frac{\sigma_c D}{2} \quad (4.5a)$$

Burada,

DH = Delme hızı(m/h)

W = Matkap baskısı(kg)

N = Dönme hızı(dv/dk)

σ_c = Basınç dayanımı(kg/cm²)

D = Matkap çapı(cm)

6-Karpuz ve diğ.(1990) bağıntısı:

$$DH = 0.01418 \frac{WN}{De^{(0.01436\sigma_c)^{0.7592}}} \quad (4.6)$$

Burada,

DH = Delme hızı(m/dk)

W = Matkap baskısı(kg)

N = Dönme hızı(dv/dk)

D = Matkap çapı(cm)

σ_c = Basınç dayanımı(MPa)

7-Pandey ve diğ.(1991) bağıntıları: (Laboratuar delme deneyinden)

$$DH = 2544.94 - 306.738 \log_e \sigma_c \quad (4.7)$$

$$DH = 103.51 - 5.71 \log_e \sigma_t \quad (4.8)$$

$$DH = 941.12 - 71.02 \log_e \tau \quad (4.9)$$

$$DH = 690.63 - 88.32 \log_e f \quad (4.10)$$

Burada,

DH = Delme hızı(cm/dk)

σ_c = Basınç dayanımı(kg/cm²)

σ_t = Çekme dayanımı(kg/cm²)

τ = Kesme dayanımı(kg/cm²)

f = Protodyakonov indeksi(Kayaç dayanım katsayısı)

8-Wijk (1991) bağıntısı:

$$DH = kNS_c^{1/4} \left(\frac{W}{D\sigma_{RD}} \right)^{3/2} \quad (4.11)$$

$$S_c = \frac{0.7C}{D^2} \quad (4.11a)$$

Burada,

DH = Delme hızı(cm/dk)

k = Sabit

N = Dönme hızı(dv/dk)

S_c = Matkap diş yoğunluğu(Adet/m²)

W = Matkap baskısı(kN)

D = Delik çapı(cm)

σ_{RD} = Stamp test dayanım indeksi(MPa)

C = Diş sayısı

9- Maurer bağıntısı (Wijk, 1991):

$$DH = \frac{kNW}{D^2 S_d} \quad (4.12)$$

Burada,

DH = Delme hızı

- k = Sabit
 N = Dönme hızı
 W = Matkap baskısı
 D = Matkap çapı
 S_d = Delinebilirlik direnci

10-Bauer bağıntısı (Wijk, 1991):

$$DH = \frac{(61 - 28 \log_{10} \sigma_c) NW}{300D} \quad (4.13)$$

Burada,

- DH = Delme hızı(ft/h)
 σ_c = Basınç dayanımı(psi)
 N = Dönme hızı(dv/dk)
 W = Matkap baskısı(lb)
 D = Matkap çapı(inç)

Bu bağıntı istatistiksel olduğundan birimler metrik sisteme çevrilmemiştir.

11-Eskikaya ve diğ. (1993)bağıntısı:

$$DH = \frac{kNW}{0.08\alpha Dc} \quad (4.14)$$

Burada,

- DH = Delme hızı (cm/dk)
 k = Kayaç özelliklerine bağlı bir katsayı
 N = Dönme hızı(dv/dk)
 W = Matkap baskısı(kg)
 α = Delinebilirlik indeksi(kg/mm)
 D = Matkap çapı(cm)
 c = 6-7 arasında değişen bir katsayı

4.8.2. Darbeli Delmede Delme Hızı Bağlıntıları

Darbeli delme konusunda literatürde bulunan teorik ve ampirik bağlıntılar aşağıda verilmiştir. Burada bazı bağlıntılar istatistiksel oldukları için metrik sisteme çevrilmemiştir.

1-Hartman (1962) bağlıntısı:

$$DH = \frac{Vb_{pm}n_w}{A} \quad (4.15)$$

Burada,

DH = Delme hızı

V = Krater hacmi

b_{pm} = Darbe frekansı

n_w = Matkaptaki kanat sayısı

A = Delik kesit alanı

2-Protodyakonov (1962) bağlıntısı:

$$DH = \frac{d^2(f + 8.6)}{3000G} \quad (4.16)$$

Burada,

DH = Delme hızı(dk/m)

d = Delik çapı(mm)

f = Protodyakonov indeksi

G = Pnömatik tabanca gücü(kW)

3-Bailey (1967) bağlıntısı:

$$DH = \eta \frac{SE}{d^2} (PA_p)^{3/2} \left(\frac{s}{W_p} \right)^{1/2} \quad (4.17)$$

Burada,

- DH = Delme hızı
 η = Verim
 SE = Spesifik enerji
 d = Delik çapı
 P = İşletme basıncı
 A_p = Piston alanı
 s = Strok
 W_p = Piston ağırlığı

4-Coates (1970) bağıntısı:

$$DH = \frac{\eta b_{pm} A_p s}{SEA} \quad (4.18)$$

Burada,

- DH = Delme hızı
 η = Verim
 b_{pm} = Darbe frekansı
 A_p = Piston kesit alanı
 s = Strok
 SE = Spesifik enerji
 A = Delik kesit alanı

5-Hustrulid (1971) bağıntısı:

$$DH = \frac{Eb_{pm} T_r}{ASE} \quad (4.19)$$

Burada,

- DH = Delme hızı(cm/dk)
 E = Piston enerjisi(kg-cm)

b_{pm} = Darbe frekansı(darbe/dk)

T_r = Enerji transfer katsayısı

A = Delik kesit alanı(cm^2)

SE = Spesifik enerji($kg-cm/cm^3$)

6-Schmidt (1972) bağıntısı:

$$DH = \frac{4GT_r}{SE\pi D^2} \quad (4.20)$$

Burada,

DH = Delme hızı(cm/dk)

G = Piston gücü(kgm/dk)

T_r = Enerji transfer katsayısı

SE = Spesifik enerji($kgcm/cm^3$)

D = Matkap çapı(cm)

7-Tandanand ve Unger (1975) bağıntısı:

$$DH = \frac{G}{AK_d(3860 + 2744 \ln f')} \quad (4.21)$$

$$\ln K_d = 0.47(d - 1.5) \quad (4.21a)$$

Burada,

DH = Delme hızı($inç/dk$)

G = Piston gücü($ft lb/dk$)

A = Delik kesit alanı($inç^2$)

K_d = Düzeltme faktörü

d = Delik çapı($inç$)

f' = Geliştirilmiş Protodyakonov indeksi

8-Pathinkar ve Misra (1980) bağıntısı:

$$\log DH = (0.04 - 0.00094\theta) \log SE + 0.0089\theta + 2.544 + \log \left(\frac{E_p b_{pm}}{12.465A} \right) \quad (4.22)$$

Burada,

DH = Delme hızı(cm/dk)

θ = Makap uç açısı

E_p = Piston enerjisi(kgm)

SE = Spesifik enerji(kgm/cm³)

b_{pm} = Darbe frekansı(Darbe/dk)

A = Delik kesit alanı(mm²)

9-Rabia ve Brook (1980) bağıntısı:

$$DH = \frac{cP^a}{(DD \times SH)^b} \quad (4.23)$$

Burada,

DH = Delme hızı

DD = Darbe dayanım sayısı

SH = Shore sertliği

P = İşletme basıncı

a,b,c = Katsayılar

10-Wijk (1989) bağıntısı:

$$DH = \frac{4CVf}{\Pi D^2} \quad (4.24)$$

Burada,

DH = Delme hızı

C = Diş sayısı

V = Krater hacmi

f = Protodyakonov indeksi

D = Matkap çapı



BÖLÜM 5

KAYAÇLARIN MEKANİK VE FİZİKSEL ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

Bilindiği gibi kazılabilirlik ve delinebilirliği etkileyen en önemli parametrelerden biri kayaç özellikleridir. Bu nedenle kayaçlar mümkün olduğunca iyi tanımlanmalıdır. Bu amaçla delicilerin performans etütlerinin yapıldığı maden ocağı, taş ocağı ve otoyol şantiyelerinde yerinde Schmidt çekici deneyleri ve buralardan toplanan numuneler üzerinde çeşitli mekanik ve fiziksel deneyler yapılmıştır. Bu deneylerin sonuçlarının özetleri ise Tablo 5.1' de verilmiştir.

5.1. Tek Eksenli Basınç Dayanımı

Tek eksenli basınç deneyi 33 mm çap ve 66 mm uzunluktaki karot numuneler üzerinde Şekil 5.1' de görülen pres yardımıyla yapılmıştır. Yükleme hızı olarak 0.5 kN/s alınmıştır. Sonuçlar Ek-D' de verilmiştir.

5.2. Çekme Dayanımı

Brazilian yönteminin kullanıldığı çekme deneyi de Şekil 5.1' de görülen preste yapılmıştır. Deneyde 33x33 mm ebadındaki karot numuneler 0.2 kN/s yükleme hızı ile kırılmıştır. Elde edilen sonuçlar Ek-E' de sunulmuştur.

Tek eksenli basınç ve çekme deneyinde kırılan numunelerin fotoğrafları Şekil 5.2 ve Şekil 5.3' de görülmektedir.

Tablo 5.1 Deneysel Sonuçlarının Özeti.

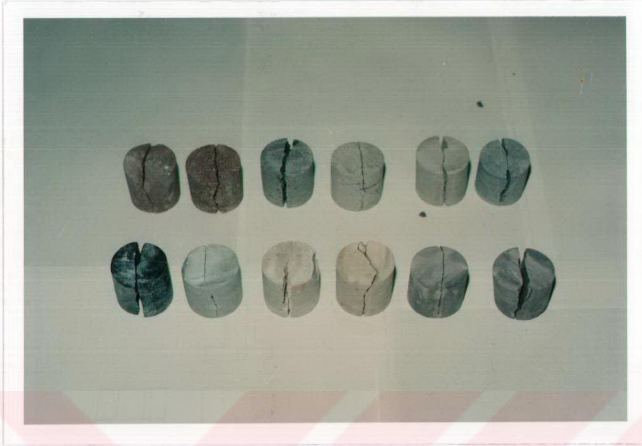
Yer	Formasyon	Basınç Dayanımı (MPa)	Çekme Dayanımı (MPa)	Schmidt Değeri	Darbe Dayanımı	Nokta Yük Değeri (MPa)	Sismik Hız (km/sn)	Elastik Modül (MPa)	Yoğunluk (gr/cm ³)	Kuvvars Miktarı (%)
Bahçe	Dolomit	68.0	6.0	59	83.4	3.5	6.3	6830	2.92	0
Erikli	Kireçtaşı	51.3	7.0	55	82.2	4.6	5.4	7193	2.74	0
Bahçe	Kumtaşı-1	149.2	16.1	70	87.8	11.2	4.6	8746	3.00	80
Erikli	Marn	39.5	5.2	56	76.1	2.7	3.1	4060	2.20	0
Erikli	Dişabaz	110.9	10.1	64	89.5	10.2	5.2	10901	2.96	0
Bahçe	Kumtaşı-2	45.2	5.8	53	80.3	3.6	4.5	11092	2.77	65
Bahçe	Altare Kumtaşı	20.1	1.2	36	70.4	1.1	2.0	1566	2.55	17
Erikli	Serpantin	69.1	7.5	62	81.2	5.8	2.9	21116	2.88	0
Pozantı	Kireçtaşı	123.8	6.6	61	82.9	5.3	5.3	10682	2.73	0
Pozantı	Killi Kireçtaşı	45.1	6.0	68	80.5	4.6	3.3	2419	2.42	0
Yahyalı	Hematit	61.8	6.6	44	84.3	6.7	2.8	19566	3.61	0
Yahyalı	Metakumtaşı	25.7	5.8	54	85.0	4.2	5.2	10562	2.70	57
Konya	Serpantin	54.3	11.7	59	90.3	13.2	5.0	20224	2.63	30
Darca	Dolomit	189.8	10.0	56	85.8	14.9	5.1	30163	2.92	0
Darca	Kireçtaşı	70.6	5.5	48	79.1	3.9	4.0	12517	2.50	0
Adana	Kireçtaşır	15.7	0.9	42	72.5	1.1	2.2	790	1.86	0
Misis	Kireçtaşı	85.2	9.1	68	84.1	80.0	5.5	20253	2.71	0
Soma(Işıklar)	Marn	64.9	4.4	60	75.2	3.0	3.4	4758	2.45	0
Sevitömer	Marn	11.4	1.0	42	67.5	0.8	1.0	241	1.83	0
Tunçbilek(36 Pano)	Marn	21.4	2.2	53	69.9	1.7	1.9	1595	1.91	25
Tunçbilek(Beke)	Marn	13.5	1.5	52	70.4	1.4	1.5	980	2.03	0
Orhaneli	Tuf	10.1	0.9	35	69.3	1.2	1.2	193	1.85	35
Emet	Kumtaşı	70.5	5.5	38	75.8	6.3	3.7	13855	2.56	40
Emet	Kireçtaşı	42.1	6.0	58	82.0	4.4	4.7	16757	2.70	0
Tarsus	Dolomit	96.3	10.7	55	80.6	9.8	5.6	10682	2.98	---
Mersin	Kireçtaşı	49.9	4.0	51	78.9	2.7	4.1	8948	2.66	---
Ceyhan	Kireçtaşı	76.1	7.5	58	81.5	7.1	5.6	9650	2.96	---
Ceyhan	Çakıllı kireçtaşı	36.2	2.7	47	75.9	2.5	3.3	4203	2.61	---
Yumurtalık	Kireçtaşı	68.4	7.5	50	83.6	5.7	5.0	14711	2.81	---



Şekil 5.1. Tek Eksenli Basınc ve Çekme Deneylerinin Yapıldığı Pres.



Şekil 5.2. Tek Eksenli Basınc Deneyinde Kırılan Numuneler.



Şekil 5.3. Çekme Deneyinde Kırılan Numuneler.

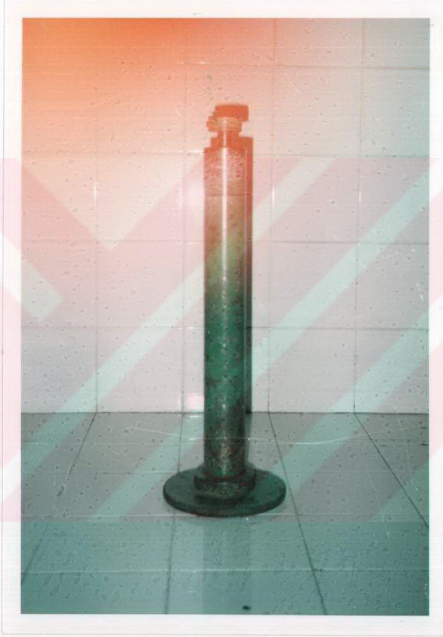
5.3. Schmidt Çekici Deneyi

Schmidt çekici deneyi formasyonların sınıflandırılması ve basınç dayanımının tahmininde kullanılan ucuz, basit ve pratik bir yöntemdir (Haramy ve DeMarco, 1985; Müftüoğlu ve Scoble, 1984; Bilgin ve diğ., 1988). Deney, taşınabilir N-tipi Schmidt çekici ile yerinde yapılmıştır. Deneyin yapılış şekli ve sonuçların yorumu konusunda literatürde farklı yöntemler önerilmektedir (Poole ve Farmer, 1980; Gökten ve Ayday, 1993). Burada bir nokta üzerinde en az 10 vuruş yapılmış ve son değerlerin ortalaması Schmidt değeri olarak alınmıştır. Çekiç yatay düzleme dik olarak tutulmuş ve deney aynaya yakın büyük kaya blokları üzerinde yapılmıştır. Sonuçlar Ek-F' de verilmiştir.

5.4. Darbe Dayanım Deneyi

Protodyakonov tarafından geliştirilen deneyde 1.8 kg ağırlığında ve 4.45 cm çapındaki bir silindir, 30.5 cm yükseklikten aynı çaptaki içi boş başka bir silindir içerisine düşürülmektedir. Deneyde, parçalanana kayaç numuneleri 9.5-3.2 mm ebadındaki iki

elekten elenir, elek arasında kalan numuneden 100 gr alınarak deney silindiri içine konulur ve yukarıda bahsedilen ağırlık numune üzerine 20 defa düşürülür. Silindirden boşaltılan numune tekrar elenir ve 3.2 mm elek üstü darbe dayanım değeri olarak tanımlanır (Bilgin ve Shahriar, 1986). Deneyde Evans'ın belirlediği boyutlardaki alet (Şekil 5.4) kullanılmıştır. Deney sonuçları Ek-G' de verilmiştir.

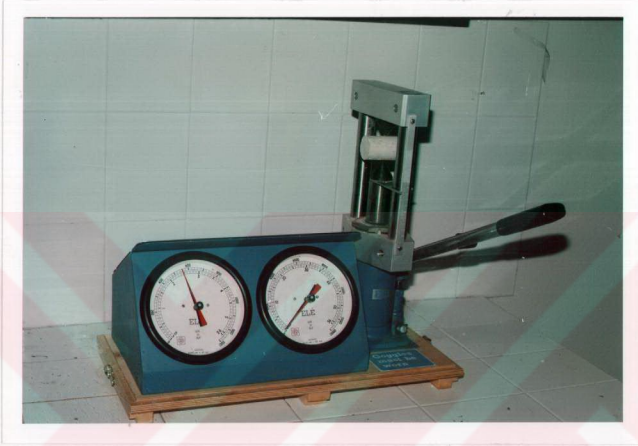


Şekil 5.4. Darbe Dayanım Deney Aleti

5.5. Nokta Yük Deneyi

Kayaçların sınıflandırılması ve dayanımlarının tahmin edilmesinde nokta yük deneyi, aletin taşınabilir olması ve deneyin şekilsiz numunelere de uygulanabilirliği nedeniyle yaygın olarak kullanılan pratik ve ucuz bir yöntemdir (Broch and Franklin, 1972; Anon, 1985; Müftüoğlu ve Scoble, 1984).

Deneyde 33 mm çap ve 66 mm boya sahip numuneler Şekil 5.5' de görülen alet yardımıyla çapsal olarak kırılmıştır. 50 mm standart çap için düzeltilen deney sonuçları Ek-H' da verilmiştir.

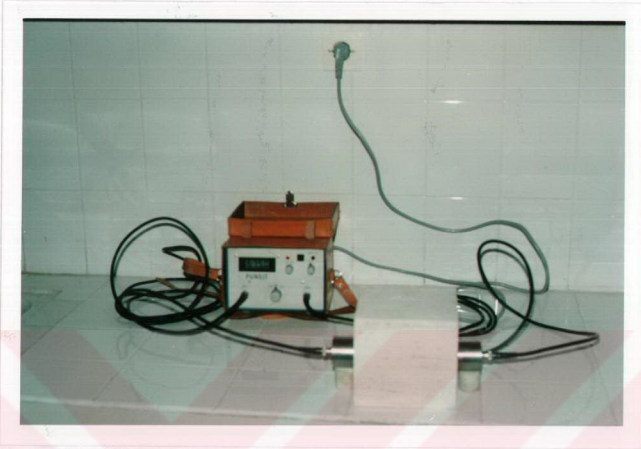


Şekil 5.5. Nokta Yük Deney Aleti

5.6. Sismik Hız Deneyi

Süreksizliklerin belirlenmesinde ve kayaç sökülebilirliğinin tayininde uzun yıllardan beri kullanılmakta olan sismik hız deneyi hem arazide hem de laboratuarda uygulanabilmektedir (Müftüoğlu, 1990; Bilgin, 1989).

Deneyde CNS Electronics Ltd.'nin PUNDIT (Portable Ultrasonic Nondestructive Digital Indicating Tester) cihazı kullanılmıştır. Biri verici diğeri alıcı olan 54 kHz'lik iki transducerle yaklaşık 13x20x12 cm boyutundaki numuneler üzerinde boyuna dalga hızı ölçülmüştür. Şekil 5.6' da PUNDIT cihazı ile laboratuarda ölçüm yapılışı görülmektedir. Ölçülen sismik hız değerleri Ek-1'da verilmiştir.



Şekil 5.6. PUNDIT Cihazı ile Laboratuarda Ölçüm Yapılışı

5.7. Elastik Modül

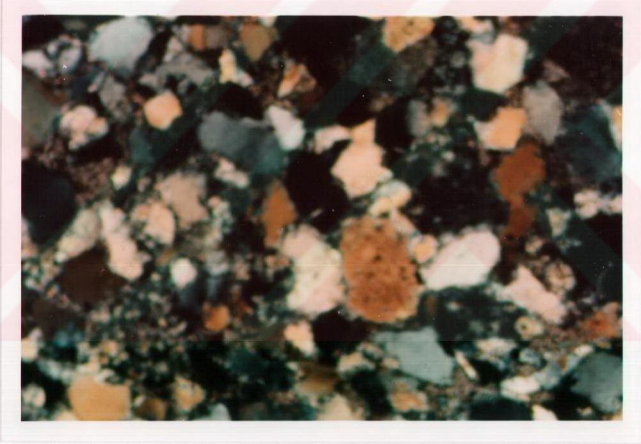
Tek eksenli basınç deneyinde komparatörler yardımıyla boy değişimleri ölçülmüş ve gerilme-birim deformasyon eğrileri çizilmiştir (Ek-J). Literatürde (Brown, 1981) bu eğriler yardımıyla üç tür elastik modül hesaplama yönteminden bahsedilmektedir; tanjant elastik modül, sekant elastik modül ve ortalama elastik modül. Burada uygulanan tanjant elastik modül yönteminde kırılma yükünün % 50' sinden çizilen teğetin eğimi elastik modül olarak alınır. Hesaplanan elastik modül değerleri Ek-K' da verilmiştir.

5.8. Yoğunluk

Tartılarak ağırlığı öğrenilen karot numunelerin hacmi hesaplanmış ve Ağırlık/Hacim' den kaba yoğunluk bulunmuştur. Bulunan bu değerler Ek-L' de verilmiştir.

5.9. Kuvars Miktarı

Kuvars miktarı mikroskop altında ince kesitler üzerinde nokta sayımı yöntemiyle (Jones, 1987) yapılmıştır. Yöntemde birbirini dik kesen iki ayrı paralel çizgi grubu vardır. Spesifik mineralin üzerine düştüğü çizgi kesişme noktaları sayısının tüm çizgi kesişme noktaları sayısına bölünmesiyle mineral miktarı % olarak bulunur. Yapılan ince kesitlere örnek Şekil 5.7 ve Şekil 5.8' de görülmektedir. Hesaplanan kuvars miktarları daha önce verilen Tablo 5.1' de görülmektedir.



Şekil 5.7. Kumtaşı-1 (Bahçe)'in İnce Kesitinin Fotoğrafi.



Şekil 5.8. Marn (Soma/Işıklar)'ın İnce Kesitinin Fotoğrafi.

BÖLÜM 6

KONİLİ MATKAP DIŞININ PENETRASYONU VE GELİŞTİRİLEN MODEL

6.1. Penetrasyon Mekanığı

Fairhurst ve Lacabanne (1957) kama şeklindeki bir dışın penetrasyonunu üç aşamaya ayırmıştır:

- Kamanın kayaçla teması esnasında kayaç yüzeyindeki pürüzlerin ezilmesi
- Kayacın elastik deformasyonu
- Kamanın alt ucunda ezik zonun oluşması

Artan yük ile kamanın meydana getirdiği gerilmeler bu ezik zon üzerinden kayaca iletilir. Gerilmelerin belli bir değere ulaşmasından sonra kayaç yüzeyine doğru ani bir çatlama meydana gelerek küçük bir parça (Chip) kopar. Bu olaya Chipping denmektedir. Chipping ile ani bir gerilme boşalması meydana gelir ve kama-kayaç arasındaki kuvvette düşme görülür. Chip oluşum modeli Şekil 6.1' de görülmektedir.

Delik dibindeki gerilme durumu kompleks olduğundan ve delme işlemi bir çok faktöre bağlı olduğundan penetrasyon probleminin analizinde bazı basitleştirici kabuller yapılır; kayacın homojen, izotrop ve rijit-plastik olduğu varsayılır. Chip oluşumunun matematiksel modeli, bir kaç yenilme kriteri olmasına rağmen, kayaçların belirlenen bazı özellikleri ile uyumlu olduğu ve istenilen matematiksel basitliği sağladığı için genellikle Coulomb yenilme kriterine göre yapılır (Cheatham, 1958; Paul ve Sikarskie, 1965). Yenilme için gerekli kesme gerilmesinin büyüklüğü ortalama gerilmeye bağlıdır. Mohr gerilme diyagramındaki (Şekil 6.2) düz çizgi (Mohr zarfı)

6.2. Penetrasyon Konusunda Yapılan Teorik ve Deneysel Çalışmalar

Cheatham(1958), kama şekilli uzun tek bir diş ile, ideal (homojen, izotrop, rijit-plastik) kabul edilen kayaç üzerinde yapılan penetrasyonda kama profilinin ve kayaç özelliklerinin etkisini teorik olarak incelemiştir. Teoride Coulomb yenilme kriteri ve kutupsal koordinat yönteminden faydalanmıştır. Çalışma, kama-kayaç sürtünmesinin olduğu (kuru ortam) ve olmadığı (sıvılı ortam) durumlar için yapılmıştır. Ayrıca çevre basıncının penetrasyon kuvvetleri üzerindeki etkisine kısaca değinilmiştir. Teoriden şu sonuçlar çıkarılmıştır:

- Kama açısı ve kayaç özellikleri (Basınç dayanımı, kohezyon ve içsel sürtünme açısı) bilindiği zaman teori, penetrasyon için gerekli kuvvetin limitlerini tahmin edebilmektedir. Sürtünmesiz durumda kuvvetin minimum olduğu görülmüştür. Bu, sondaj çamuru yağlamasının avantajını göstermektedir.
- Kama açısı ve kayaç özelliklerinin değerleri arttığı zaman penetrasyon kuvvetleri de artmaktadır.
- Çevre basıncı arttıkça kayacın yenilme direnci de artmaktadır.

Gnirk ve Cheatham (1963), çevre basıncı altında kuru kayaç numuneleri üzerindeki penetrasyon işleminde kama açısının ve çevre basıncının etkisini deneysel olarak inceleyerek sonuçları Cheatham (1958)' in teorisi ile karşılaştırmışlardır. Deney sonuçları ile teori arasında uyum olduğu görülmüştür. Yani artan kama açısı ve çevre basıncı ile penetrasyon kuvveti eksponansiyel olarak artmaktadır. Ancak 70 MPa' dan sonra çevre basıncı penetrasyon kuvvetini etkilememektedir. Ayrıca, atmosferik basınçta kuvvet-penetrasyon eğrilerinin non-lineer ve süreksiz olmasına karşılık, çevre basıncı altında hemen hemen lineer olduğu görülmüştür. Bu durum çevre basıncı altındaki kayacın sünek davranarak chip oluşumu vermemesinden kaynaklanmaktadır.

Paul ve Sikarskie (1965), tek bir kamanın gevrek bir malzemeye penetrasyonunda Coulomb yenilme kriterini kullanarak bir teori sunmuşlar ve Reichmuth' un deney sonuçları ile karşılaştırmışlardır. Çalışmada Sabit Hız Testi ve Sabit Yük

Testi olmak üzere iki çeşit teorik test üzerinde durulmuştur. Sabit hız testinde kama sabit hızda kayaca batırılır ve chip oluşumundan sonra kuvvet sıfıra düşer. Sabit yük testinde ise yük monoton olarak arttırılır. Chip oluştuğu zaman kama ani olarak düşer, fakat yükde düşme olmaz.

Teori, kama açısı ve kayaç özellikleri (Basınç dayanımı, kohezyon ve içsel sürtünme açısı) bilindiği zaman ezilme (crushing) ve chipping kuvvetleri ile penetrasyon miktarını tahmin edebilmektedir. Fakat teori ilk ezilme fazını açıklayamadığı için ilk chip oluşumundaki penetrasyon verilmelidir. Kuvvet-penetrasyon bağıntılarından faydalanarak kayaç hacmi ve gerekli enerji hesaplanabilmektedir.

Deneysel verilere göre pik kuvvetleri birleştiren doğru teoride olduğu gibi orjinden geçmemektedir. Yani, sıfır penetrasyon değeri için bir başlangıç kuvveti mevcuttur. Teori ile deneysel veri arasındaki bu fark, teorinin açıklayamadığı ilk ezilme fazından kaynaklanmaktadır.

Deneysel verilerde olduğu gibi teoride de pik kuvvetlerin birleştirilmesi ile bir doğru elde edilmektedir ve bu doğrunun eğimi kama açısına bağlıdır. Yani, daha önceki çalışmalarda (Cheatham, 1958; Gnirk ve Cheatham, 1963) açıklandığı gibi, kama açısı arttıkça penetrasyon kuvvetleri de artmaktadır. Fakat teorik doğrunun eğimi daha yüksek bulunmuştur. Bu fark, Coulomb yenilme kriterinin tüm yenilme düzlemi için geçerli varsayılmasından kaynaklanmaktadır.

Ayrıca, teoriye göre chip oluşumu için yarım kama açısı (θ) + içsel sürtünme açısı (ϕ) $< 90^\circ$ olmalıdır. Aksi durumda chipping olmaz ve penetrasyon sadece ezilme ile devam eder.

Maurer (1965), 6000 m derinliğe kadar delik dibi şartlarını simüle ederek statik ve dinamik penetrasyon deneyleri yapmıştır. Simülasyonda çevre basıncı, çamur basıncı ve formasyon gözenek basıncı gözönünde bulundurulmuştur. Deneylerden aşağıdaki sonuçlar çıkarılmıştır.

- Chip oluşumu için belli bir kuvvet aşılmalıdır. Bu kuvvet, dışın körlülüğü ve diferansiyel basıncın (çamur basıncı ile gözenek basıncı arasındaki fark) artması ile artar. Örneğin, diferansiyel basıncın 0 MPa'dan 28 MPa' a artışı chipping için gerekli kuvveti 0.7 ton' dan 4.3 ton' a yükseltmiştir. Chipping için gerekli kuvvetin hidrostatik basınç (sulu delmede) ve çevre basıncından etkilenmediği söylenebilir.
- Çamur basıncı arttıkça (dolayısıyla diferansiyel basınç da artar) kayaç psödoplastiklik kazandığı için chip' ler krater içinde kalır ve delik dibi temizlenme problemi ortaya çıkar.
- Çamur basıncının artışı krater hacmini azaltmaktadır. Örneğin, diferansiyel basıncın 0 MPa' dan 35 MPa' a yükselmesi krater hacminde % 90 azalma meydana getirmiştir. Delme hızı da krater hacmine bağlı olduğu için aynı oranda azalacaktır.
- Çamur yerine su kullanmada hidrostatik basıncın 0 MPa' dan 35 MPa' a arttırılması krater hacmini % 50 azaltmıştır.
- Havalı delmede çevre basıncındaki değişikliğin krater hacmini etkilemediği görülmüştür.

Cheatham ve Pittman (1966), mevcut teorilere dayanarak plastik limit analizi yapmışlardır. Plastik limit teorisi, kayaçta plastik akışı başlatmak için gerekli dış yükünün üst ve alt sınırlarını tahmin etmektedir. Teoride kayaç özelliklerinin ve çevre basıncının etkileri gözönünde bulundurulmaktadır. Nemli kum modelleri üzerinde düz uçlu dişlerle (Punch) yapılan deney sonuçları teori ile karşılaştırılmış ve uyum halinde oldukları görülmüştür. Ayrıca bir önceki kraterden olan uzaklığın etkisi de gözlenmiştir.

Berry (1966), kayacı plastik kabul ederek, eğimli kama (yawed wedge) ile penetrasyonun iki boyutlu gerilme problemini Hill - Yöntemini kullanarak çözmüştür. Kama-kayaç sürtünmesi ve kayaç üzerindeki hidrostatik basıncın (çamur basıncı) etkisini de gözönünde bulundurmuştur. Yenilme kriteri olarak Coulomb kriteri kullanılmıştır.

Daha önce Gnirk ve Cheatham (1963) tarafından elde edilen laboratuvar sonuçları ile teori karşılaştırıldığında, kama açısına bağlı olarak penetrasyon kuvvetinin artışının

teoride daha fazla olduğu görülmüştür. Bu fark, Mohr diyagramının tamamen lineer kabul edilmesinden kaynaklanmaktadır.

Hartman (1966), kama ve düz uçlu (die) diş ile dinamik yüklemde indeks mesafesinin (bir önceki kraterden olan uzaklık) etkisini deneysel olarak incelemiştir. Deneysel önce paralel indeks mesafesine göre yapılmış ve indeks mesafesinin ortalama krater hacmini etkilemediği sonucuna ulaşılmıştır. Sonra delik dibi şartlarına uyum için açılı indeks mesafesi uygulanmıştır. 180°'lik dönüş bir periyot olmak üzere 10 periyot sonunda ortalama krater hacminin tek bir krater hacmine eşit olduğu görülmüştür. Dolayısıyla indeks mesafesinin delme işleminde birinci dereceden önemli bir kriter olmadığı sonucuna varılmıştır.

Gnirk (1966), keskin kama şekilli diş ile belirli indeks mesafesinde yapılan penetrasyonda kayanın yenilmesini ve chip oluşumunu deneysel olarak incelemiştir. Deneysel 7 MPa' dan 21 MPa' a kadar değişen çevre basınçları uygulanmıştır. Sonuçlar Cheatham (1958)' in teorisi ile karşılaştırılmış ve uyumlu olduğu görülmüştür. Gnirk ve Cheatham (1963) ve Maurer (1965)' in açıkladığı gibi, çevre basıncı altında plastikleşen kayanın kuvvet-penetrasyon karakteristiği lineerdir, yani chip oluşumu yoktur. Ayrıca kraterler arasındaki etkileşim, diş açısı azaldıkça ve çevre basıncı arttıkça azalmaktadır.

Önceki araştırmasınının (Gnirk,1966) devamı niteliğinde olan diğer bir çalışmada Gnirk (1967) deneysel olarak, farklı körelme derecelerine sahip iki kama ile, 0 MPa' dan 35 MPa' a kadar değişen çevre basınçlarında yapılan statik penetrasyonda indeks mesafesinin etkisini incelemiştir. Önceki çalışmada da açıklandığı gibi, optimum indeks mesafesi artan çevre basıncı ile düşmektedir. Fakat bu durum kayanın plastikliğe geçiş basıncı üzerindeki çevre basıncı değerleri için geçerlidir. Geçiş basıncı altında optimum indeks mesafesi hemen hemen sabittir. Sabit çevre basıncında optimum indeks mesafesinden büyük mesafelerde chipping için gerekli kuvvet sabittir, fakat optimumdan düşük indeks mesafelerinde, mesafenin azalması ile kuvvet de lineer olarak düşmektedir. Ayrıca chipping ve optimum indeks mesafesi için gerekli kuvvet düz uçlu kamada yuvarlak uçluya göre % 25 daha fazladır.

Pariseau ve Fairhurst (1967), Cheatham (1958)' in teorisine benzer şekilde kama penetrasyonu için plastiklik analizi sunmuşlardır. Yaptıkları deneysel çalışmalar teorileri ile uyum göstermektedir. Ayrıca kayaç cinsi ve ortamın (kuru, yağlı, basınçlı yağlı) kama-kayaç sürtünmesi üzerinde önemli etkiye sahip olmadığı sonucuna varmışlardır.

Miller ve Sikarskie (1968), statik olarak yüklenen 5 adet üç boyutlu dişin (2 konik, 2 küresel, 1 piramit) kayaç - batma karakteristiklerini teorik ve deneysel olarak incelemişlerdir. Teori, Paul ve Sikarskie (1965)' nin kama şekilli dişler için yaptıkları çalışmanın üç boyutlu dişlere uyarlanmasından ibarettir. Çalışmada chiplerin konik şekilli olduğu ve birbirine benzediği kabul edilmiştir. Dişler, ezilme kuvveti, chipping için gerekli gerilme ve spesifik çatlatma enerjisine göre kıyaslanmıştır. Ayrıca aynı şartlarda kama dişlerle yapılan deney sonuçları ile karşılaştırma yapılmıştır. Kayaç dayanımının etkisini görmek için farklı sertlikte iki kayaç (kireçtaşı ve granit) kullanılmıştır. Ayrıca, kireçtaşı üzerinde yataklanma düzleminin etkisi de incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir.

- Keskin uçlu konik dişin en verimli diş olduğu görülmüştür. Daha sonra sırayla diğer konik diş, piramit ve küresel dişler gelmektedir. Fakat burada, indeks mesafesi, gerilme konsantrasyonu ve diş aşınması gözönüne alınmadığı için kesin karar vermek hatalı olmaktadır. Ayrıca, spesifik çatlatma enerjisi bakımından dişler arasındaki fark granitte fazla değildir. Bu, küresel dişlerin yumuşak kayalara göre granit gibi sert kayalarda daha iyi performans gösterdiği anlamına gelebilir.
- Indiana kireçtaşında yataklanma düzlemine paralel duruma kıyasla dik penetrasyonda daha az spesifik enerjiye gerek duyulduğu görülmüştür.
- Kama dişler teorik ve pratik olarak lineer karakteristikler göstermelerine karşılık, üç boyutlu dişler teoriye göre lineer olmayan (parabolik) karakteristikler gösterirler. Numune parçalanması nedeniyle üç ve daha fazla chipping noktası verecek deneyler yapılamadığı için üç boyutlu diş karakteristikleri hakkında sonuca gidilememiştir.

- Üç boyutlu dişler ile kamalar ortalama spesifik çatlatma enerjisi açısından karşılaştırıldığında ortaya kesin bir sonuç çıkmamaktadır. Fakat keskin konik diş her durumda en düşük spesifik enerji gerektirmektedir.

Benjumea ve Sikarskie (1969), Paul ve Sikarskie (1965)' nin kama penetrasyonu teorisini, izotropik-kırılğan kayaçta yataklanma düzlemi etkisini incelemek için geliştirmişlerdir. Teoriyi anizotropik duruma uyarlamak için Mohr yenilme kriterinde Jeager' ın modifikasyonunu kullanmışlardır. Yataklanma düzlemine dik ve paralel durumlar gözönünde bulundurulmuş ve teori, deneysel sonuçlarla karşılaştırılmıştır.

Teori, çok küçük anizotropi değerleri için bile spesifik enerjide büyük değişiklikler olduğunu göstermektedir. Deneysel sonuçları Miller ve Sikarskie (1968)' nin de açıkladığı gibi, spesifik enerji değerinin yataklanma düzlemine paralel durum da, dik duruma göre çok daha büyük olduğunu göstermektedir. Zaten, yataklanma düzlemine paralel durumda karakteristik eğrinin eğimi daha büyüktür. Fakat ezilme fazı için durum tam tersidir. Teorik spesifik enerji değerleri pratiğe göre üniform olarak yüksektir. Bunun, yenilme kriterinin tüm yenilme düzlemi için geçerli kabul edilmesinden kaynaklandığı sanılmaktadır.

Morris (1969), küresel matkap dişiyle yaptığı penetrasyon deneyleri sonucu elde ettiği eğrilerin eğimini (batma-yük) delinebilirlik indeksi olarak tanımlamıştır. Bu indeks yardımıyla da ampirik bir delme hızı modeli geliştirmiştir.

Dutta (1972)' nin sunduğu penetrasyon teorisine göre, özellikle kör dişlerle penetrasyonda dişin altında ezilmiş ve sertleşmiş kama şekilli bir kayaç zonu meydana gelir. İlk ezilmeden sonra oluşan bu zon artan yük ile iyice sertleşerek kompakt hale gelir ve dişin rijit bir parçası gibi davranarak diş yükünü tamamıyla kayaca iletir.

Teori, verilen penetrasyon değeri için chipping kuvvetini hesaplayabilmektedir. Ayrıca, teoriye göre pik kuvvet noktalarının birleştirilmesi ile kama için doğru, konik diş için parabol elde edilir. Yapılan deney sonuçları ile teori uyum halindedir. Ayrıca, şu sonuçlar elde edilmiştir:

- Kompakt kayaç zonunun boyutu, dış geometrisi, penetrasyon miktarı ve içsel sürtünme açısına bağlıdır.
- Kompakt kayaç ve ana kayaç arasındaki sürtünme chipping kuvveti üzerinde önemli etkiye sahiptir.

Lundberg (1974), Miller ve Sikarskie (1968)' nin çalışmasına benzer şekilde konik dişlerle penetrasyon modeli geliştirmiştir. Teori, uç açıları 60° 'den 150° 'ye değişen konik dişlerle yapılan deney sonuçları ile karşılaştırılmıştır.

Lundberg, Paul ve Sikarskie (1965)' nin $\theta + \phi < 90^\circ$ chipping şartına karşılık $\theta < 60^\circ$ yi öne sürmüş ve deney sonuçları ile göstermiştir. $\theta > 60^\circ$ değerlerinde deneysel spesifik enerjinin hemen hemen sabit olduğu görülmüştür. Bu da, baskın ezilme olayını göstermektedir. Teorik sonuçlar deneysel sonuçlarla uyum halinde olmasına rağmen değer olarak yüksektir. Bu da, Coulomb yenilme kriterinin tüm yenilme düzlemi için geçerli varsayımından ileri gelmektedir.

Swain ve Lawn (1976), cam ve kırılğan kayaç penetrasyonunda çatlak oluşumunu teorik ve deneysel olarak incelemiştir. Teori, temel olarak Griffith-Irwin çatlak mekaniği prensibine dayanmaktadır. Keskin ve kör kama ile ve konik dişlerle cam üzerinde yapılan deneylerle teori karşılaştırılmış ve bunun kayaçlara uygulanabilirliğini göstermek için granit üzerinde deneyler yapılmıştır. Cam ile granit deneyleri arasında oldukça iyi uyum vardır. Fakat, keskin kama ile penetrasyondaki orta çatlakın kör kama ile penetrasyonda konik çatlakla dönüşmesi camda granite göre daha açıktır. Bu da, granitte kritik çatlakların cama göre daha kolay oluştuğundan kaynaklanmaktadır.

Lindqvist ve Hai-Hui (1983), Dutta (1972)' nin da üzerinde durduğu, dişin altında ezilen ve yeniden pekişen çok ince kayaç kırıntılarını deneysel olarak incelemiştir. Sıkıştırılan ince kayaç kırıntıları üzerinde bazı deneyler yapılmıştır. Aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

- Mermer gibi sünek kayaçların pekiştirilen kırıntılarının plastik davranışı ana kayacın davranışına benzemektedir.

- Pekişmede, ince kayaç kırıntılarının şekli ve pekişmeye yatkınlığı ile sıkıştırma kuvveti önemlidir.

Lindqvist (1984), tek ve iki noktalı penetrasyonda gerilme analizi yapmıştır. Analizde kayaç elastik-kırılgan kabul edilmiştir. Analizin, mevcut deneysel çalışma sonuçları ile oldukça uyumlu olduğu görülmüştür. Ayrıca, birden fazla diş ile aynı anda yüklemeye uzun orta çatlakların ve koni tipi çekme çatlaklarının kontrol edilebileceği sonucu elde edilmiştir. Bu durum özellikle tam cepheli tünel açma makinaları için önemli olmaktadır.

Cook ve diğ. (1984), dairesel - düz tabanlı dişler (punch) ile penetrasyon deneyleri yapmışlardır. Maksimum diş yükünün % 45' ine ulaşıncaya kadar kayacın elastik olarak deforme olduğu görülmüştür. Bu değerden sonra dişin çevresinde konik Hertzian çatlakları oluşmaya başlamaktadır. Artan yük ile mikroçatlak oluşumu Hertzian çatlaklarını kuşatır. Maksimum diş yüküne ulaşıldığında mikroçatlak bölgesindeki çatlaklar yüzeye ulaşarak chip oluştururlar.

Penetrasyon kuvvetinde, diş çapı artışı ile az bir artış görülürken, çevre basıncı artışı ile farkedilebilir bir artış görülmektedir. Hatta düşük çevre basınçlarında chip oluşmadan numune parçalanmıştır. Elastiklik teorisi ile parçalanma olayının yarı-sınırlı kayaç yüzeyinde de oluşabileceği gösterilmiştir.

Ranman (1985), kayaç penetrasyonu ve kesme teorilerindeki, bütün chiplerin aynı geometriye sahip olması varsayımının geçerliliğini deneysel olarak incelemiştir. Sonuç olarak, chip' in boyut ve şeklini tahmin etmenin mümkün olmadığı ortaya çıkmıştır. Kuvvet belirli bir noktaya ulaştığı zaman, boyuta bağlı olmaksızın chip oluşmaktadır. Chip boyutu sadece kayacın özelliklerine bağlı olmaktadır.

Larson ve diğ. (1987), kama ile penetrasyon testi, ayırma testi (splitting test) ve kenar chipping testi (edge chipping test) yaparak sonuçları karşılaştırmışlardır. Testlerde çatlak oluşumu ve yayılması gözlenmiştir. Kenar chipping yönteminin kontrol edilebilen çatlama düzeniyle diğer yöntemlerden 100 kat daha verimli olduğu

görülmüştür. Bu, aşırı kayaç ezilmesi ve sürtünmenin elimine edilmesinden kaynaklanmaktadır.

Pang ve diğ. (1989), gevrek kayaçlar için bir kuvvet-penetrasyon modeli geliştirmişler ve geçerliliğini kontrol için deneyler yapmışlardır. Ayrıca, önceki çalışmalarla da karşılaştırma yapılmıştır. Modelde Weibull denilen parametre de gözönünde bulundurulmuştur. Weibull parametresi genellikle kayaç özellikleri (basınç dayanımı, tane boyutu, sertlik vs.) ve dişin uç açısından etkilenmektedir.

Teorik olarak, kama için lineer, konik diş için parabolik olarak bulunan ezilme fazının deneylerde de böyle olduğu görülmüştür. Fakat, Miller ve Sikarskie (1968)' ye göre her iki durumda da lineerdir.

Chipping fazı teorik olarak her iki diş için de lineerdir. Pratikte de lineere çok yakın bulunmuştur. Bu, önceki çalışmalarda da böyledir.

Kama diş için, pik noktaların birleştirilmesi ile teorik ve deneysel olarak ters konkav eğri elde edilmektedir. Halbuki, eski çalışmalara göre lineer doğru elde edilmektedir. Bu fark, Weibull parametresinden kaynaklanmaktadır.

Konik diş için, pik noktaların birleştirilmesi ile eski teorilere göre parabol elde edilir. Deneylerle desteklenen yeni modele göre durum Weibull parametresine (m_c) bağlıdır; $m_c = 1/2$ ise lineer, $m_c < 1/2$ ise düz konkav, $m_c > 1/2$ ise ters konkav.

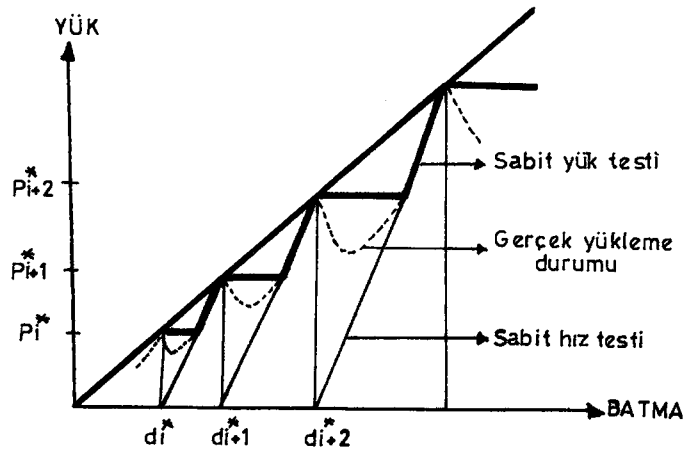
Pang ve Goldsmith (1990), Pang' ın çatlak oluşum teorisinin geçerliliğini kontrol için elastik-kırılgan kayaç üzerinde kama, konik ve küresel dişler ile dinamik ve statik penetrasyon deneyleri yapmışlardır. Deney sonuçları ile teori arasında oldukça iyi uyum olduğu görülmüştür. Çoğu deney sonuçlarında üç zon görülmüştür: Ezik zon, minör çatlak zonu ve major çatlak zonu. Ezik zon, dişin tam altındadır ve çok ince kayaç kırıntıları ile kayaç tozundan meydana gelir. Çok düşük yük haricinde bütün testlerde görülür ve çoğunlukla simetriktir. Minör çatlak zonu, ezik zonun altında,

2 mm' den kısa çatlakçıklardan oluşur ve çoğunlukla radyal olarak dağılırlar. Major çatlak zonu minör çatlak zonunun altında, 2 mm' den uzun çatlaklardır.

6.3. Penetrasyon Deneyi

Deneyde döner (rotary) delicilerde kullanılan konili matkaplardan çıkarılan diş laboratuarda kayaç numunesi üzerine batırılır. Sonuçta yük - batma eğrisi elde edilir. Bu karakteristik eğrinin eğimi α (kg/mm) delinebilirlik indeksi olarak tanımlanmaktadır. Bu indeks yardımıyla matkap tipi, matkap baskısı, ortalama delme hızı ve yaklaşık matkap ömrü belirlenebilir (Morris, 1969).

Literatürde (Paul ve Sikarskie, 1965), sabit hız testi ve sabit yük testi olmak üzere iki teorik penetrasyon testi geçmektedir. Sabit hız testinde matkap dişi sabit bir hızla kayaca batırılır. Chip oluşumundan sonra daha fazla penetrasyona izin verilmediği için kuvvet sıfıra düşer. Sabit yük testinde ise yük monoton olarak artırılır. Chip oluştuğu zaman diş ani olarak aşağı iner, fakat yükde düşme olmaz. Gerçek yükleme durumunda ise dişin üzerindeki yük monoton olarak artırılırken chip oluştuğu zaman yükde ani düşme olur, fakat bu düşüş sıfıra kadar olmaz. Her iki testteki yükleme ile gerçek yükleme durumu Şekil 6.3' de görülmektedir.



Şekil 6.3. Sabit Hız Testi, Sabit Yük Testi ve Gerçek Yükleme Grafiği (Paul ve Sikarskie, 1965).

Penetrasyon deneyi İTÜ Maden Fakültesi laboratuvarında bulunan Stiff Test Cihazı yardımıyla yapılmıştır (Şekil 6.4). Test sistemi Şekil 6.5' de de şematik olarak görülmektedir. Sistemin özellikleri şöyle sıralanabilir:

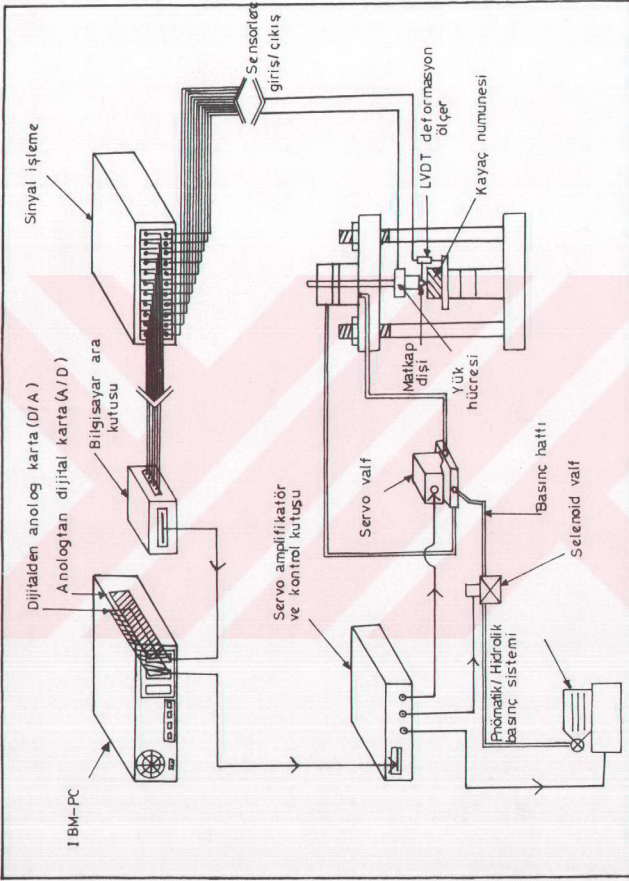
- Statik ve dinamik şartlarda 3.12 MN yüklem kapasitesi
- 52.5 MN/mm katılık
- Ani iniş ve çıkışlara izin vermeyen gerilme ve birim deformasyon kontrolü,
- 0.22 MN, 1.1 MN ve 3.2 MN kapasitelerinde deformasyon geri beslemesine uygun yük hücreleri,
- Çalışma sınırları ± 6.35 mm olan deformasyon geri beslemesine uygun LVDT deformasyon ölçer,
- Çalışma sınırları ± 0.25 mm olan üç adet yanal ve üç adet aksenal LVDT birim deformasyon ölçer.



Şekil 6.4. Stiff Test Cihazının Görünüşü.

Sistemin GCTS yazılımının özellikleri ise aşağıdadır:

- 6 kapalı devre servo kanalının eş zamanlı kontrolünü yapabilmektedir.
- Her hangi bir algılayıcıdan veya algılayıcıya düzgün bir kontrol transferi sağlar.



Şekil 6.5. Stiff Test Sisteminin Şematik Görünüşü.

- Veri işlem ve kontrol işlevini arka planda gerçekleştirir.
- 32 kanaldan data elde edebilir.
- Rampa, basamak, sinüs, kare, üçgen ve gelişigüzel önceden tanımlanmış fonksiyonları kapsayan bir dalga yapıcısına sahiptir. Ayrıca diğer dalga şekilleri de kullanıcının oluşturduğu ASCII dosyası ile tanımlanabilir.
- Giriş ve çıkış kanallarının volt veya mühendislik birimleri cinsinden gerçek zamanlı grafikleri alınabilir.
- Çeşitli düzenleme yetenekleri ile donatılmış çok çeşitli grafik özelliğine sahiptir.

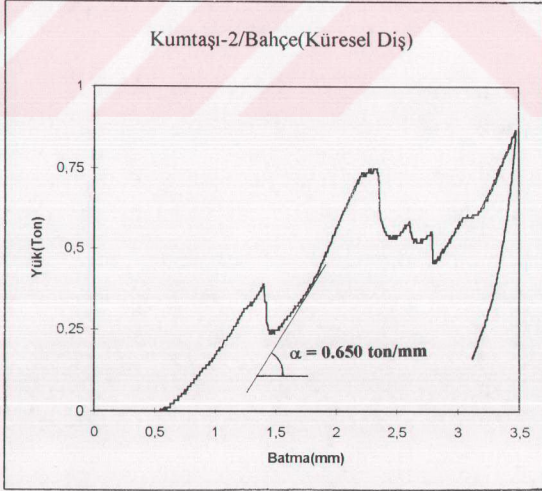
Deney 22 ayrı formasyon üzerinde yapılmıştır. Çelik bir yuva içine oturtulan yarım uç açısı (θ) 30° konik ve 7 mm çaplı küresel iki adet konili matkap dişi (TC) ortalama $13 \times 20 \times 12$ cm boyutundaki kayaç numunelerine atmosferik ortamda batırılmıştır. $0.22 \text{ MN}'$ luk yük hücresi ve $0.25 \text{ mm/V}'$ luk LVDT deformasyon ölçer kullanılmıştır. Deney süresi 3 dakika ve batma miktarı 3 mm alınmıştır. Fakat, bazı numuneler penetrasyon 3 mm' ye ulaşmadan çatlamıştır. Bu, numune boyutunun küçüklüğünden kaynaklanmıştır. Laboratuardaki taş kesme bıçağının küçük olması nedeniyle numuneler daha büyük boyutta hazırlanamamıştır.

Yapılan deneylere ait tüm eğriler Ek-M' de verilmiştir. Burada, eğrilerde de görülebilen deneylerde yapılan bir hatadan bahsetmek yerinde olacaktır. Taş kesme bıçağının küçük olması nedeniyle numuneler istenilen düzgünlükte kesilememiştir. Dolayısıyla deneyin başlangıcında numunede bir oturma meydana gelmektedir. Bu esnada kayaç yük almamakta, fakat dış batıyormuş gibi görünmektedir. Bu durum eğrilere, sıfır yükde bir batma varmış gibi aksetmiştir. Eğrilerin incelenmesiyle aşağıdaki sonuçlar çıkarılabilir:

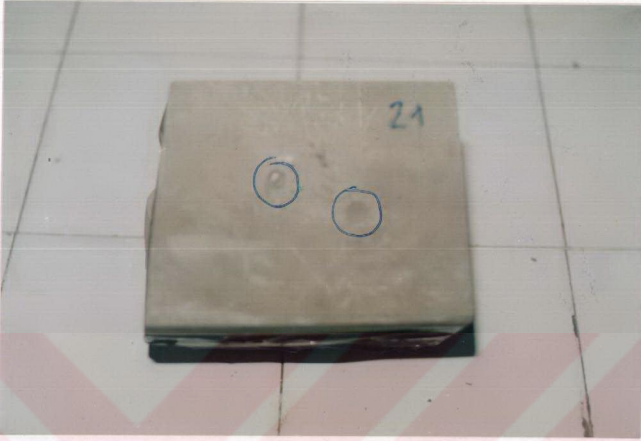
- Görüldüğü gibi eğriler sürekli ve süreksiz olmak üzere iki çeşittir. Bu durum kayaçların elastik özelliklerinden ve dişin uç açısından kaynaklanmaktadır. Elastik ve kırılğan kayaçlarda diş batarken belli bir yükten sonra kayaçtan küçük bir parça (Chip) kopar (Şekil 6.6), batma derinliği aniden artarken yükte de düşme görülür. Dolayısıyla eğri kesikli olur (Şekil 6.7). Kırılğan olmayan kayaçlarda ise chipping olmadığı için (Şekil 6.8) eğri süreklilik arz etmektedir (Şekil 6.9).



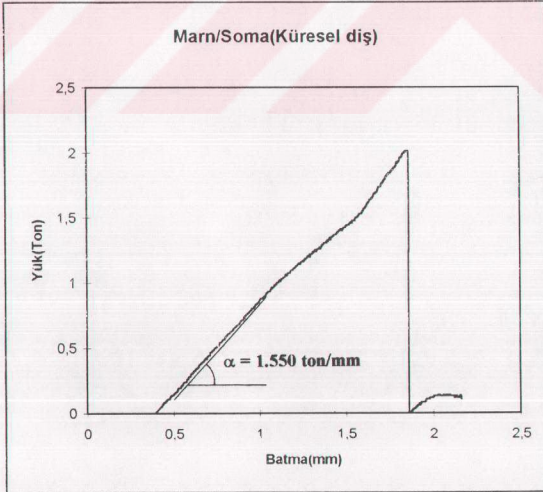
Şekil 6.6. Chip Oluşumu Veren Deney Numunesi Örneği.



Şekil 6.7. Kumtaşı-2 (Bahçe)'nin Yük-Batma Eğrisi.



Şekil 6.8. Chip Oluşumu Vermeyen Deneysel Numunesi Örneği.



Şekil 6.9. Marn (Soma)'ın Yük-Batma Eğrisi.

- Şekil 6.7 ve 6.9' da görüldüğü gibi chip'in oluştuğu yük değerinin % 50'sinden çizilen teğetin eğiminden delinebilirlik indeksi (α) bulunmuştur. Bulunan bu değerler Tablo 6.1' de toplu olarak verilmiştir. Tablodaki değerler incelendiğinde konik dişe göre küresel dişi batırmak için daha fazla kuvvete gerek duyulduğu görülür. Bir kaç kayada bunun tersi olması yerel anomalilerden veya alınan bazı numunelerin tesadüfen örselenmiş olmasından kaynaklanabilir. Daha önce bahsedildiği gibi literatürde (Gnirk ve Cheatham, 1963; Paul ve Sikarskie, 1965) de dişin uç açısı arttıkça penetrasyon kuvvetlerinin arttığı ifade edilmektedir.

Tablo 6.1. Yük-Batma Eğrilerinden Elde Edilen Delinebilirlik İndeksi Değerleri .

Yer	Formasyon	Konik Diş İçin Delinebilirlik İndeksi ($\alpha_{kon-k g/mm}$)	Küresel Diş İçin Delinebilirlik İndeksi ($\alpha_{kür-k g/mm}$)
Bahçe	Dolomit	7100	5170
Erikli	Kireçtaşı	1500	2350
Bahçe	Kumtaşı-1	4300	6900
Erikli	Marn	820	1100
Erikli	Diyabaz	3450	4800
Bahçe	Kumtaşı-2	450	650
Erikli	Serpantin	-----	1440
Pozantı	Kireçtaşı	1880	4600
Pozantı	Killi kireçtaşı	800	650
Yahyalı	Hematit	2650	2900
Konya	Serpantin	5460	6200
Darıca	Dolomit	3600	4650
Darıca	Kireçtaşı	-----	2500
Adana	Kireçtaşı	680	500
Misis	Kireçtaşı	3700	3800
Soma(Işıklar)	Marn	1550	1550
Seyitömer	Marn	85	115
Tunçbilek(36 pano)	Marn	1040	120
Tunçbilek(Beke)	Marn	270	380
Orhaneli	Tüf	83	62
Emet	Kumtaşı	550	900
Emet	Kireçtaşı	1600	1800

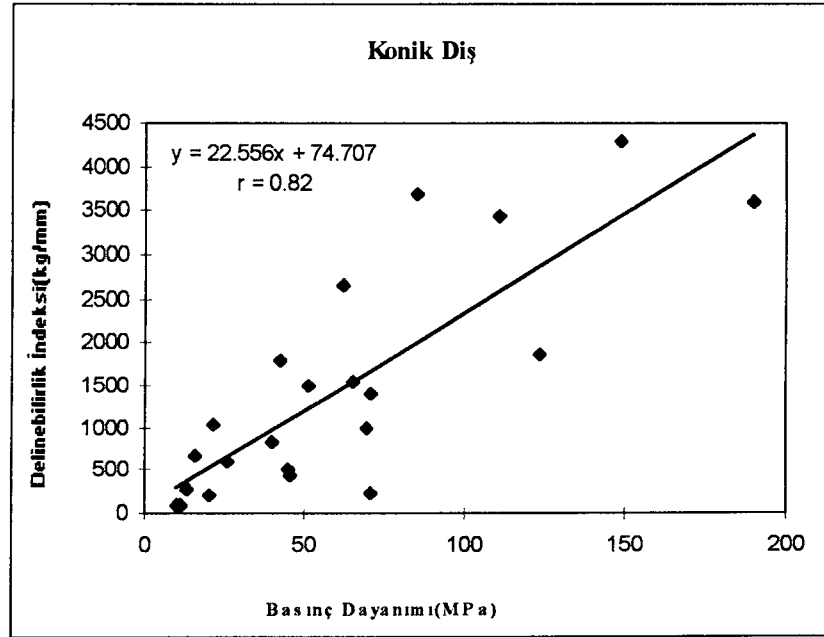
- Ezilme fazının genellikle parabolik, chipping fazının ise lineer ya da lineere yakın olduğu görülmektedir. Pang ve diğ. (1989) tarafından da ezilme fazının kama için lineer, konik diş için parabolik, chipping fazının ise her iki diş için de lineer olduğu açıklanmaktadır.
- Pang ve diğ. (1989) kama dişin penetrasyonunda eğrilerin pik noktalarının (Chipping noktası) birleştirilmesiyle ters konkav eğri elde edildiğini göstermişlerdir. Konik dişin penetrasyonunda ise durum Weibull parametresine (m_c) bağlıdır. Bu parametre kayaç özellikleri ve dişin uç açısına göre değişmekte olup, pik noktaların birleştirilmesiyle $m_c=1/2$ ise lineer, $m_c<1/2$ ise düz konkav, $m_c>1/2$ ise ters konkav eğri elde edilir. Chipping olayı gösteren kayaçlarda eğrinin lineer mi, yoksa konkav mı olduğuna karar verebilmek için en az üç chipping noktası olmalıdır. Eğriler incelendiğinde bahsedilen üç tür eğrinin de bulunması sonuçların Pang ve diğ.(1989)' nin bulduğu sonuçlarla uyumlu olduğunu göstermektedir.

6.4. Delinebilirlik İndeksinin Kayaçların Mekanik ve Fiziksel Özellikleri ile İlişkisi

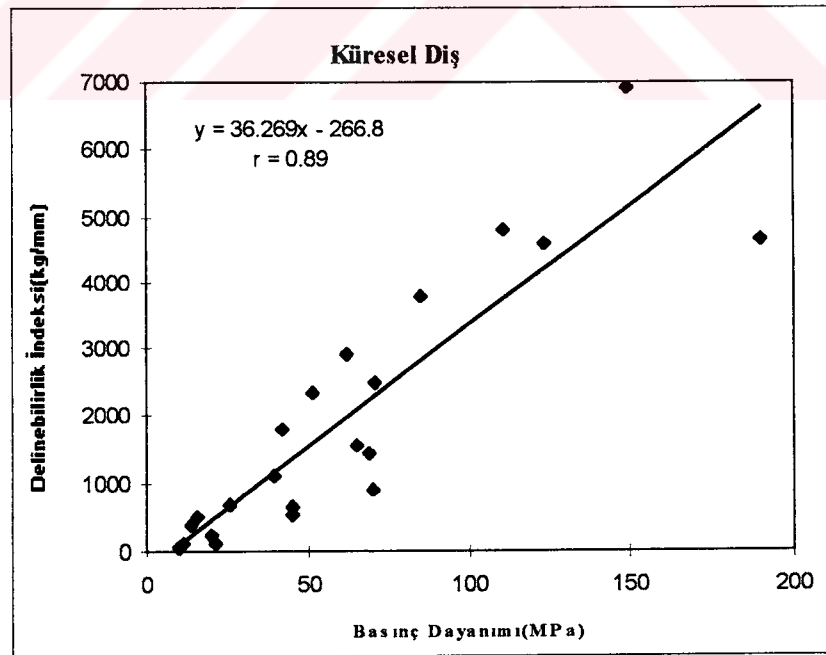
Kayaçların mekanik ve fiziksel özellikleri Bölüm 5' de verilmiştir. Bu özelliklerle delinebilirlik indeksinin değişimleri konik ve küresel diş için ayrı ayrı Şekil 6.10 - 6.25' de görülmektedir.

Basınç dayanımı, çekme dayanımı ve nokta yük indeksi arttıkça delinebilirlik indeksi de lineer olarak artmaktadır. Schmidt değeri, elastik modül ve yoğunluk arttıkça delinebilirlik indeksi üssel olarak artmaktadır. Bu artış Schmidt ve yoğunluk için hızla artan bir karakter gösterirken elastik modül için gittikçe azalan bir artış şeklindedir. Darbe dayanımı ve sismik hız artışıyla delinebilirlik indeksi eksponansiyel olarak artmaktadır. Kuvars miktarı ile delinebilirlik indeksi arasında ise bir ilişki bulunamamıştır.

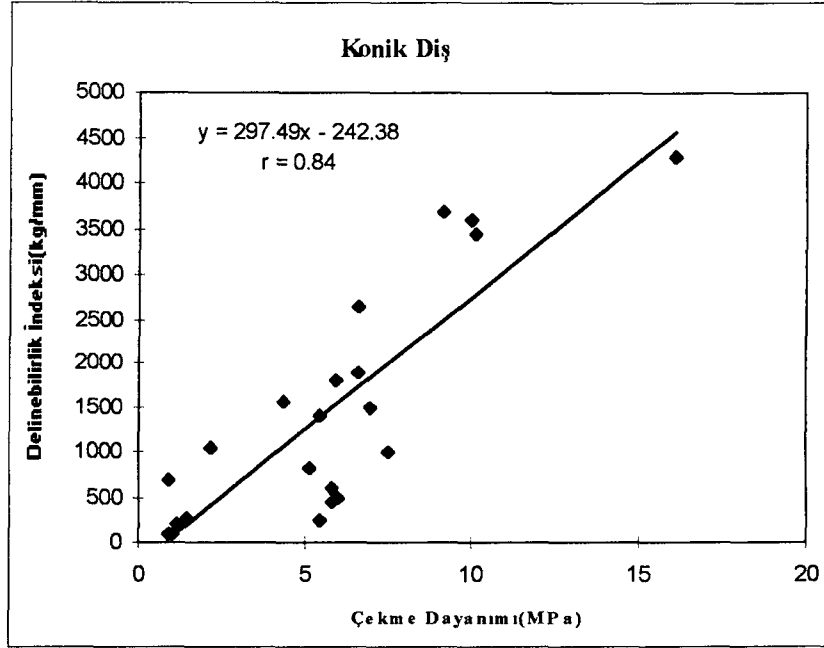
Sonuç olarak, delinebilirlik indeksi ile kayaçların mekanik ve fiziksel özellikleri arasında yakın ilişki olduğu söylenebilir.



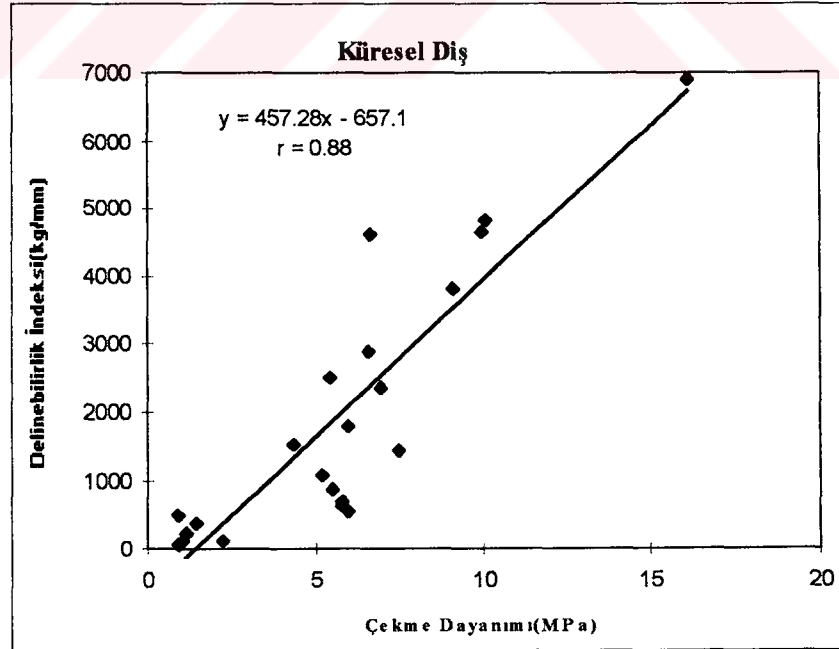
Şekil 6.10. Konik Diş İçin Delinebilirlik İndeksi ile Basınç Dayanımı İlişkisi.



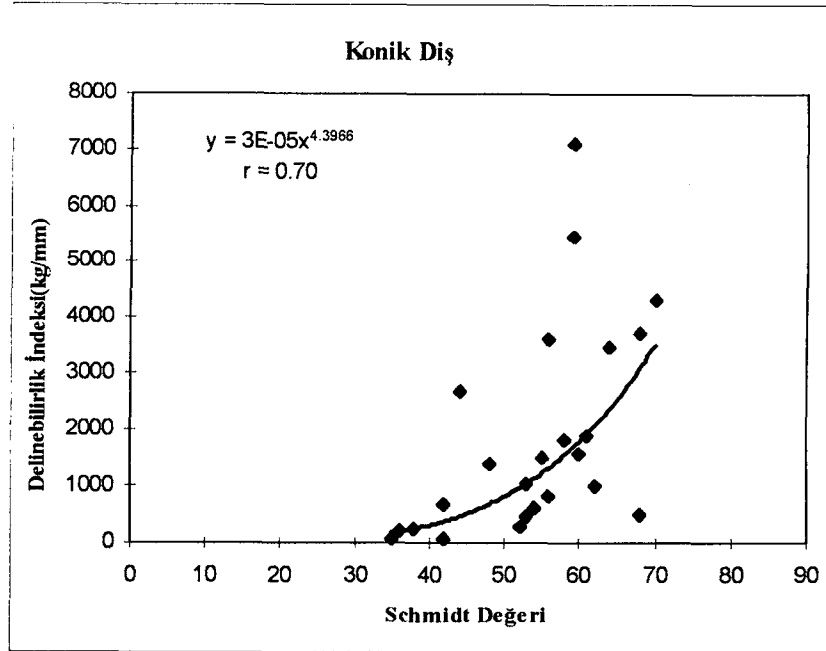
Şekil 6.11. Küresel Diş İçin Delinebilirlik İndeksi ile Basınç Dayanımı İlişkisi.



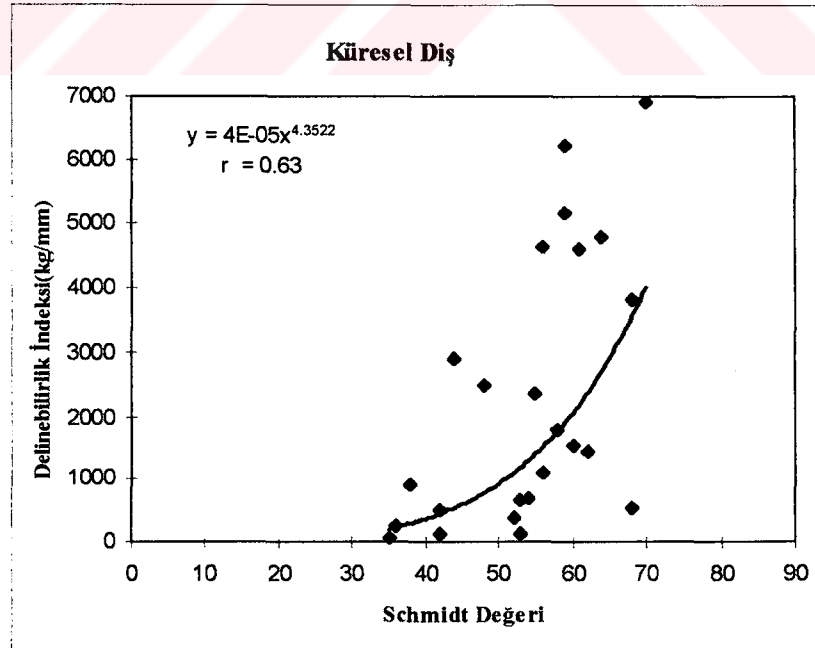
Şekil 6.12. Konik Diş İçin Delinebilirlik İndeksi ile Çekme Dayanımı İlişkisi



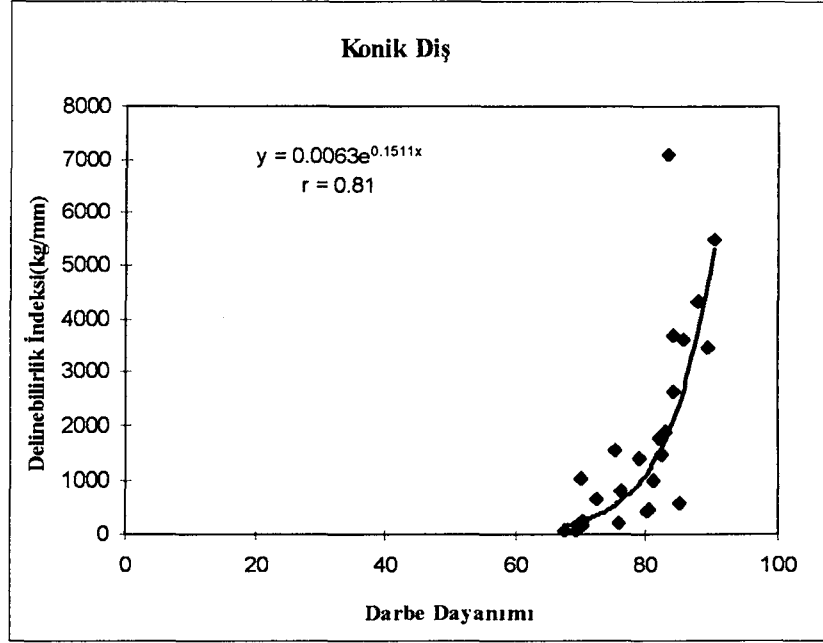
Şekil 6.13. Küresel Diş İçin Delinebilirlik İndeksi ile Çekme Dayanımı İlişkisi.



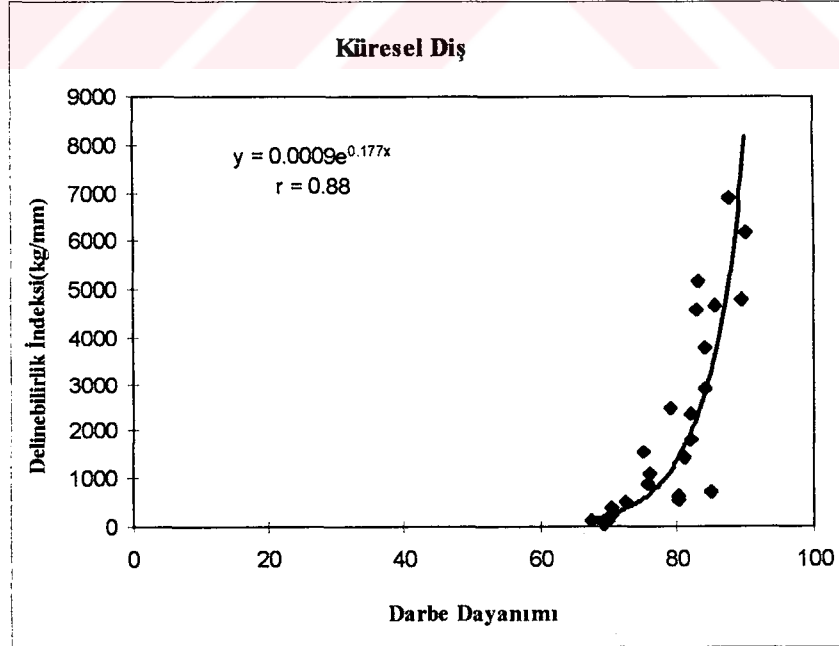
Şekil 6.14. Konik Diş İçin Delinebilirlik İndeksi ile Schmidt Değeri İlişkisi.



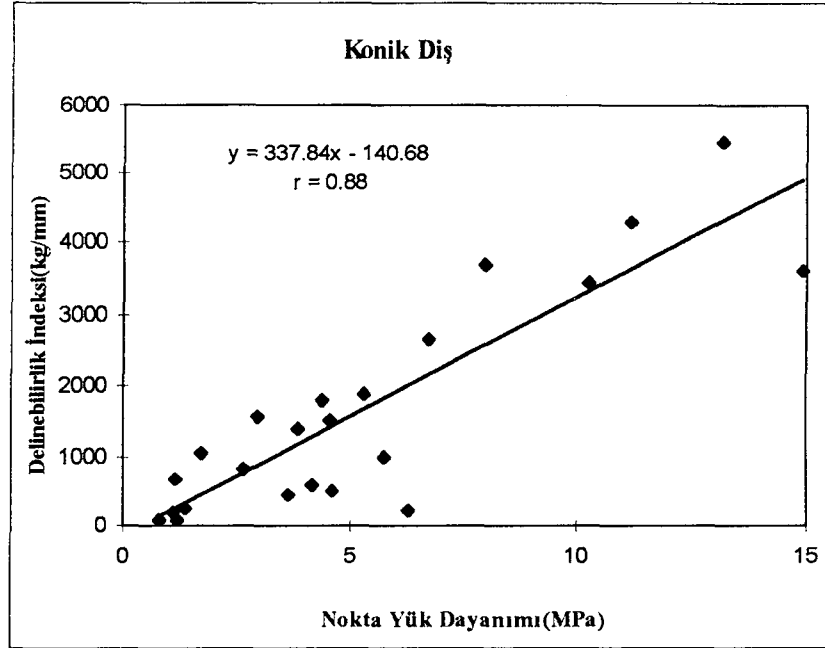
Şekil 6.15. Küresel Diş İçin Delinebilirlik İndeksi ile Schmidt Değeri İlişkisi.



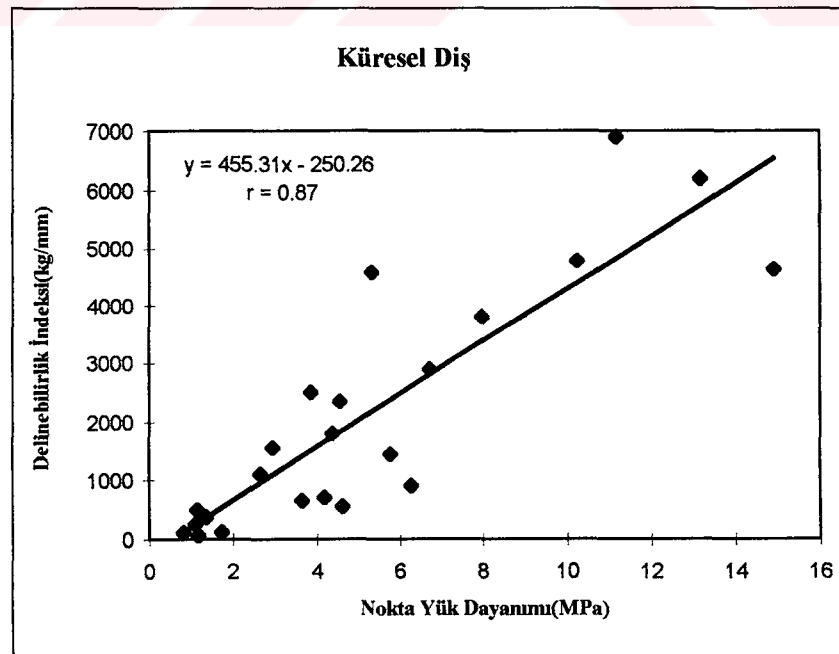
Şekil 6.16. Konik Diş İçin Delinebilirlik İndeksi ile Darbe Dayanımı İlişkisi.



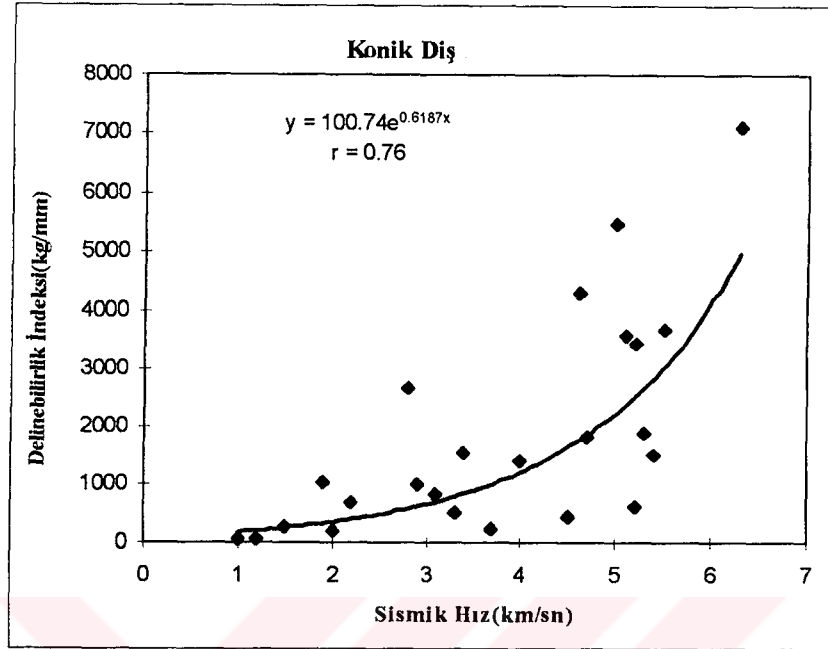
Şekil 6.17. Küresel Diş İçin Delinebilirlik İndeksi ile Darbe Dayanımı İlişkisi.



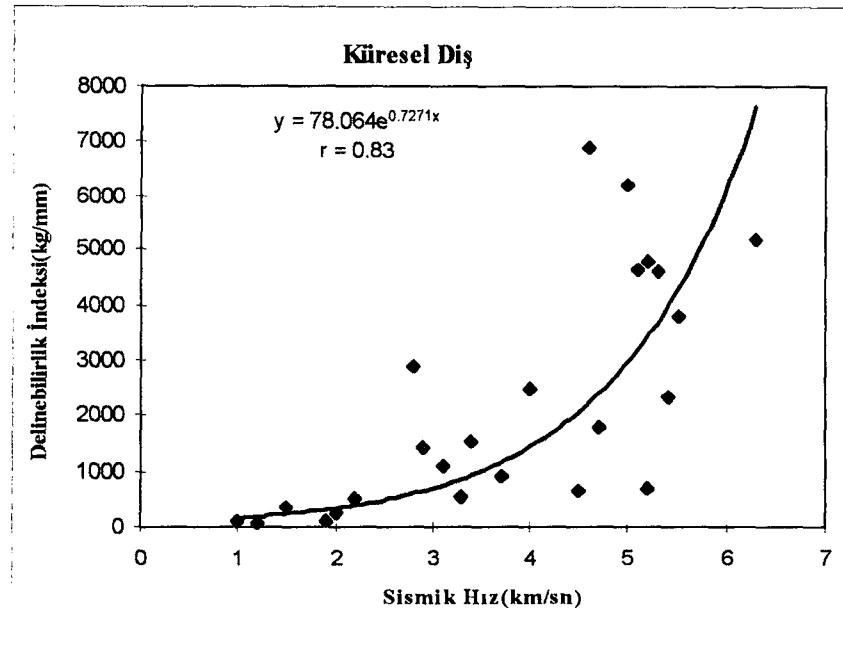
Şekil 6.18. Konik Diş İçin Delinebilirlik İndeksi ile Nokta Yük Dayanımı İlişkisi.



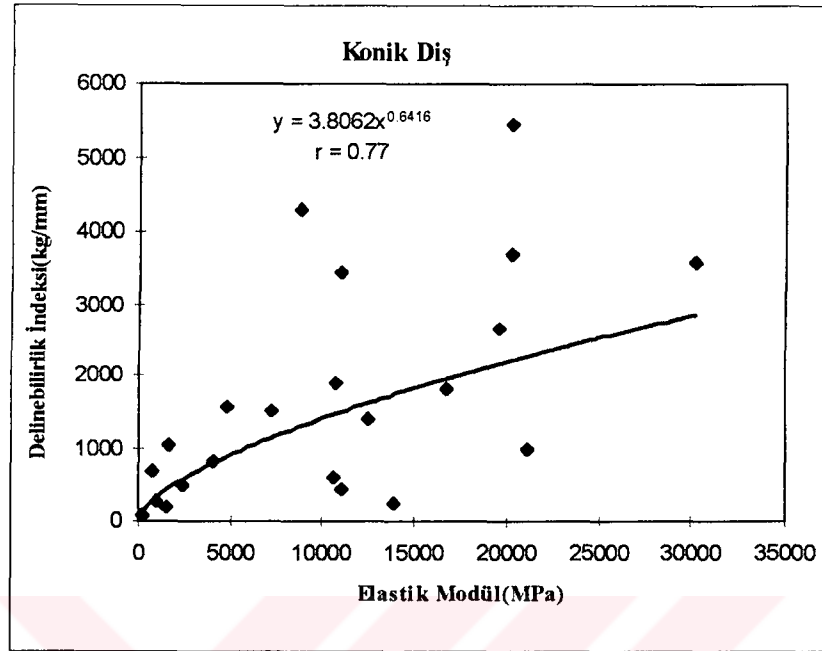
Şekil 6.19. Küresel Diş İçin Delinebilirlik İndeksi ile Nokta Yük Dayanımı İlişkisi.



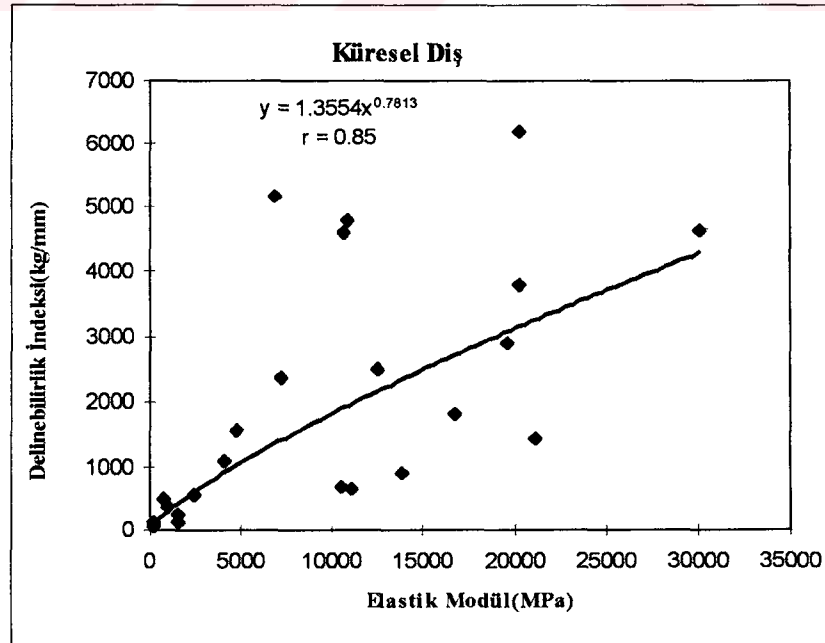
Şekil 6.20. Konik Diş İçin Delinebilirlik İndeksi ile Sismik Hız İlişkisi.



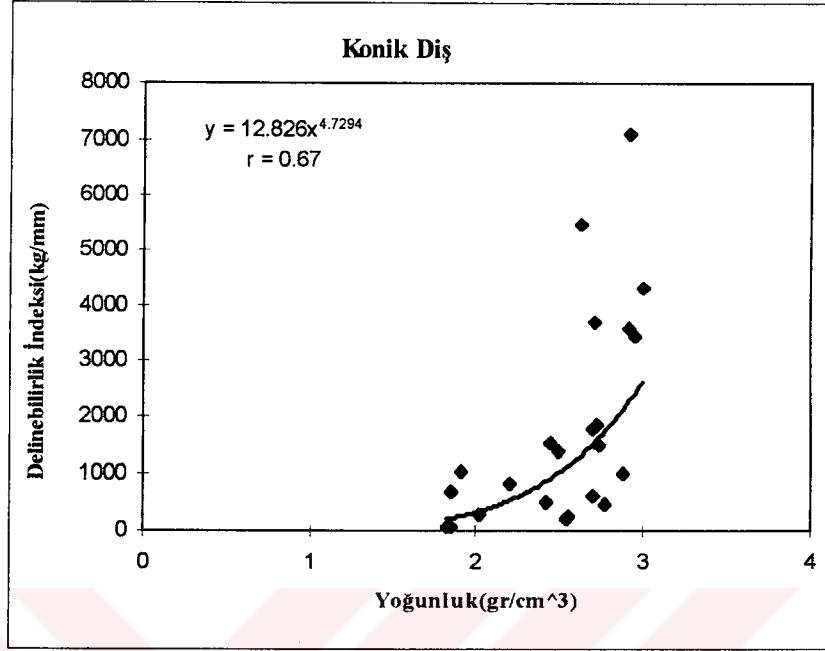
Şekil 6.21. Küresel Diş İçin Delinebilirlik İndeksi ile Sismik Hız İlişkisi.



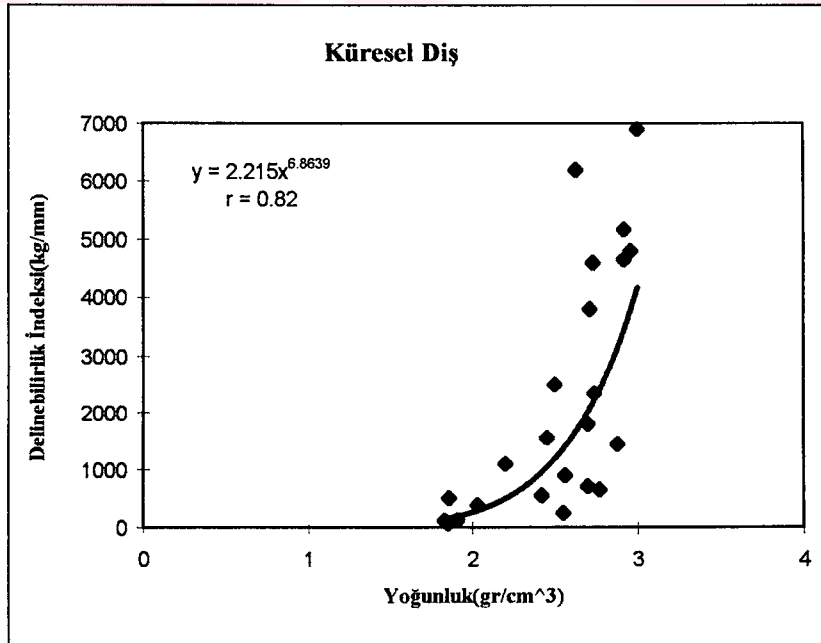
Şekil 6.22. Konik Diş İçin Delinebilirlik İndeksi ile Elastik Modül İlişkisi.



Şekil 6.23. Küresel Diş İçin Delinebilirlik İndeksi ile Elastik Modül İlişkisi.



Şekil 6.24. Konik Diş İçin Delinebilirlik İndeksi ile Yoğunluk İlişkisi.



Şekil 6.25. Küresel Diş İçin Delinebilirlik İndeksi ile Yoğunluk İlişkisi.

6.5. Delinebilirlik İndeksi Yardımıyla Geliştirilen Delme Hızı Modeli

Modelin geliştirilmesi Morris (1969) yaklaşımı yardımıyla yapılacaktır. Bir konili matkabın delme hızı aşağıdaki gibi ifade edilebilir:

$$DH = Np \quad (6.2)$$

Burada,

DH = Delme hızı (cm/dk)

N = Dönme hızı (dv/dk)

p = Bir dönüşteki matkap ilerleme miktarı (cm/dv)

p'nin matkap dişinin batma derinliği p' ile doğru orantılı olduğu ($p=kp'$) varsayılırsa (6.2) eşitliği aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$DH = Nkp' \quad (6.3)$$

Konili matkabın bir seferde kayaçla temas eden diş sayısı I ile delinebilirlik indeksini elde etmek için uygulanan F yükü çarpılarak matkaba uygulanacak efektif yük (W) elde edilir:

$$W = FI \quad (6.4)$$

Kayaçla temas eden diş sayısı ise tüm diş sayısının (C_t) % 8'i olduğuna göre bu değer (6.4) eşitliğinde yerine yazılabilir;

$$W = 0.08FC_t \quad (6.5)$$

Konili matkaptaki tüm diş sayısı matkap çapının bir fonksiyonu olup aşağıdaki gibi ifade edilebilir (Eskikaya ve Bilgin,1993):

$$C_t = cD \quad (6.6)$$

Burada,

C_t = Matkaptaki diş sayısı

D = Matkap çapı (cm)

c = 6-7 arasında değişen bir katsayı

Delinebilirlik indeksi de aşağıdaki gibi yazılabilir:

$$\alpha = \frac{F}{p'} \quad (\text{kg/mm}) \quad (6.7)$$

Sonuç olarak (6.2) denklemini aşağıdaki gibi yazılabilir:

$$DH = \frac{kNW}{0.08\alpha Dc} \quad (\text{m/dk}) \quad (6.8)$$

k katsayısı matkap dişinin uç açısına ve kayacın özelliklerine göre değişmektedir. (6.8) eşitliğinde k çekilerek Ek -C' de verilen arazi gözlem sonuçları yardımıyla her gözlem için bu değer konik ve küresel diş için ayrı ayrı hesaplanmıştır (Tablo 6.2). Bulunan değerlerin ortalaması alınarak konik diş için $k_{kon} = 0.0224 \pm 0.018$, küresel diş için $k_{kür} = 0.0181 \pm 0.013$ elde edilmiştir. Bu değerler yardımıyla tahmin edilen hız ile gerçek hız değerlerinin karşılaştırması Tablo 6.3 ve Şekil 6.26' da verilmiştir. Ayrıca, aşağıda verilen Praillet (1990) modeliyle de karşılaştırma yapılacaktır.

$$DH = \frac{0.14WN}{\sigma_c D^{0.9}} \quad (6.9)$$

Burada,

DH = Delme hızı (m/dk)

W = Baskı (kg)

N = Dönme hızı (dv/dk)

D = Matkap çapı (cm)

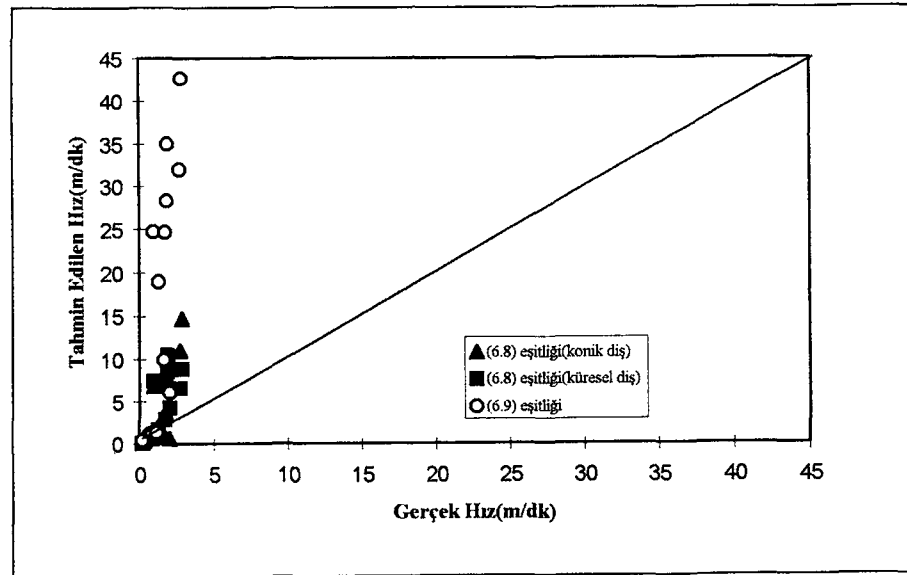
σ_c = Basınç dayanımı (MPa)

Tablo 6.2. (6.8.) Eşitliği Yardımıyla Hesaplanan k değerleri.

Yer	Formasyon	Basınç Day. (MPa)	Baskı (kg)	Dönme (dv/dk)	$k_{kür}$	k_{kon}
Soma(Işıklar)	Marn	64.9	5935	120	0.0266	0.0266
Soma(Işıklar)	Marn	64.9	5744	119	0.0203	0.0203
Soma(Işıklar)	Marn	64.9	4595	119	0.0298	0.0298
Soma(Işıklar)	Marn	64.9	5935	119	0.0259	0.0259
Soma(Işıklar)	Marn	64.9	5361	119	0.0256	0.0256
Soma(Işıklar)	Marn	64.9	5361	120	0.0272	0.0272
Orhaneli	Tüf	10.1	3180	119	0.0053	0.0040
Orhaneli	Tüf	10.1	3829	122	0.0044	0.0033
Orhaneli	Tüf	10.1	4595	72	0.0031	0.0023
Seyitömer	Marn	11.4	6127	119	0.0043	0.0058
Seyitömer	Marn	11.4	4595	119	0.0055	0.0075
Tunçbilek(36 pano)	Marn	21.4	3063	120	0.075	0.0087
Tunçbilek(36 pano)	Marn	21.4	5089	119	0.037	0.0043
Tunçbilek(Beke)	Marn	13.5	4978	119	0.0100	0.0145
Tunçbilek(Beke)	Marn	13.5	3829	119	0.0102	0.0143
Pozantı	Killi kireçtaşı	45.1	3318	75	0.0322	0.0262
Emet	Kumtaşı	70.5	1493	72	0.0180	0.0294
Emet	Kireçtaşı	42.1	829	75	0.0441	0.0500
Ortalama:					0.0224	0.0181
					±0.018	±0.013

Tablo 6.3. Tahmin Edilen Hız Değerleri ile Gerçek Değerlerin Karşılaştırması.

Yer	Formasyon	Baskı (kg)	Dönme (dv/dk)	Gerçek Hız (m/dk)	(6.8) Eşitliğinden Hes. Hız (konik diş için) (m/dk)	(6.8) Eşitliğinden Hes. Hız (küresel diş için) (m/dk)	(6.9) Eşitliğinden Hes. Hız (m/dk)
Soma(Işıklar)	Marn	5935	120	0.94	0.78	0.64	1.30
Soma(Işıklar)	Marn	5744	119	0.69	0.75	0.61	1.25
Soma(Işıklar)	Marn	4595	119	0.81	0.60	0.49	0.99
Soma(Işıklar)	Marn	5935	119	0.91	0.78	0.63	1.29
Soma(Işıklar)	Marn	5361	119	0.81	0.70	0.57	1.16
Soma(Işıklar)	Marn	5361	120	0.87	0.71	0.58	1.17
Orhaneli	Tüf	3180	119	1.87	7.78	8.50	28.72
Orhaneli	Tüf	3829	122	1.90	9.61	10.50	35.45
Orhaneli	Tüf	4595	72	0.94	6.81	7.43	25.11
Seyitömer	Marn	6127	119	2.86	14.65	8.83	43.25
Seyitömer	Marn	4595	119	2.73	10.98	6.62	32.43
Tunçbilek(36 pano)	Marn	3063	120	2.05	0.60	4.26	6.14
Tunçbilek(36 pano)	Marn	5089	119	1.67	0.99	7.03	10.12
Tunçbilek(Beke)	Marn	4978	119	1.74	3.75	2.88	24.97
Tunçbilek(Beke)	Marn	3829	119	1.32	2.17	1.67	19.20
Pozantı	Killi kireçtaşı	3318	75	1.17	0.80	0.81	1.36
Emet	Kumtaşı	1493	72	0.41	0.51	0.25	0.24
Emet	Kireçtaşı	829	75	0.20	0.10	0.07	0.39



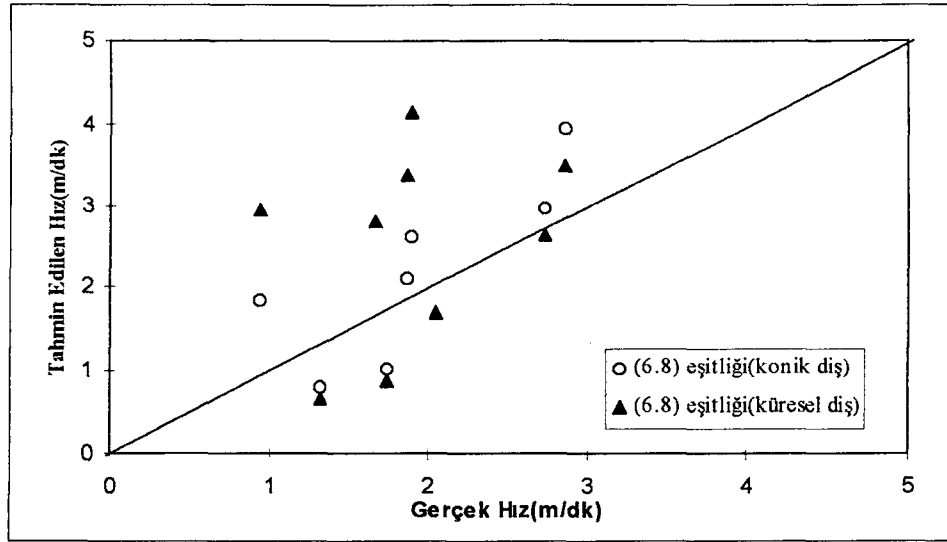
Şekil 6.26. Tahmin Edilen Hız Değerlerinin Gerçek Değerlerle Karşılaştırması

Tablo 6.3 ve Şekil 6.26' da görüldüğü gibi hem geliştirilen modelden hem de Praillet bağıntısından hesaplanan hız ile gerçek hız değerleri arasında bir ilişki yoktur. Bu, işletmelerde kullanılan matkap dişlerinin yaklaşık 40 MPa basınç dayanımının altındaki formasyonlar için uygun olmamasından (Baker Hughes Tool Company) kaynaklanmaktadır. Çünkü bu matkaplar delme yaparken kayalık yumuşak ise dişler kayaya gömülme, baskın öğütme işlemi olmakta ve dolayısıyla delme verimli olmamaktadır. Zaten, dikkat edilirse ortalama k değerlerinin standart sapması da çok yüksektir.

Tablo 6.2' ye bakıldığında k değerlerinin 40 MPa basınç dayanımı altı ve üstü için iki ayrı grupta yoğunlaştığı görülmektedir. Basınç dayanımı 40 MPa' ın altındaki formasyonlar için k değerlerinin ortalaması alındığında konik diş için $k_{kon} = 0.0061 \pm 0.0028$, küresel diş için $k_{kür} = 0.0072 \pm 0.0045$ değerleri bulunur. k_{kon} değeri bulunurken Tunçbilek (36 Pano) Marn formasyonunun k değerleri ortalamadan çok saptığı için değerlendirmeye alınmamıştır. Bu sapmanın yerel anomaliden kaynaklandığı sanılmaktadır. Bulunan ortalama k değerlerine göre geliştirilen modelden hesaplanan hız değerlerinin gerçek hız değerleri ile karşılaştırması Tablo 6.4 ve Şekil 6.27' de görülmektedir. Burada, konik diş için tahmin edilen değerlerin gerçek değerlerle az da olsa uyumlu olduğu, küresel diş için ise bu değerlerin uyumlu olmadığı görülmektedir. Konik diş için tahmin edilen değerlerin gerçek değerlerle az da olsa uyumlu olması 40 MPa' ın altındaki formasyonlar için yarım uç açısı (θ) 30° den küçük olan dişe sahip matkapların uygun olacağını gösterir.

Tablo 6.4. Basınç dayanımı 40 MPa' ın Altındaki Formasyonlar İçin Tahmin Edilen Hız değerlerinin Gerçek Değerlerle Karşılaştırması.

Yer	Formasyon	Baskı (kg)	Dönme (dv/dk)	Gerçek Delme Hızı (m/dk)	(6.8) Eşitliğinden Hes. Hız (m/dk) (konik diş için)	(6.8) Eşitliğinden Hes. Hız (m/dk) (küresel diş için)
Orhaneli	Tüf	3180	119	1.87	2.10	3.37
Orhaneli	Tüf	3829	122	1.90	2.60	4.16
Orhaneli	Tüf	4595	72	0.94	1.84	2.95
Seyitömer	Marn	6127	119	2.86	3.96	3.50
Seyitömer	Marn	4595	119	2.73	2.97	2.63
Tunçbilek(36 Pano)	Marn	3063	120	2.05	---	1.69
Tunçbilek(36 Pano)	Marn	5089	119	1.67	---	2.79
Tunçbilek(Beke)	Marn	4978	119	1.74	1.01	0.86
Tunçbilek(Beke)	Marn	3829	119	1.32	0.79	0.66

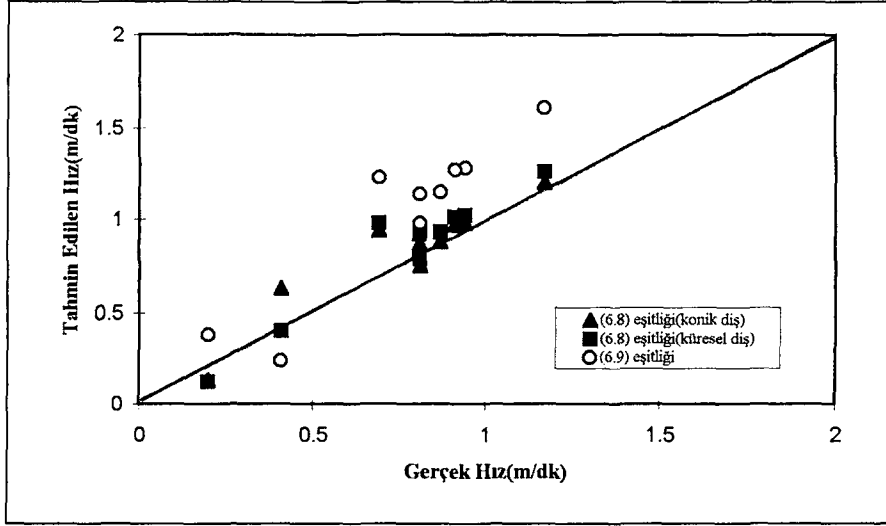


Şekil 6.27. Basınç Dayanımı 40 MPa'ın Altındaki Formasyonlar İçin Tahmin Edilen Hız Değerlerinin Gerçek Değerlerle Karşılaştırması.

Sadece, 40 MPa basınç dayanımının üzerindeki formasyonlar için hesaplanan k değerlerinin ortalamaları alındığında konik diş için $k_{kon} = 0.0277 \pm 0.007$, küresel diş için $k_{kur} = 0.0290 \pm 0.008$ değerleri bulunmuştur. Bu değerlere göre geliştirilen model ve Praillet bağıntısından hesaplanan hız değerlerinin gerçek hız değerleri ile karşılaştırması Tablo 6.5 ve Şekil 6.28' de görülmektedir.

Tablo 6.5. Basınç Dayanımı 40 MPa'ın Üzerindeki Formasyonlar İçin Tahmin Edilen Hız Değerlerinin Gerçek Değerlerle Karşılaştırması.

Yer	Formasyon	Baskı (kg)	Dönme (dv/dk)	Gerçek Delme Hızı (m/dk)	(6.8) Eşitliğinden Hes. Hız (m/dk) (konik diş için)	(6.8) Eşitliğinden Hes. Hız (m/dk) (küresel diş için)	(6.9) Eşitliğinden Hes. Hız (m/dk)
Soma	Marn(Işıklar)	5935	120	0.94	0.98	1.02	1.30
Soma	Marn(Işıklar)	5744	119	0.69	0.94	0.98	1.25
Soma	Marn(Işıklar)	4595	119	0.81	0.75	0.79	0.99
Soma	Marn(Işıklar)	5935	119	0.91	0.97	1.01	1.29
Soma	Marn(Işıklar)	5361	119	0.81	0.87	0.92	1.16
Soma	Marn(Işıklar)	5361	120	0.87	0.88	0.93	1.17
Pozantı	Killi kireçtaşı	3318	75	1.17	1.00	0.77	1.36
Emet	Kumtaşı	1493	72	0.41	0.63	0.40	0.24
Emet	Kireçtaşı	829	75	0.20	0.13	0.12	0.39



Şekil 6.28. Basınç Dayanımı 40 MPa'ın üzerindeki Formasyonlar İçin Tahmin Edilen Hız Değerlerinin Gerçek Değerlerle Karşılaştırması.

Tablo 6.5 ve Şekil 6.28' de görüldüğü gibi geliştirilen modelden hesaplanan hız değerleri ile gerçek hız değerleri birbirine çok yakındır. Bu, modelin geçerli olduğu anlamına gelmektedir. Praillet bağıntısından hesaplanan değerler ise gerçek hız değerlerinden biraz sapmaktadır.

Burada k katsayısından da bahsetmek yerinde olacaktır. Tablo 6.2 incelendiğinde görülebileceği gibi kayaç basınç dayanımı arttıkça k katsayısının değeri de artmaktadır. 40 MPa basınç dayanımının altı ve üstü için hesaplanan ortalama k değerlerine bakıldığında küresel diş için hesaplanan k değerlerinin konik diş için hesaplanan değerlerden büyük olduğu görülmektedir.

6.6. Sonuç

Penetrasyon deneyleri sonucu elde edilen delinebilirlik indeksinin matkap dişinin uç açısı ve kayaç özelliklerinden etkilendiği görülmüştür. Uç açısı arttıkça penetrasyon kuvvetleri de artmaktadır. Benzer şekilde kayaçların mekanik ve fiziksel özellikleri arttıkça delinebilirlik indeksi de artmaktadır.

Delinebilirlik indeksi yardımıyla matkap yükü, dönme hızı, matkap çapı ve delinebilirlik indeksinin fonksiyonu olan bir delme hızı modeli geliştirilmiş ve bu

modelden elde edilen hız değerleri ile gerçek hız değerleri karşılaştırılmıştır. Modelin sadece, basınç dayanımı 40 MPa' ın üzerindeki formasyonlar için geçerli olduğu sonucuna varılmıştır.

Ayrıca, basınç dayanımı 40 MPa' ın altındaki formasyonlar için yarım uç açısı (θ) 30° den kk dişlere sahip matkapların uygun olacağı sonucu elde edilmiştir.

Modeldeki k katsayısı kayaç özelliklerine ve matkap dişinin uç açısına göre değişmektedir. Kayaın basınç dayanımı ve matkap dişinin uç açısı arttıka k' nın değeri de artmaktadır.



BÖLÜM 7

DELİCİLERİN PERFORMANSLARININ ÖNCEDEN TAHMİNİ İÇİN ÇOK KATLI REGRESYON ANALİZİ

7.1. Çok Katlı Regresyon

Daha önce bahsedildiği gibi delme performansı öncelikle kayaç özellikleri ve işletme parametreleri olmak üzere birçok faktörden etkilenmektedir. Delme performansını etkileyen birden fazla bağımsız değişken olduğu için basit regresyon analizi veya grafik yöntemi kullanılamaz. Analiz ancak çok değişkenli regresyon ile yapılabilir. Çok değişkenli regresyon analizinde yöntemler, doğrusal yöntemler ve doğrusal olmayan yöntemler olmak üzere iki gruba ayrılabilir. Bu çalışmada doğrusal olmayan yöntemlerden çift logaritmik model kullanılmıştır. Hem bağımlı hem de bağımsız değişkenlerin logaritmik olduğu bu model şöyle ifade edilebilir (Neter ve diğ., 1982):

$$Y = aX_1^{b_1} X_2^{b_2} \dots X_n^{b_n} \quad (7.1)$$

Burada,

Y = Bağımlı değişken

X_1, X_2, X_n = Bağımsız değişkenler

a = Sabit

b_1, b_2, b_n = X_1, X_2, X_n ' in katsayıları

(7.1) eşitliğinde her iki tarafın logaritması alınır,

$$\log Y = \log a + b_1 \log X_1 + b_2 \log X_2 + \dots + b_n \log X_n \quad (7.2)$$

olur. Bu eşitliği aşağıdaki gibi lineer regresyon fonksiyonu olarak yazabiliriz.

$$Y = a + b_1 X_1 + b_2 X_2 + \dots + b_n X_n \quad (7.3)$$

7.2. Çok Katlı Regresyonda Kullanılan Terimler

Çok katlı regresyon analizinde bir çok terim kullanılmaktadır. Determinasyon katsayısı, korelasyon katsayısı, düzeltilmiş determinasyon katsayısı, standart hata, regresyon katsayısının standart hatası, güven düzeyi, güven aralıkları ve güven sınırları, anlamlılık düzeyi, t dağılımı, F dağılımı ve rezidü bunlardan önemlileri olup aşağıda özetlenmişlerdir. Bu terimler çoğu istatistik kitaplarında detaylı olarak anlatılmaktadır (Rawlings, 1988; Davis, 1986; Drager ve Smith, 1981; Neter ve diğ., 1982; Ünver, 1995; Köksal, 1984).

Determinasyon katsayısı (R^2), bağımlı değişkenin (Y) varyansının toplam varyansa oranıdır. Regresyon analizinin doğruluğunun göstergelerinden biri R^2 'nin yüksek olmasıdır. Fakat R^2 'yi tek belirleyici olarak kullanmak hatalıdır. Korelasyon katsayısı ise determinasyon katsayısının kareköküdür; işareti (+) ise iki değişken arasında ilişki doğru orantılı, işareti (-) ise iki değişken arasındaki ilişki ters orantılıdır. Düzeltilmiş determinasyon katsayısı (R^2_{adj}), serbestlik derecesine göre R^2 'nin düzeltilmişidir. Modele yeni değişkenlerin eklenmesiyle R^2 değeri artarken R^2_{adj} değeri artmaz; belli bir limite sabit kalır.

Standart hata veya standart sapma, gözlenen değerlerin tahmin edilen regresyon doğrusundan farklarının genel ve ortalama ölçüsüdür. Regresyon katsayısının standart hatası ise, örneklerin regresyon katsayılarının tahmininin regresyon katsayısı etrafındaki değişimlerini gösteren bir ölçüdür.

Hatanın veya bir tahminin isabet derecesinin belirlenmesine güven düzeyi denilmektedir. Tahminlerde genellikle % 90, % 95 ve % 99 güven düzeyleri kullanılır. Yüksek güven düzeyi her ne kadar yüksek hassasiyet gösteriyor gibi görünse de pratikte böyle değildir. Çünkü yüksek güven düzeyleri büyük güven aralıkları

meydana getirirler ki, bu da hassas değildir. Güven aralıkları, tahminin hangi değer aralığında olduğunu gösterirler. Güven aralıklarının alt ve üst limitleri ise güven sınırları olarak tanımlanır.

Anlamlılık düzeyi, belli bir limitin altında kalması gereken ve sıfır hipotezini doğrulayan bir değerdir.

Student dağılımı olarak da adlandırılan t dağılımında serbestlik derecesi (N-k) ve güven düzeyi parametre olarak kullanılmaktadır. Burada, N örnek sayısı, k modeldeki bağımsız değişken sayısıdır. Her istatistik kitabı sonunda t dağılımını veren tablolar bulunmaktadır.

F dağılımında payın serbestlik derecesi (k-1) ve paydanın serbestlik derecesi (N-k) olmak üzere iki parametre kullanılır. F dağılım tablosu da istatistik kitapları sonunda bulunmaktadır.

Rezidü, gerçek değer ile tahmin edilen değer arasındaki farktır. Eğer regresyon modeli doğru ise rezidüler sıfır doğrusu etrafında rastgele dağılırlar.

7.3. Çok Katlı Regresyon Analizi ve Geliştirilen Modeller

Yerüstünden darbeli hidrolik deliciler ve delik dibinden darbeli deliciler (DTH) ve döner (Rotary) deliciler için regresyon modeli geliştirilmiştir. Üç tür delici için arazide yapılan performans ölçümleri sırayla Ek-A, B ve C' de verilmiştir. Yerinde ve laboratuvarında belirlenen kayaç özellikleri ise Bölüm 5' de sunulmuştur. Her üç delicinin regresyon analizinde kullanılan makinaya ve kayaca bağlı değişkenler sırayla Tablo 7.1, 7.2 ve 7.3' de verilmiştir. Darbeli delicilerde kullanılan matkap türü kabaralı (button bit)' dir. Döner delicilerde kullanılan matkap türü ise tungsten karbid dişli konili matkaptır. Gözlemler esnasında matkapların yeni, ya da çok az aşınmış olmasına dikkat edilmiştir.

Tablo 7.1. Yerüstünden Darbeli Hidrolik Delicilerin Regresyon Analizinde Kullanılan Değişkenler

Yer	Formasyon	Delme Hızı (m/dk)	Delik Çapı (mm)	Delici Motor Saati	Tabanca Gücü (kW)	Darbe Frekansı (darbe/dk)	Baskı Basıncı (bar)	Darbe Basıncı (bar)	Dönüştürme Basıncı (bar)	Basınç Dayanımı (MPa)	Çekme Dayanımı (MPa)	Schmidt Değeri	Darbe Dayanım Değeri	Nokta Yük Dayanımı (MPa)	Sismik Hız (km/sn)	Elastik Modül (MPa)	Kuvars Miktarı (%)
Pozantı	Kireçtaşı	0.68	76	5871	14	2520	60	150	50	123.8	6.6	61	82.9	5.3	5.3	10682	0
Pozantı	Kireçtaşı	0.71	76	9410	14	3000	60	110	60	123.8	6.6	61	82.9	5.3	5.3	10682	0
Pozantı	Kireçtaşı	0.82	76	9577	14	3000	60	110	60	123.8	6.6	61	82.9	5.3	5.3	10682	0
Bahçe	Altire Kumtaşı	1.70	76	3022	15.5	3600	70	120	60	20.1	1.2	36	70.4	1.1	2	1566	17
Bahçe	Altire Kumtaşı	1.58	76	3026	15.5	3600	70	120	60	20.1	1.2	36	70.4	1.1	2	1566	17
Bahçe	Kumtaşı-2	0.65	76	8541	15.5	3600	60	100	50	45.2	5.8	53	80.3	3.65	4.5	11092	65
Bahçe	Kumtaşı-1	0.40	76	7310	15.5	3600	80	100	60	149.2	16.1	70	87.8	11.2	4.6	8746	80
Bahçe	Dolomit	1.15	76	3071	15.5	3600	70	120	60	68	6	59	83.4	3.5	6.3	6830	0
Bahçe	Dolomit	1.10	76	8563	15.5	3600	60	100	50	68	6	59	83.4	3.5	6.3	6830	0
Bahçe	Dolomit	1.08	76	8507	15.5	3600	80	130	60	68	6	59	83.4	3.5	6.3	6830	0
Erikli	Kireçtaşı	1.21	76	6311	15.5	3600	60	100	65	51.3	7	55	82.2	4.6	5.4	7193	0
Erikli	Kireçtaşı	1.08	76	7809	15.5	3600	60	100	60	51.3	7	55	82.2	4.6	5.4	7193	0
Erikli	Kireçtaşı	1.19	76	7809	15.5	3600	60	100	60	51.3	7	55	82.2	4.6	5.4	7193	0
Erikli	Serpantin	0.95	76	1056	11.5	2350	30	100	60	69.1	7.5	62	81.2	5.8	2.9	21116	0
Erikli	Serpantin	0.91	76	1056	11.5	2350	30	100	60	69.1	7.5	62	81.2	5.8	2.9	21116	0
Erikli	Diyabaz	0.85	76	6327	15.5	3600	100	120	70	110.9	10.1	64	89.5	10.3	5.2	10901	0
Erikli	Diyabaz	0.78	76	6332	15.5	3600	100	120	170	110.9	10.1	64	89.5	10.3	5.2	10901	0
Erikli	Marn	1.41	76	6388	17.5	3600	75	100	65	39.5	5.2	56	76.1	2.7	3.1	4060	0
Pozantı	Killi Kireçtaşı	0.97	89	4984	11.5	2350	10	100	10	45.1	6	68	80.5	4.6	3.3	2419	0
Pozantı	Killi Kireçtaşı	1.10	89	5310	14	2320	60	150	50	45.1	6	68	80.5	4.6	3.3	2419	0
Pozantı	Killi Kireçtaşı	1.17	89	4940	14	2320	60	150	50	45.1	6	68	80.5	4.6	3.3	2419	0
Erikli	Marn	1.27	89	6381	17.5	3200	75	100	65	39.5	5.2	56	76.1	2.7	3.1	4060	0
Yahyalı	Metakumtaşı	1.42	89	19226	15.5	3200	60	90	60	25.7	5.8	54	85	4.2	5.2	10562	57
Konya	Serpantin	1.12	89	1911	17.5	3200	100	110	75	54.3	11.7	59	90.3	13.2	5	20224	30
Pozantı	Kireçtaşı	0.73	102	6172	14	2320	60	150	50	123.8	6.6	61	82.9	5.3	5.3	10682	0
Pozantı	Killi Kireçtaşı	1.20	102	5913	14	2320	60	150	50	45.1	6	68	80.5	4.6	3.3	2419	0
Pozantı	Killi Kireçtaşı	1.15	102	5913	14	2320	60	150	50	45.1	6	68	80.5	4.6	3.3	2419	0
Yahyalı	Hematit	0.75	102	2692	2.5	2040	110	100	110	61.8	6.6	44	84.3	6.7	2.8	19566	0

Tablo 7.2. Delik Dibinden Darbeli Delicilerin Regresyon Analizinde Kullanılan Değişkenler

Yer	Formasyon	Delme Hızı (m/dk)	Delik Çapı (mm)	Piston Çapı (mm)	İşletme Basıncı (bar)	Baskı Basıncı (bar)	Döndürme Basıncı (bar)	Hava Basıncı (bar)	Basmaç Dayanımı (MPa)	Çekme Dayanımı (MPa)	Schmidt Değeri	Darbe Dayanımı Değeri	Nokta Yük Değeri (MPa)	Sismik Hız (km/sn)	Elastik Modül (MPa)
Adana	Kireçtaşı	0.35	90	57	7	13	40	7	15.7	0.9	42	72.5	1.1	2.2	790
Misis	Kireçtaşı	0.14	90	57	7	80	60	5	85.2	9.1	68	84.1	8	5.5	20253
Tarsus	Dolomit	0.28	90	57	7	15	50	7	96.3	10.7	55	80.6	9.8	5.6	19000
Mersin	Kireçtaşı	0.20	90	43	8	12	40	8	49.9	4.1	51	78.9	2.7	4.1	7903
Ceyhan	Kireçtaşı	0.12	100	36	6	17	50	7	76.1	7.5	58	81.5	7.1	5.6	12500
Ceyhan	Çakıllı kireçtaşı	0.23	100	36	7	22	45	6	36.2	2.7	47	75.9	2.5	3.3	2400
Yumurtalık	Kireçtaşı	0.18	90	43	6	20	50	6	68.4	7.5	50	83.6	5.7	5	16700

Tablo 7.3. Döner (Rotary) Delicilerin Regresyon Analizinde Kullanılan Değişkenler

Yer	Formasyon	Delme Hızı (m/dk)	Matkap Çapı (mm)	Matkap Yüklü (kg)	Dönme Hızı (dv/dk)	Basınç Dayanımı (MPa)	Çekme Dayanımı (MPa)	Schmidt Değeri	Darbe Dayanım Değeri	Nokta Yük Dayanımı (MPa)	Sismik Hız (km/sn)	Elastik Modül (MPa)	Kuvars Miktarı (%)
Soma (Işıklar)	Marm	0.94	251	5935	120	64.9	4.4	60	75.2	3.0	3.4	4758	0
Soma (Işıklar)	Marm	0.69	251	5744	119	64.9	4.4	60	75.2	3.0	3.4	4758	0
Soma (Işıklar)	Marm	0.81	251	4595	119	64.9	4.4	60	75.2	3.0	3.4	4758	0
Soma (Işıklar)	Marm	0.91	251	5935	119	64.9	4.4	60	75.2	3.0	3.4	4758	0
Soma (Işıklar)	Marm	0.81	251	5361	119	64.9	4.4	60	75.2	3.0	3.4	4758	0
Soma (Işıklar)	Marm	0.87	251	5361	120	64.9	4.4	60	75.2	3.0	3.4	4758	0
Seyitömer	Marm	2.86	251	6127	119	11.4	1.0	42	67.5	0.8	1.0	241	0
Seyitömer	Marm	2.73	251	4595	119	11.4	1.0	42	67.5	0.8	1.0	241	0
Tunçbilek(36 pano)	Marm	2.05	251	3063	120	21.4	2.2	53	69.9	1.7	1.9	1595	25
Tunçbilek(36 pano)	Marm	1.67	228	5089	119	21.4	2.2	53	69.9	1.7	1.9	1595	25
Tunçbilek(Beke)	Marm	1.74	251	4978	119	13.5	1.5	52	70.4	1.4	1.5	980	0
Tunçbilek(Beke)	Marm	1.32	251	3829	119	13.5	1.5	52	70.4	1.4	1.5	980	0
Orhaneli	Tüf	1.87	251	3180	119	10.1	0.9	35	69.3	1.2	1.2	193	35
Orhaneli	Tüf	1.90	251	3829	122	10.1	0.9	35	69.3	1.2	1.2	193	35
Orhaneli	Tüf	0.94	251	4595	72	10.1	0.9	35	69.3	1.2	1.2	193	35
Pozanti	Killi kireçtaşı	1.17	165	3981	75	45.1	6.0	68	80.5	4.6	3.3	2419	0
Emet	Kumtaşı	0.41	165	1493	72	70.5	5.5	38	75.8	6.3	3.7	13855	40
Emet	Kireçtaşı	0.20	165	829	75	42.1	6.0	58	82.0	4.4	4.7	16757	0

Regresyon analizi "Statgraphics (Statistical Graphic Systems)" paket programı kullanılarak yapılmıştır. Statgraphics çoğu istatistiksel işlemi grafiğe dökülebildiği için kullanımı kolay ve pratik bir paket programdır. Pek çok regresyon problemi hangi bağımsız değişkenlerin modele katılması üzerinde karar vermeyi gerektirir. Çünkü, daha az değişkenli regresyon eşitlikleri daha basittir. Üstelik, eşitliği kullanmak için gerekli bilgileri elde ederken kolaylık ve ekonomik avantaj sağlar. Hangi değişkenlerin modele katılacağına karar vermede "Tüm Mümkün Regresyonlar" yöntemi ya da "Kademeli Eliminasyon" yöntemi kullanılabilir. Burada birinci yöntem kullanılmıştır. Bağımlı değişken delme hızına karşılık bağımsız değişkenlerin kombinezonlarından oluşan yüzlerce model oluşturulmuştur. Oluşturulan her modelin geçerli olup olmadığı test edilmiş ve sonuçta en iyi model bulunmuştur. Geliştirilen modellerin istatistik sonuçları Tablo 7.4' de verilmiştir.

a) Yerüstünden Darbeli Hidrolik Deliciler İçin Geliştirilen Model

Yerüstünden darbeli hidrolik deliciler için geliştirilen regresyon modeli aşağıda verilmiştir.

$$Y = -0.325 + 0.375X_1 - 0.534X_2 - 0.093X_3 \quad R^2 = 0.85 \quad (7.4)$$

Burada,

Y = Tahmin edilen delme hızı (m/dk)

X_1 = Darbe frekansı (darbe/dk)

X_2 = Tek eksenli basınç dayanımı (MPa)

X_3 = Kuvars miktarı (%)

Regresyon yöntemi logaritmik olduğu için regresyon analizinde dataların logaritması kullanılmıştır. Dolayısıyla (7.4) eşitliği logaritmik dönüşümle aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$Y = 0.47 \frac{X_1^{0.375}}{X_2^{0.534} X_3^{0.093}} \quad (7.5)$$

Tablo 7.4. Geliştirilen Modellerin İstatistik Sonuçları

Delici Türü	Eşitlik No	Bağımsız Değişken	Katsayı	Güven Aralığı		Standart Hata	Modelin Standart Hatası	Anlamlılık Düzeyi	Güven Düzeyi	Determinasyon Katsayısı	Düzeltilmiş Determin. Katsayısı	t Değeri	Tablodan Bulunan t Değeri	F Değeri	Tablodan Bulunan F Değeri		
				Alt Limit	Üst Limit												
Yerüstünden Darbeli Hidrolik Delici	(7.4)	Sabit	-0.325	-1.326	0.675	0.485	0.508	0.508	% 95	0.85	0.83	-0.671					
		Darbe Frekansı	0.375	0.091	0.658	0.137	0.012	0.012				2.732					
		Basınç Dayanımı	-0.534	-0.631	-0.437	0.047	0.055	0.000	0.000				-11.399	±1.708	46.96	3.39	
		Kuvars Miktarı	-0.093	-0.130	-0.056	0.018	0.000	0.000	0.000				-5.243				
Yerüstünden Darbeli Hidrolik Delici	(7.6)	Sabit	0.328	-1.056	1.713	0.672	0.629	0.629	% 95	0.69	0.66	0.488					
		Darbe Frekansı	0.144	-0.239	0.529	0.186	0.078	0.078				0.776	±1.706	27.53	4.23		
		Basınç Dayanımı	-0.471	-0.605	-0.337	0.065	0.000	0.000	0.000				-7.249				
		Sabit	0.511	-1.883	2.905	0.862	0.064	0.585	0.585	% 95	0.89	0.84	0.593				
Dibinden Darbeli Delici	(7.7)	İşletme Basıncı X	0.826	0.183	1.468	0.231	0.023	0.023				3.569					
		Piston Çapı	-1.900	-2.989	-0.811	0.392	0.008	0.008	0.008				-4.847	±2.010	17.17	6.61	
		Schmidt Değeri	6.657	-5.105	18.419	4.235	0.112	0.191	0.191	% 95	0.68	0.52	1.572				
		Sabit	0.611	-0.522	1.744	0.408	0.209	0.209	0.209				1.497	±2.010	4.31	6.61	
Döner (Rotary) Delici	(7.9)	İşletme Basıncı X	-4.671	-10.441	1.099	2.077	0.088	0.088				-2.248					
		Piston Çapı	0.021	-2.742	2.785	1.279	0.987	0.987	0.987	% 95	0.87	0.83	0.016				
		Darbe Dayanımı	-2.321	-4.304	-0.338	0.918	0.025	0.025	0.025				-2.529				
		Sabit	0.824	0.397	1.252	0.198	0.117	0.001	0.001	% 95	0.87	0.83	4.167	±1.761	22.72	3.34	
Döner (Rotary) Delici	(7.11)	Matkap Çapı	1.690	0.506	2.873	0.547	0.009	0.009				3.086					
		Matkap Baskısı	-0.610	-0.807	-0.414	0.091	0.000	0.000	0.000				-6.728				
		Dönme Hızı	0.021	-2.742	2.785	1.279	0.987	0.987	0.987	% 95	0.87	0.83	0.016				
		Basınç Dayanımı	-2.321	-4.304	-0.338	0.918	0.025	0.025	0.025				-2.529				

Burada geçersiz bir model örneği vermek yerinde olacaktır; (7.4) modelinden X_3 (Kuars miktarı) değişkenini çıkardığımızda aşağıdaki model elde edilir:

$$Y = 0.328 + 0.144X_1 - 0.471X_2 \quad R^2 = 0.69 \quad (7.6)$$

Burada,

Y = Tahmin edilen delme hızı (m/dk)

X_1 = Darbe frekansı (darbe/dk)

X_2 = Tek eksenli basınç dayanımı (MPa)

R^2 açısından kabul edilebilir gibi görünmesine rağmen (7.6) modeli " Geliştirilen Modellerin Doğruluk Testleri" alt başlığı altında açıklandığı üzere t testi açısından geçersizdir.

b) Delik Dibinden Darbeli Deliciler İçin Geliştirilen Model

Delik dibinden darbeli deliciler için aşağıdaki regresyon modeli geliştirilmiştir.

$$Y = 0.511 + 0.826X_1 - 1.900X_2 \quad R^2 = 0.89 \quad (7.7)$$

Burada,

Y = Tahmin edilen delme hızı (m/dk)

X_1 = İşletme Basıncı X Piston Çapı (Bar x mm)

X_2 = Schmidt değeri

Bir önceki modelde olduğu gibi logaritmik dönüşümle (7.7) eşitliği;

$$Y = 3.24 \frac{X_1^{0.826}}{X_2^{1.900}} \quad (7.8)$$

şeklinde yazılabilir.

(7.8) eşitliği Schmidt değerinin belirlenemediği durumlarda (örneğin, mostra vermeyen formasyonlara ait elde sadece karot numuneleri olabilir) kullanılamaz. Probleme çözüm getirmek amacıyla aşağıdaki model geliştirilmiştir.

$$Y = 6.657 + 0.611X_1 - 4.671X_2 \quad R^2 = 0.68 \quad (7.9)$$

Burada,

Y = Tahmin edilen delme hızı (m/dk)

X₁ = İşletme Basıncı X Piston Çapı (Bar x mm)

X₂ = Darbe dayanım değeri

(7.9) eşitliği logaritmik dönüşümle;

$$Y = 455 \times 10^3 \frac{X_1^{0.611}}{X_2^{4.671}} \quad (7.10)$$

şeklinde yazılabilir.

(7.9) eşitliğindeki model (7.7) eşitliğindeki modelden sonra en iyi modeldir. Tablo 7.4 incelendiğinde modelin t testi ve F testi açısından geçerli olmadığı görülmektedir. Fakat determinasyon katsayısı güvenli sayılabilecek sınırlar içinde olduğundan (7.8) eşitliğinin kullanılmadığı durumlarda (7.10) eşitliği kullanılabilir.

c) Döner (Rotary) Deliciler İçin Geliştirilen Model

Döner deliciler için geliştirilen regresyon modeli aşağıda verilmiştir.

$$Y = 0.021 - 2.321X_1 + 0.824X_2 + 1.690X_3 - 0.610X_4 \quad R^2 = 0.87 \quad (7.11)$$

Burada,

Y = Tahmin edilen delme hızı (m/dk)

X₁ = Matkap çapı (mm)

X_2 = Matkap baskısı(kg)

X_3 = Dönme hızı(dv/dk)

X_4 = Tek eksenli basınç dayanımı (MPa)

(7.1) eşitliği logaritmik dönüşümle aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$Y = 1.05 \frac{X_2^{0.824} X_3^{1.690}}{X_1^{2.321} X_4^{0.610}} \quad (7.12)$$

7.4. Geliştirilen Modellerin Doğruluk Testleri

En iyi modelin seçiminde şu kriterler kullanılmıştır:

- Determinasyon katsayısı (R^2) ve düzeltilmiş determinasyon katsayısı (R_{adj}^2)
- t testi
- F testi
- Rezidü analizi

(7.4), (7.6), (7.7), (7.9) ve (7.11) eşitliklerinin determinasyon katsayıları (R^2) sırayla 0.85, 0.69, 0.89, 0.68 ve 0.87' dir. Görüldüğü gibi modellerin determinasyon katsayıları oldukça yüksektir. Fakat, daha önce bahsedildiği gibi bu, modelin en iyi model olması için yeterli değildir. Modelin en iyi olup olmadığı ancak t testi, F testi ve rezidü analizi ile anlaşılabilir. Bu testlerin yapılışı aşağıda anlatılmıştır.

7.4.1. t Testi

Bu testte tablodan bulunan t değeri ile hesaplanan t değerlerinin mukayesesi yapılır. Mukayese sonucu modelin geçerli olup olmadığına hipotez testi yardımıyla karar verilir. Test edilecek hipotez sıfır hipotezi olup, H_0 ile gösterilir. Diğer bir hipotez H_1 ile ifade edilen alternatif hipotez olup,

- $H_0: b = 0$ ise sıfır hipotezi kabul edilir ki, bu modelin geçersiz olduğu anlamına gelir.

- $H_1: b \neq 0$ ise sıfır hipotezi reddedilir ki, bu modelin geçerli olduğu anlamına gelir.

Sonuç olarak, hesaplanan t değeri tablodan bulunan t değerine eşitse veya küçükse sıfır hipotezi kabul edilir, aksi durumda sıfır hipotezi reddedilir.

t testinin uygulanışını modeller üzerinde açıklayalım:

Yerüstünden darbeli hidrolik delicilerin ilk modelinde ((7.4) eşitliği) örnek sayısı 28' dir. Modele giren değişken sayısı 3 olduğu için (N-k)' dan serbestlik derecesi 25 olarak bulunur. % 95 güven düzeyi ve 25 serbestlik derecesi için tablodan t değeri ± 1.708 bulunur. Örneğin darbe frekansı için hesaplanan t değeri 2.732' dir (Tablo 7.3). Bu değer tablodan bulunan t değerinden (± 1.708) büyük olduğu için sıfır hipotezi reddedilir. Modeldeki diğer bağımsız değişkenler için de durum aynıdır. Dolayısıyla model t testi açısından geçerlidir.

Yerüstünden darbeli hidrolik delicilerin ikinci modelinde ((7.6) eşitliği) örnek sayısı 28' dir. Modele giren değişken sayısı 2 olduğu için (N-k)' dan serbestlik derecesi 26 olarak bulunur. % 95 güven düzeyi ve 26 serbestlik derecesi için tablodan t değeri ± 1.706 bulunur. Örneğin darbe frekansı için hesaplanan t değeri 0.776 olup Tablo 7.3' deki t değerinden (± 1.706) küçüktür. Dolayısıyla sıfır hipotezi kabul edilir ki, bu modelin geçersiz olduğu anlamına gelir.

Delik dibinden darbeli delicilerin modelinde ((7.7) eşitliği) örnek sayısı 7' dir. Modele giren değişken sayısı 2 olduğu için serbestlik derecesi 5 olur. % 95 güven düzeyi ve 5 serbestlik derecesi için tablodan t değeri ± 2.010 olarak bulunur. Örneğin (İşletme Basıncı x Piston Çapı) değişkeni için hesaplanan t değeri 3.569' dur (Tablo 7.3). Hesaplanan t değeri tablodan bulunan t değerinden büyük olduğu için sıfır hipotezi reddedilir. Modeldeki diğer bağımsız değişken için de durum aynıdır. Dolayısıyla model t testi açısından geçerlidir.

Döner delicilerin modelinde ((7.11) eşitliği) örnek sayısı 18' dir. Modele giren değişken sayısı 4 olduğu için serbestlik derecesi 14 olur. % 95 güven düzeyi ve 14 serbestlik derecesi için tablodan t değeri ± 1.761 bulunur. Örneğin matkap çapı için

hesaplanan t değeri -2.529' dur (Tablo 7.3). Hesaplanan t değeri tablodan bulunan t değerinden büyük olduğu için sıfır hipotezi reddedilir. Modeldeki diğer bağımsız değişken için de durum aynıdır. Dolayısıyla model t testi açısından geçerlidir.

7.4.2. F testi

F testi de t testine benzemektedir. Tablodan bulunan F değeri ile hesaplanan F değerinin karşılaştırması yapılır. Karşılaştırma sonucu modelin geçerli olup olmadığına hipotez testi yardımıyla karar verilir. Test edilecek hipotezler sıfır hipotezi (H_0) ve alternatif hipotez (H_1) olup,

- $H_0: b_1 = b_2 = b_3 = 0$ ise sıfır hipotezi kabul edilir ki, bu modelin geçersiz olduğunu gösterir.
- $H_1: b_1 \neq b_2 \neq b_3 \neq 0$ ise sıfır hipotezi reddedilir ki, bu modelin geçerli olduğunu gösterir.

Sonuç olarak, hesaplanan F değeri tablodan bulunan F değerine eşitse veya küçükse sıfır hipotezi kabul edilir, aksi durumda sıfır hipotezi reddedilir.

F testinin uygulanışını da modeller üzerinde açıklayalım:

Yerüstünden darbeli hidrolik delicilerin ilk modelinde ((7.4) eşitliği) örnek sayısı 28, modele giren değişken sayısı 3' dür. Buna göre payın serbestlik derecesi (k-1)' den 2, paydanın serbestlik derecesi (N-k)' dan 25 bulunur. Bu serbestlik derecesi ve % 95 güven düzeyine göre tablodan F değeri 3.39 olarak bulunur. Modelin F değeri ise Tablo 5.3' de görüldüğü gibi 46.96' dır. Hesaplanan F değeri tablodan bulunan F değerinden büyük olduğu için sıfır hipotezi reddedilir. Buna göre model F testi açısından geçerli olmaktadır.

Delik dibinden darbeli delicilerin modelinde ((7.7) eşitliği) örnek sayısı 7, modele giren değişken sayısı 2' dir. Buradan payın serbestlik derecesi (k-1)' den 1, paydanın serbestlik derecesi (N-k)' dan 26 bulunur. Bu serbestlik derecesi ve % 95 güven

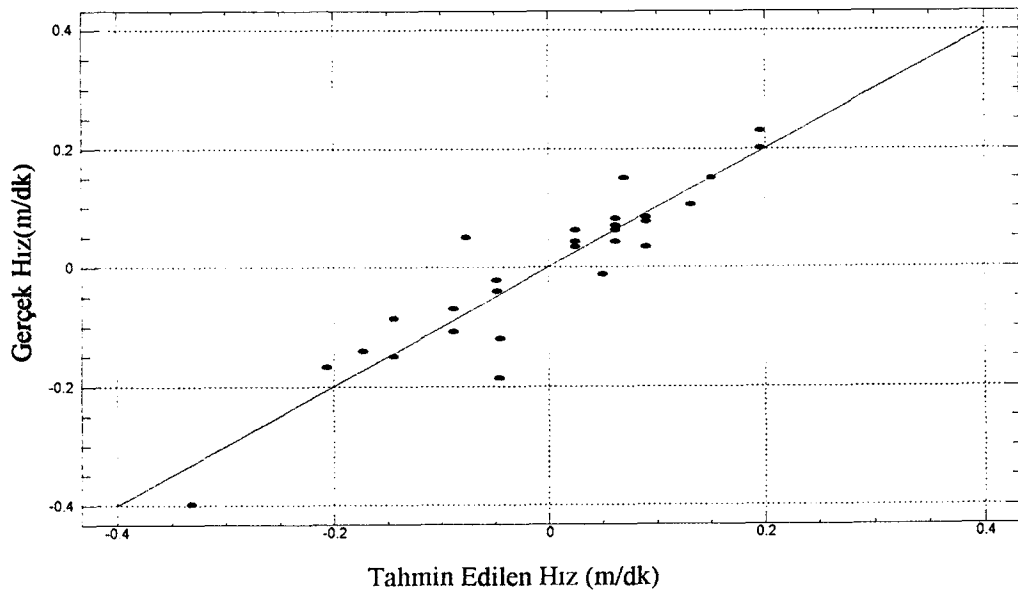
düzeyine göre tablodan F değeri 6.61 olarak bulunur. Modelin F değeri ise Tablo 7.3' de görüldüğü gibi 17.17' dir. hesaplanan F değeri tablodan bulunan F değerinden büyük olduğu için sıfır hipotezi reddedilir. Dolayısıyla model F testi açısından geçerlidir.

Döner delicilerin modelinde ((7.11) eşitliği) örnek sayısı 18, modele giren değişken sayısı 4' dür. Buradan payın serbestlik derecesi (k-1)' den 3, paydanın serbestlik derecesi (N-k)' dan 14 bulunur. Bu serbestlik derecesi ve % 95 güven düzeyine göre tablodan F değeri 3.34 olarak bulunur. Modelin F değeri ise Tablo 7.3' de görüldüğü gibi 22.72' dir. Hesaplanan F değeri tablodan bulunan F değerinden büyük olduğu için sıfır hipotezi reddedilir. Dolayısıyla bu model de F testi açısından geçerlidir.

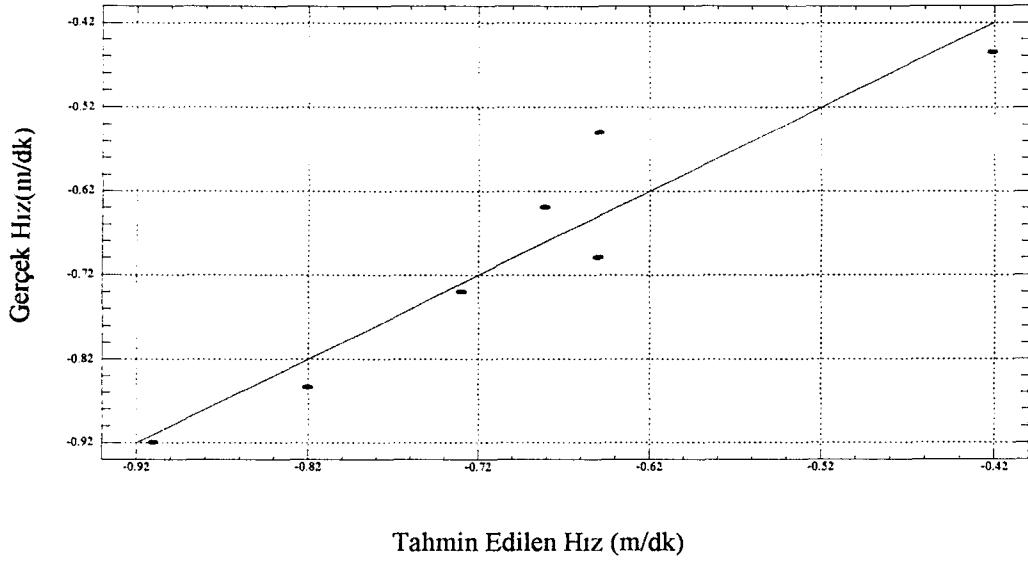
7.4.3. Rezidü Analizi

Geçerli üç model için gerçek hız değerleri ile tahmin edilen hız değerlerinin grafikleri Şekil 7.1, 7.2 ve 7.3' de verilmiştir. Görüldüğü gibi, grafiklerde noktalar orjinden geçen doğru etrafında dağılmaktadır. Bu da modellerin geçerli olduğuna işaretir.

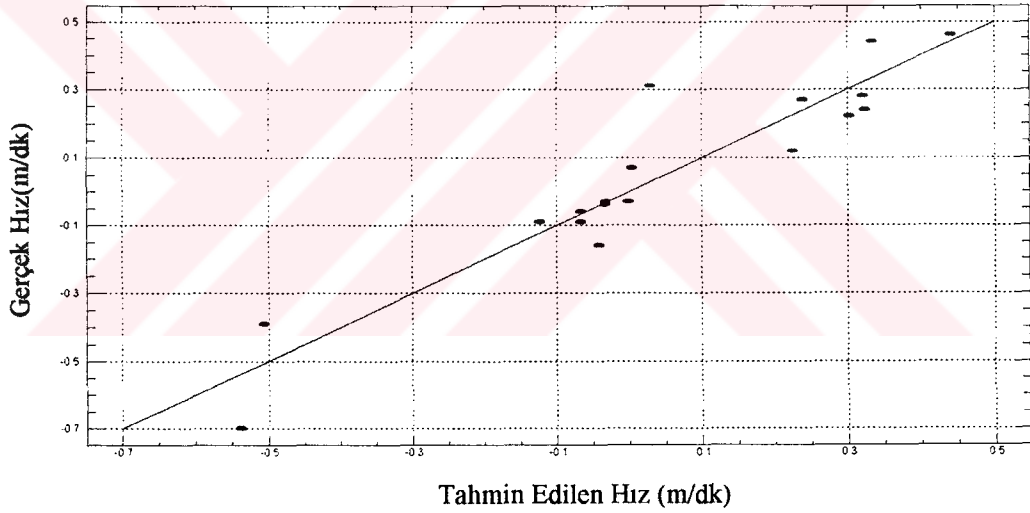
Determinasyon katsayısının kontrolü ve çeşitli hipotez testlerinin yapılmasıyla regresyon analizi tamamlanmış sayılmaz. Rezidülerin de incelenmesi gerekmektedir.



Şekil 7.1. Yerüstünden Darbeli Hidrolik Delici Modeli İçin Tahmin Edilen Hız ile Gerçek Hız İlişkisi.



Şekil 7.2. Delik Dibinden Darbeli Delici Modeli İçin Tahmin Edilen Hız ile Gerçek Hız İlişkisi.

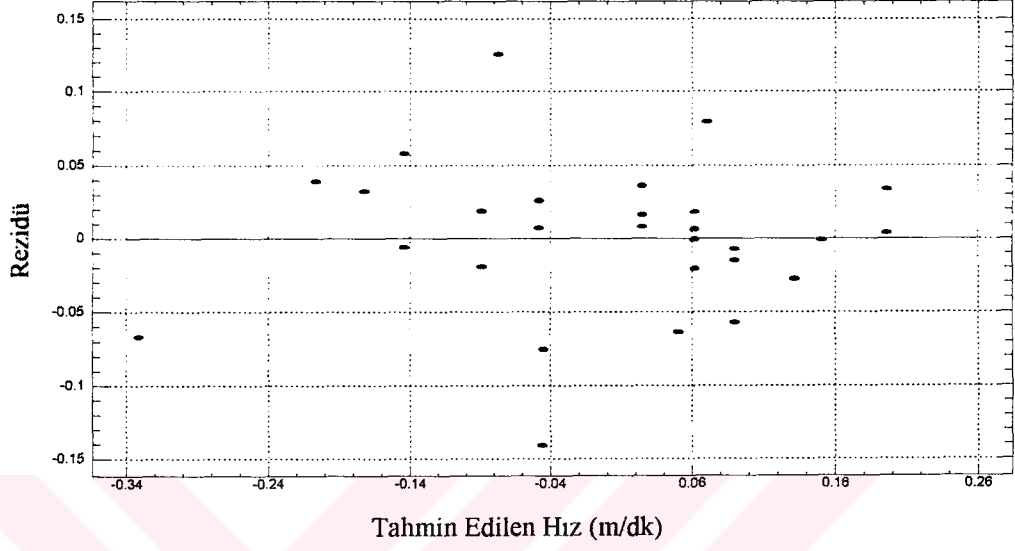


Şekil 7.3. Döner Delici Modeli İçin Tahmin Edilen Hız ile Gerçek Hız İlişkisi

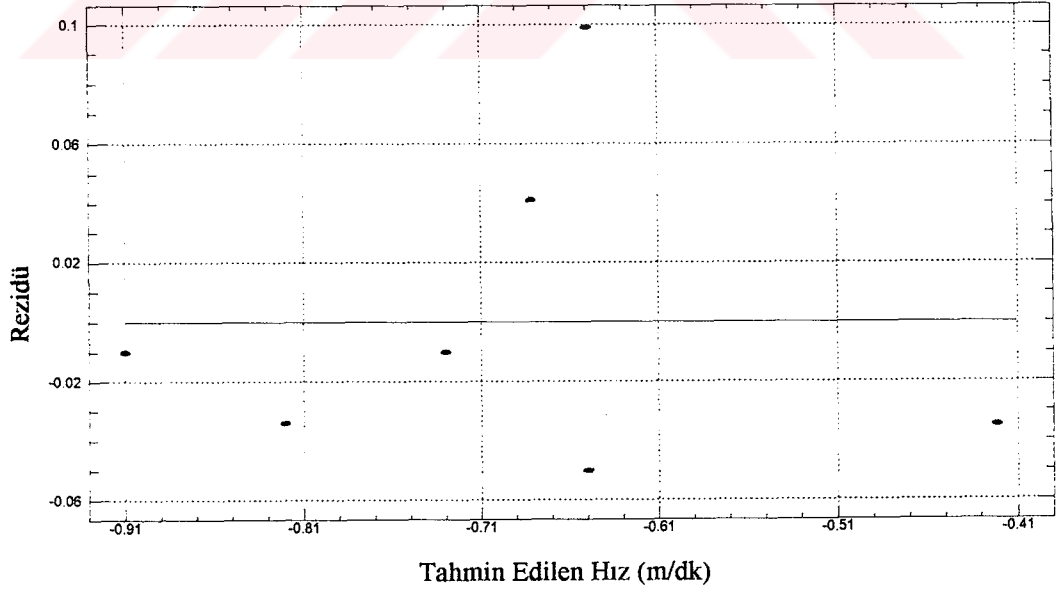
Gerçek değerler ile tahmin edilen değerler arasındaki fark olan rezidülerin grafiksel olarak incelenmesi kolay bir yöntemdir. Eğer model doğru ise rezidüler sıfır doğrusu etrafında rastgele dağılırlar. Rezidü grafikleri üç grup altında toplanabilir:

- Bağımlı değişkenin rezidü grafiği
- Bağımsız değişkenlerin rezidü grafikleri
- Rezidülerin normal olasılık grafiği

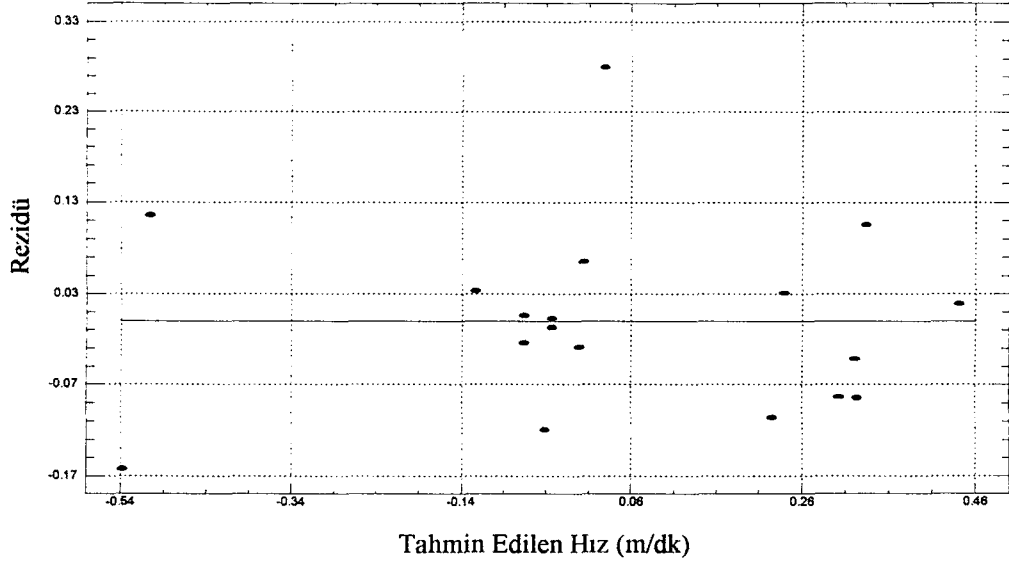
Bağımlı değişkenlerin rezidü grafikleri Şekil 7.4, 7.5 ve 7.6' da verilmiştir. Görüldüğü gibi rezidüler sıfır doğrusu etrafında rasgele dağılmaktadır.



Şekil 7.4. Yerüstünden Darbeli Hidrolik Delici Modeli İçin Tahmin Edilen Hızın Rezidü Grafiği.

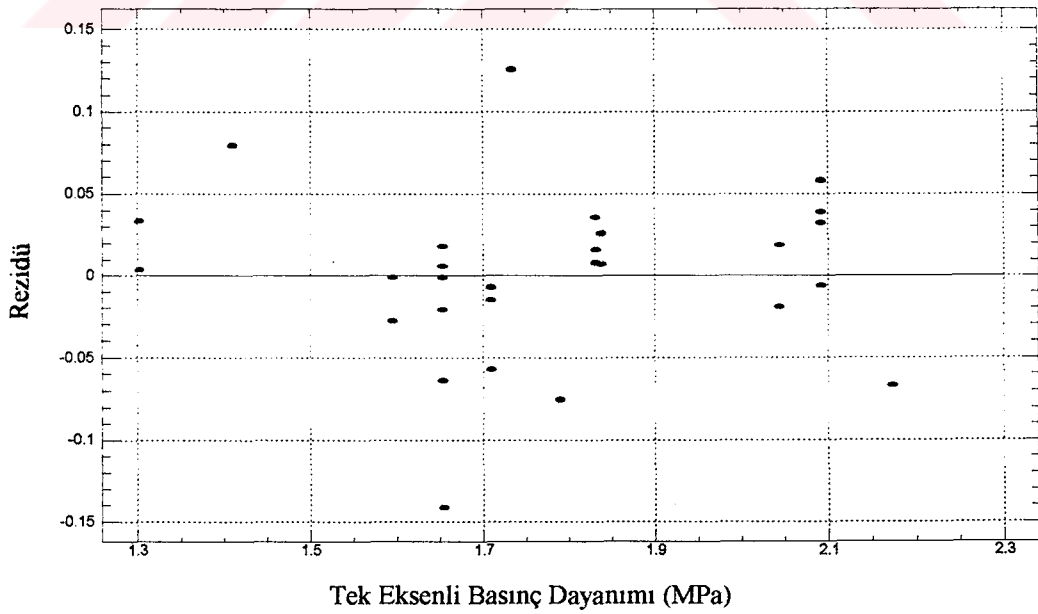


Şekil 7.5. Delik Dibinden Darbeli Delici Modeli İçin Tahmin Edilen Hızın Rezidü Grafiği.

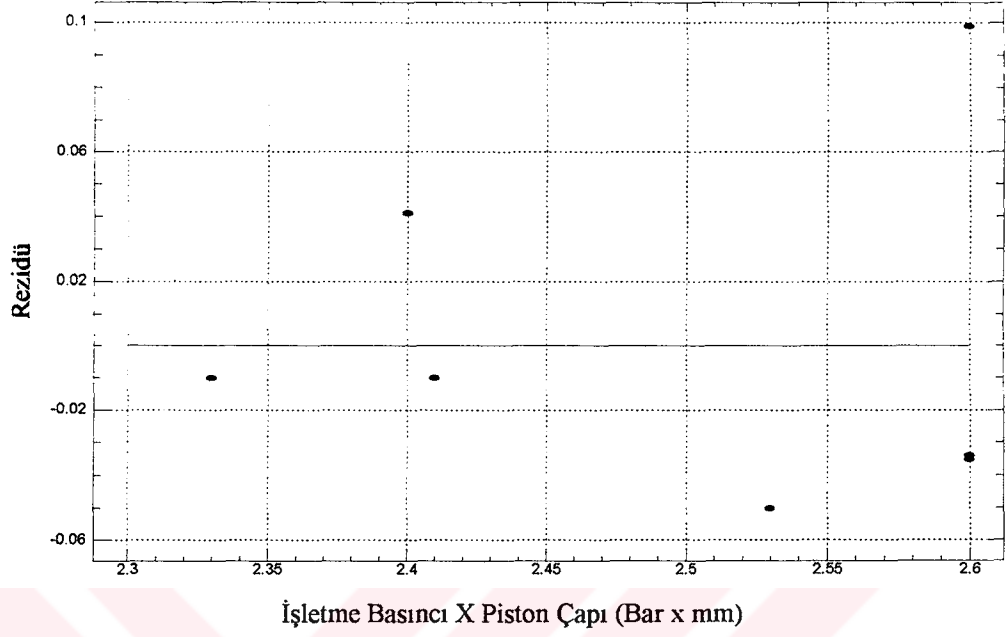


Şekil 7.6. Döner Delici Modeli İçin Tahmin Edilen Hızın Rezidü Grafiği.

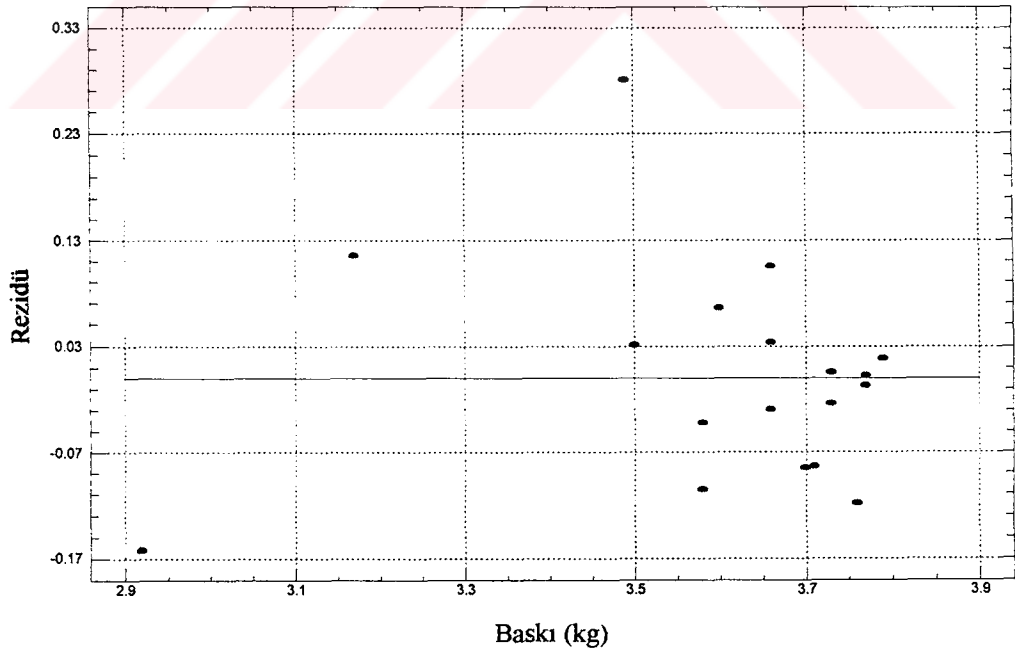
Bağımsız değişkenlerin rezidü grafiklerine ise geçerli her model için bir örnek verilmiştir (Şekil 7.7, 7.8, 7.9). Bu grafiklerde de rezidülerin sıfır doğrusu etrafında rasgele dağıldıkları görülmektedir.



Şekil 7.7. Yerüstünden Darbeli Hidrolik Delici Modeli İçin Basınç Dayanımının Rezidü Grafiği.

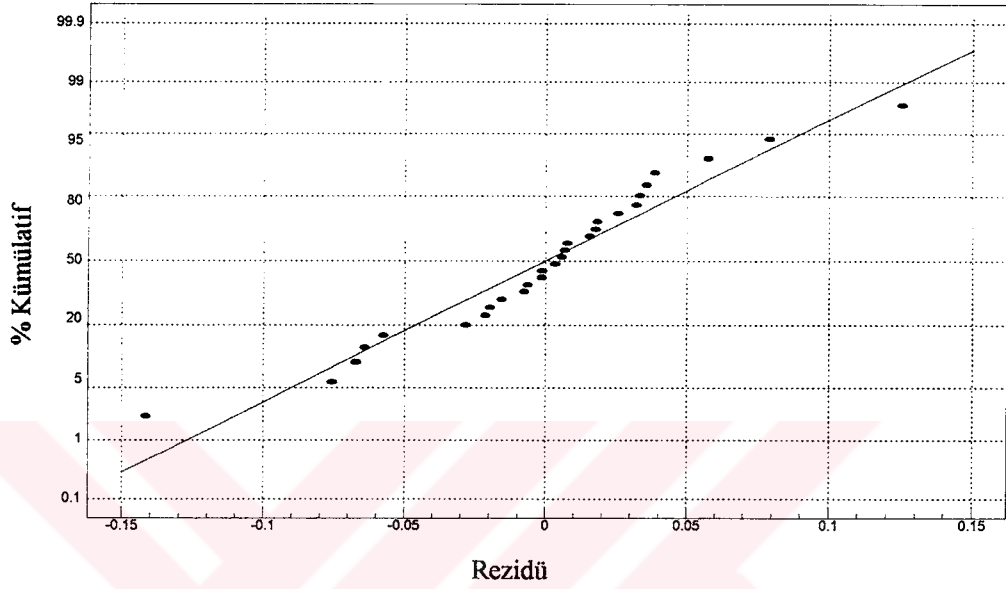


Şekil 7.8. Delik Dibinden Darbeli Delici Modeli İçin İşletme Basıncı X Piston Çapı Rezidü Grafiği.

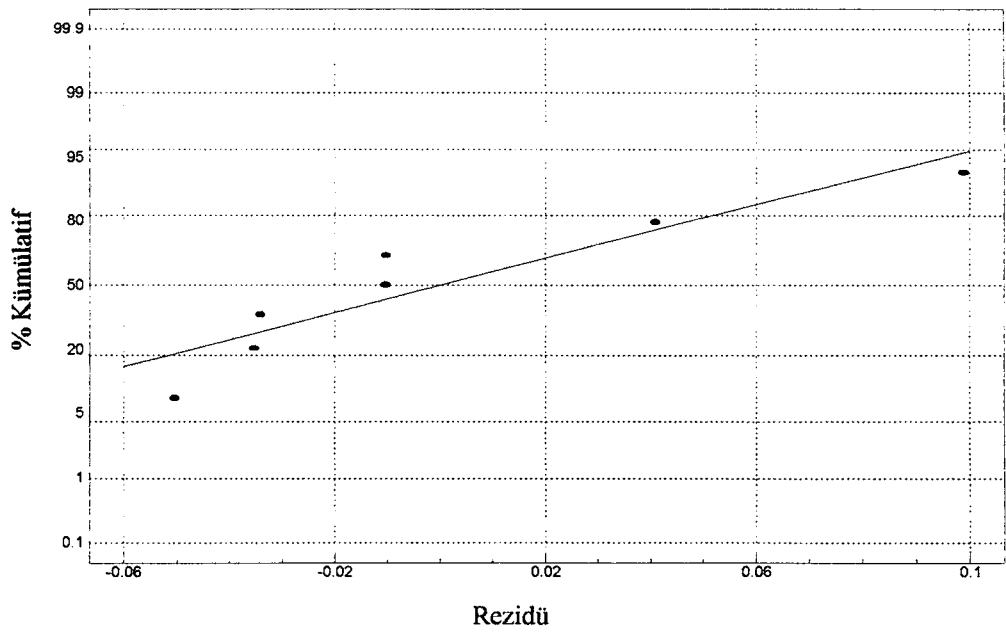


Şekil 7.9. Döner Delici Modeli İçin Baskı Rezidü Grafiği.

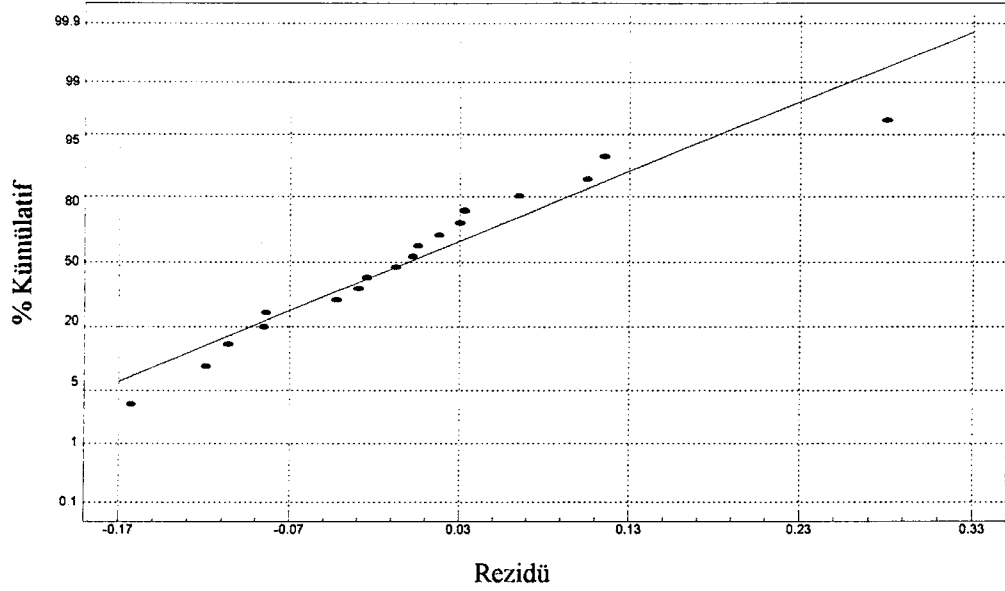
Rezidülerin normal olasılık grafikleri Şekil 7.10 , 7.11 ve 7.12' de verilmiştir. Bu tür grafiklerde rezidülerin, eğimi rezidülerin standart sapmasıyla belirlenen, sıfırdan geçen bir doğru üzerinde olması beklenir. Görüldüğü gibi sonuç oldukça iyidir.



Şekil 7.10. Yerüstünden Darbeli Hidrolik Delici Modeli İçin Normal Olasılık Grafiği.



Şekil 7.11. Delik Dibinden Darbeli Delici Modeli İçin Normal Olasılık Grafiği.



Şekil 7.12. Döner Delici Modeli İçin Normal Olasılık Grafiği.

7.5. Sonuç

Daha önce belirtildiği gibi kayaçların delinebilirliği öncelikle makinanın işletme parametrelerine ve kayaç özelliklerine bağlıdır. Yerüstünden darbeli hidrolik delicilerin regresyon analizinde delik çapı, delici motor saati ve tabanca gücü de dikkate alınmıştır. (7.5) eşitliğinde görüldüğü gibi modele işletme parametrelerinden darbe frekansı, kayaç özelliklerinden de basınç dayanımı ve kuvars miktarı girmiştir. Delik çapı, tabanca gücü, baskı basıncı, darbe basıncı ve döndürme basıncının modele girmemesinin nedeni bu parametrelerinin değerlerinin örnekten örneğe çok fazla değişiklik göstermemesinden kaynaklanabilir. Delik çapı 76-102 mm arasında değişmektedir. Tabanca gücü 11.5 kW' dan 25 kW' a kadar değişmesine rağmen 14-17.5 kW arasında yoğunlaşmaktadır. Baskı basıncı 60 bar' dan 110 bar' a kadar değişmekte, fakat yoğunlaşma 60-75 bar arasında olmaktadır. Darbe basıncı 90-150 bar arasında değişir, fakat yoğunlaşma 100-120 bar arasındadır. Döndürme basıncı 50 bar' dan 170 bar' a kadar değişmekte, fakat 50-65 bar arasında yoğunlaşmaktadır. Bir modele giren bağımsız değişkenlerin kendi aralarında yüksek korelasyon varsa model genellikle geçersiz olmaktadır. Basınç dayanımı ile kayaçların diğer mekanik ve fiziksel özellikleri arasında anlamlı ilişkiler olduğu bilinmektedir (Anon, 1985; Haramy ve DeMarco, 1985; Bilgin ve Shahriar, 1986; Şişman ve diğ., 1990). Bu

nedenle basınç dayanımı ve kuvars miktarı dışındaki diğer kayaç parametreleri modele girmemişlerdir. Sonuç olarak, kabarıklı matkap kullanan yerüstünden darbeli hidrolik delicilerin performansını tahmin etmek için geliştirilen (7.4) modelinin yukarıda verilen çap, güç, baskı basıncı, darbe basıncı ve döndürme basıncı değer aralıklarında geçerli olduğu söylenebilir.

Delik dibinden darbeli delicilerin regresyon analizinde delik çapı, piston çapı, işletme basıncı, baskı basıncı, döndürme basıncı, hava basıncı ve kayaç özellikleri gözönünde bulundurulmuştur. (7.7) eşitliğinde görüldüğü gibi modele (İşletme Basıncı x Piston Çapı) ile Schmidt Değeri girmiştir. Delik çapı, baskı basıncı, döndürme basıncı ve hava basıncı örnekler arasında fazla değişiklik göstermediğinden modele girmemiştir. 90 ve 100 mm olmak üzere iki çeşit delik çapı vardır. Baskı basıncı, bir anormal değer (80 bar) dışında 13-22 bar arasında değişmektedir. Döndürme basıncı 40-60 bar, hava basıncı ise 5-8 bar arasında değişmektedir. (7.7) modeli bu değer aralıklarında geçerlidir. Daha önce bahsedildiği gibi Schmidt değerinin belirlenemediği durumlarda (7.7) modeli kullanılamamaktadır. Bunun için (İşletme Basıncı x Piston Çapı) ve darbe dayanımı değerinin bağımsız değişken olarak girdiği (7.9) modeli geliştirilmiştir.

Döner delicilerin regresyon analizinde matkap çapı, matkap yükü, dönme hızı ve kayaç özellikleri dikkate alınmıştır. (7.11) eşitliğinde görüldüğü gibi modele matkap çapı, matkap yükü, dönme hızı ve kayaç özelliklerinden basınç dayanımı girmiştir. İstatistik testler sonucu en iyi olarak seçilen bu modelin döner delicilerin delme hızını belirlemede güvenilir bir şekilde kullanılabileceği söylenebilir.

BÖLÜM 8

PATLAYICI MADDELER, ATEŞLEME ELEMAN VE SİSTEMLERİ VE KAYAÇLARIN PATLATILABİLİRLİĞİ

8.1. Giriş

Delme-patlatma kolay kazılabilir olmayan kaya kütlelerini, kontrollü bir şekilde tahrip ederek ana kaya kütesinden ayırma işlemidir. Bu işlem sırasında belirlenmiş büyük kapasiteler için iyi patlatılmış kaya kütleleri elde edilirken, şevde kalan kayaya en az zarar verilmelidir. Bu iki zıt isteğin şartlarını yerine getirmesi gereken delme-patlatma, üretim kapasitesinden, son ürün maliyetinden, patlatma sonrası işlemlerin randımanından, emniyetli bir çalışma ortamına kadar her şeyi doğrudan etkileyen üretimin ilk ve en önemli aşamasıdır (Altun, 1993).

Verimi artırmak ve çeşitli ihtiyaçlara (özel uygulama alanları ve çevre sınırlamaları vs.) cevap vermek amacıyla patlayıcı ürünler ve patlatma teknikleri sürekli geliştirilmektedir. Patlatma bilim ve teknolojisinde son yıllarda yapılan çalışmalar aşağıda başlıklar halinde verilmiştir (Bilgin, 1993).

- Temel araştırmalar (sayısal ve fiziksel modeller)
- Çevresel etkiler (vibrasyon, hava şoku, yapı hasarı)
- Patlatma tekniklerinde iyileştirmeler ve kullanılan ekipmanlar
- Parça boyut dağılımı analizleri
- Yeni patlayıcılar ve kullanımda yaşanan problemler
- Özel teknoloji uygulamaları

8.2. Patlayıcı Maddelerin Tarihi Gelişimi

İlk olarak 600 yıl önce kullanılmaya başlayan patlayıcı maddeler günümüze kadar çok hızlı gelişmiştir. Patlayıcı madde endüstrisi 13. yüzyıl civarında karabarutun icadı ve geliştirilmesiyle başlar. Karabarutun hazırlanmasını ilk olarak Roger Bacon (1214-1292) tanımlamıştır, fakat geliştirilmesi Berthold Schwartz (13.yy)' in tüfeği icadı ile olmuştur. Karabarut kaya patlatmasında ilk defa 1627' de Macaristan' da kullanılmıştır. 17. yüzyıl sonlarında Avrupa' da çoğu madenci karabarutu kullanır hale gelmiştir. 18. yüzyıl' da da barut inşaat sektöründe yaygın olarak kullanılmaya başlamıştır. Karabarut günümüzde taşocaklarında halen az da olsa kullanılmaktadır. Karabarut uygulama alanı dinamitin icadı ve geliştirilmesiyle sınırlanmıştır.

19.yy.' in ilk yarısındaki üç icad günümüzün modern patlayıcı endüstrisi için temel oluşturmuştur. 1800' de Edward Howard ilk kapsül bileşimi olan civa fülminat' ı tanımlamıştır. 1846' da Alman fizikçi C. F. Schonbein selüloza nitrat emdirerek dumansız barut (guncotton)' u elde etmiştir. Yine aynı yıl Ascanio Sobreso tarafından piroglişerin adıyla nitroglişerin icat edilmiştir.

Önceleri kutularda taşınarak deliklere doldurulup patlatılmakta olan nitroglişerin darbeye karşı duyarlı olduğu için taşıma ve patlatma esnasında birçok kaza meydana gelmekteydi. Nitroglişerin taşınmasında Kiselgur (Diatomit toprağı) kullanıldığında Alfred Nobel, Kiselgur' un, ağırlığının üç katı nitroglişerin emdiğini görmüştür. Nobel, nitroglişerin emdirilmiş Kiselgur' u kağıda sarıp kartuş haline getirmiş ve "Dinamit" ismini vermiştir. Kartuşlar darbelere daha dayanıklı olduğu için kazalar azalmıştır. 1861' de İsveç' te ilk küçük nitroglişerin fabrikasını kuran Nobel, 1867' de dinamit fabrikasını kurarak ilk dinamiti yapmıştır. Yüksek patlama hızından dolayı karabaruta göre çok daha fazla verimli olan dinamit, amonyum nitrat bileşimlerinin yaygın olarak kullanılmaya başladığı 1950' li yıllara kadar fazla miktarda tüketilmiştir .

Patlayıcı imalinde amonyum nitrat (AN) ilk defa 1867' de İsveç' te kullanılmıştır. 1950' li yıllarda yaygın olarak kullanılmaya başlayan AN bileşimleri çok ekonomik olmalarına rağmen suya dayanıksızdı. Suya dayanımlarını artırma çalışmaları sınırlı

kalmış ve çare olarak waternel ya da slurry patlayıcılar geliştirilmiştir. Bunların başlıca avantajları, yüksek su direnci ve yüksek şarj yoğunluğunun getirdiği iyi performans ile düşük duyarlılığa bağlı olarak daha emniyetli olmalarıdır. Bileşim elemanlarının yeteri kadar ince yapılmasının patlayıcı verimini önemli derecede arttırdığının anlaşılmasıyla Emülsiyon türü patlayıcılar geliştirilmiştir (Knowles, 1989; Anon, 1987).

8.3. Patlayıcı Maddeleri Tanım ve Özellikleri

Patlayıcı maddeler ısı, darbe, sürtünme ya da bunların bileşimi ile dışarıdan herhangi bir elemanın kimyasal katkısı olmaksızın çok hızlı bir reaksiyona giren ve genellikle gaz ürünler veren organik veya inorganik bileşimlerdir. Reaksiyon sonucu 4500° C civarında hızlı bir ısı ve 250000 bar' a kadar gaz çıkışı olur. Bu yüksek basınçlı gaz parçalama, kesme ve çatlatmaya sebep olmaktadır (Erkoç, 1990; Naapuri, 1990; Anon, 1987).

Çözünme reaksiyon hızları patlayıcı maddelerin türünü tayin eder. Reaksiyon hızı sesaltı (subsonik) olursa patlayıcı maddeler, sesüstü (süpersonik) olursa patlayıcı maddeler olarak tanımlanırlar. Sesüstü reaksiyona patlama denilmektedir (Erkoç, 1990).

Yerüstü kayaç kazısında kullanılan patlayıcıların teknik özellikleri şöyle sıralanabilir:

1 - Patlama gücü ve verimi;

- Patlama hızı
- Patlama stabilitesi
- Patlama basıncı
- Patlama ısısı
- Özgül gaz hacmi
- Patlayıcı gücü
- Patlayıcı yoğunluğu

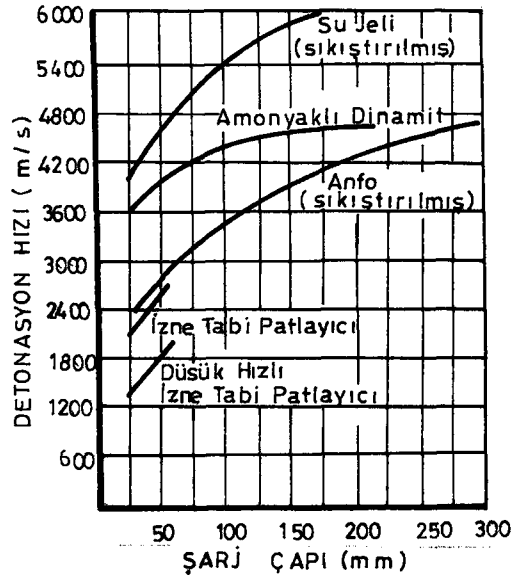
- 2 - Kolay patlama ve duyarlılık
- 3 - Oksijen dengesi
- 4 - Enerji aktarma oranı
- 5 - Emniyet
- 6 - Suya karşı direnç
- 7 - Depolanma özellikleri
- 8 - Patlama ürünü gazlar

8.3.1. Patlama Gücü ve Verimi

8.3.1.1. Patlama Hızı

Patlama dalgasının patlayıcı kartuşu içinde ilerleme hızıdır. Patlama dalgası patlayıcı kolonunda ateşleme noktasında başlar ve sesüstü hızda hareket eder. Bu hız belli bir patlayıcıda sabit olup, ürün tipi ve bileşim, tane boyutu, yoğunluk, çap doldurma oranı, ısı ve ateşleme derecesi gibi birçok faktöre bağlıdır. Günümüz ticari patlayıcılarının patlama hızları 1500-7900 m/s arasında değişmektedir. Yüksek patlama hızlı patlayıcılar sert kayalar için uygundur. Yumuşak formasyonlarda ise düşük patlama hızlı patlayıcılar daha iyi sonuç verirler. Genellikle düşük patlama hızlı patlayıcılarda reaksiyon uzun süre içinde olur. Yüksek patlama hızlı patlayıcılarda ise reaksiyon kısa bir zaman süreci içinde olur. Sonuç olarak, düşük patlama hızlı patlayıcılar daha çok itici özellikte olup, gevşetme işleri için uygundur (Anon, 1987; Naapuri, 1990).

Patlayıcı türüne bağlı olarak belirli bir çapa kadar ürün çapı patlama hızını etkiler. Genellikle çap büyüdükçe, patlayıcının hidrodinamik hızına ulaşıncaya kadar patlama hızı yükselir. Ayrıca, her patlayıcı için bir Kritik Çap vardır ki, bu çap, reaksiyonun başlaması ve devamı için gerekli minimum çaptır. Bu çapın altında patlama olmaz veya çok yavaş olur, ya da kısmi olur. Çeşitli patlayıcılarda çapa bağlı olarak değişen patlama hızı Şekil 8.1' de görülmektedir (Naapuri, 1990; Erkoç, 1990).



Şekil 8.1. Delik Çapının Fonksiyonu Olarak Patlama Hızı (Naapuri, 1990).

Patlayıcı cinsine bağlı olarak ısı değişimi patlama hızını etkiler. Tipik olarak, normal sıcaklıkta katı olan ve hiç ya da çok az sıvı içeren patlayıcılar fazla düşük olmayan ısıdan etkilenmezler.

Ayrıca, patlamanın mümkün olduğu kadar hızlı olabilmesi için yeterli miktarda ateşleyici (primer) gereklidir. Aksi halde patlama yavaş olur (Naapuri, 1990).

Patlama hızı farklı yöntemlerle ölçülebilir. Bu yöntemlerden bir kaçı aşağıda anlatılmıştır (Anon, 1987).

a) Elektrik Prob Yöntemi

Yöntemde 0.1 s zaman aralığını ölçebilen elektronik kronograf kullanılır. Kronograf, patlayıcı kartuşuna belli mesafelerde yerleştirilen bakır tellerden oluşan özel prob' lar ile beraber kullanılır. Patlama dalgası ilk prob ile kontakt haline geldiğinde kısa devre yapar ve kronografi çalıştırır. İkinci prob ile kontakt durumunda kronograf durur. Böylece belli mesafeyi katetme süresi ölçülmüş olur ve buradan patlama hızı hesaplanır.

b) Sürekli Rezistans Yöntemi

Bu yöntemde tek prob kullanılır. Prob ya kartuş içine ya da kartuş eksenine paralel olarak dışa yerleştirilir. Patlama, kartuş içinde ilerlerken prob' u da tüketir. Prob' un değişen rezistansı osiloskop ekranında görüntülenir. Görüntü doğru şekilde olup, eğimi patlama hızını verir.

c) Hızlı Kamera Yöntemi

Mikrosaniyede 51 mm film çekme hızına sahip kamera kullanılır. Kartuş uzunluğu ve kamera hızından faydalanılarak patlama hızı bulunur.

d) D'Autriche Yöntemi

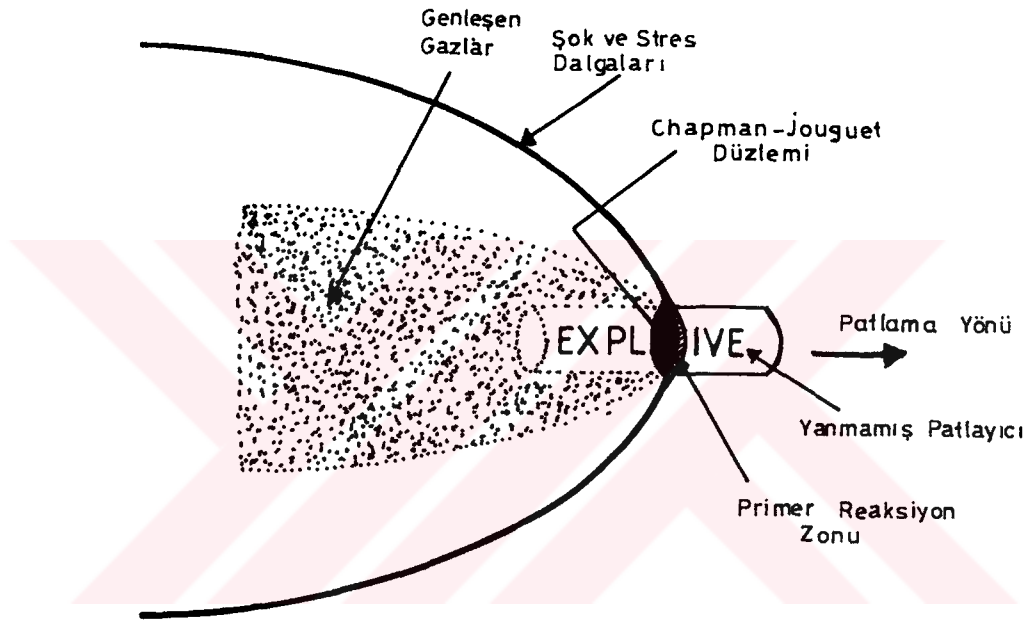
Yöntemde patlama hızı bilinen infilaklı fitil kullanılır. Uzunluğu belli olan fitilin iki ucu belli aralıklarla (minimum 15.2 cm) kartuşa bağlanır. İnfilaklı fitilin orta kısmı bir kurşun plaka üzerine yerleştirilir. Reaksiyon kartuş içinde ilerlerken infilaklı fitilin önce 1., sonra 2. ucunu ateşler. İki patlama dalgası infilaklı fitil içinde birbirine doğru ilerler. Dalgaların karşılaştığı yerde kurşun plaka üzerinde çarpışma izi meydana gelir. Fitilin uzunluğu bilindiği ve fitilin uçları belli mesafede yerleştirildiği için patlama hızı kolayca hesaplanabilir.

8.3.1.2. Patlamanın Sürekliliği

Patlayıcı şarjının tamamında patlamanın kesintisiz olarak devam etmesi anlamına gelir. Delik çapı büyüdükçe patlama sürekliliği artmaktadır. Çok hassas patlayıcılarda deliklerarasında oldukça fazla mesafe olsa da patlama yayılabilmektedir; bu, formasyona, patlayıcıya, şarj boyutuna, deliklerarası mesafeye ve diğer faktörlere (su vs.) bağlıdır. Fakat genellikle her şarj ayrı ayrı ateşlenmektedir (Gustafsson, 1973; Naapuri, 1990).

8.3.1.3. Patlama Basıncı

Genellikle kbar olarak ölçülen patlama basıncı, Chapman-Jourquet(C-J) düzleminde patlama hattı arkasında bulunan reaksiyon zonundaki basınçtır (Şekil 8.2). Bu, istenilen parçalanmayı elde etmede bir patlayıcının yeteneğinin önemli bir göstergesidir. Yemleme olarak kullanılacak bir patlayıcıda yüksek patlama basıncı anahtar karakteristiklerden biridir



Şekil 8.2. Patlamanın Şematik Gösterimi (Anon, 1987).

Patlama basıncı akvaryum testinden aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanabilir (Anon, 1987);

$$P_d = 129.1V_d V_p \quad (8.1)$$

Burada,

P_d = Patlama basıncı (kbar)

ρ_e = Patlayıcı yoğunluğu(g/cm^3)

V_d = Patlama hızı(m/s)

V_p = Patlayıcı partikül hızı(m/s)

Patlama basıncı aşağıdaki formül yardımıyla da hesaplanabilir. Fakat bu akvaryum testi formülü kadar hassas değildir (Anon, 1987).

$$P_d = 2.5 \times 10^{-6} V_d^2 \rho_e \quad (8.2)$$

Burada,

P_d = Patlama basıncı (kbar)

V_d = Patlama hızı (m/s)

ρ_e = Patlayıcı yoğunluğu (g /cm³)

Genellikle artan yoğunlukla patlama basıncı, dolayısıyla performans artar. Fakat, özellikle anfo ve slurry gibi patlayıcılarda yoğunluğun ters etkileri de gözlenmiştir. Yoğun priller halinde hazırlanan anfo' nun patlama hızı, gözenekli priller halinde hazırlanan anfo' dan düşük ölçülmüştür. Yine birincisinin duyarlılığı ikincisinden daha azdır. Slurry patlayıcılarda karışıma cam baloncukları, hava veya gaz kabarcıkları katılmadığı takdirde patlama olmamaktadır. Bu gibi elemanların miktarı karışımın yoğunluğunu azalttığı gibi, patlama hızını, duyarlılığını ve kritik çapın etkilemektedir. Olayın tek açıklanabilir yolu, düşen yoğunluk ve artan porozite ile patlayıcı maddenin yüzey alanının artması ve dolayısıyla reaksiyon hızının artmasıdır (Erkoç, 1990).

8.3.1.4. Patlama Isısı

Patlayıcı ateşlendiği zaman verdiği ısı enerji miktarını gösterir ve genellikle "kj/kg" şeklinde ifade edilir. Yapılan iş, ya da gaz basıncının etkisi, oluşan gaz hacmine ve ısı miktarına bağlıdır. Ortaya çıkan ısının % 30-40' ı ısı genleşmesi olarak mekanik işe çevrilir. Artan ısı gazları genleştirdiği için gaz hacmi artmakta ve patlama daha etkin olmaktadır (Naapuri, 1989).

3.1.5. Özgül Gaz Hacmi

Özgül gaz hacmi normal şartlarda (0° ve 760 mmHg) 1 kg patlayıcının litre olarak verdiği gaz miktarıdır ve patlayıcı maddenin bileşim elemanları yardımıyla

hesaplanabilir. Bilindiği gibi gaz hacminin fazla olması, patlamanın daha güçlü ve etkili olması sonucunu getirecektir (Naapuri, 1989; Gustafson, 1973).

8.3.1.6. Patlayıcı Gücü (Kuvveti)

Patlayıcı enerjisi kimyasal olarak depolanmış olup, patlama ile ortaya çıkar. Bu enerjinin kullanımı, enerjinin korunumu kanunu, kütle ve zaman ile kontrol edilir. Bir delikteki patlama enerjisi, delik çevresini ezme, çatlak oluşturma, kesme, ısı ve ışık, kütle hareketi, vibrasyon ve hava şoku etkilerini meydana getirir. Patlayıcı enerjisi iki farklı şekilde ortaya çıkar; patlama basıncı ve delik basıncı. Patlama ya da şok basıncı kayaç üzerinde bir parçalama etkisi meydana getirir. Delik basıncı ise gaz artışından dolaydır ve yavaş hareketlidir. Biraz parçalanma yapsa da asıl görevi öteleme yapmaktır (Anon, 1987).

Bir patlayıcının performansı sadece patlamayla ortaya çıkan enerji ile belirlenmez; performans aynı zamanda enerji çıkış hızına ve bu enerjinin kayacı parçalama ve ötelemede ne kadar etkin olarak kullanıldığına bağlıdır. Yani, patlayıcı performansını patlayıcı özelliği ve kayaç özellikleri birlikte belirlemektedir (Naapuri, 1990).

8.3.1.7. Patlayıcı Yoğunluğu

1 cm³ patlayıcının gram olarak ağırlığı demektir. Granüler patlayıcılarda genellikle yoğunluk artışı ile patlayıcı enerjisi artar. Ancak, emülsiyon ya da watergel gibi patlayıcılarda enerji yoğunluğa bağlı değildir. Çoğu ticari patlayıcıların yoğunluğu 0.8 g/cm³ ile 1.65 g/cm³ arasında değişmektedir.

Şarj yoğunluğu ise, belli delik hacmindeki patlayıcı miktarı olup, patlatma dizaynında çok önemli bir özelliktir. Şarj yoğunluğuna göre, deliğin metresi başına şarj ve özgül şarj her boyuttaki patern için dizayn edilebilir (Anon, 1987; Naapuri, 1990).

8.3.2. Kolay Patlama ve Duyarlılık

Anfo, amonit ve slurry dışındaki tüm ticari patlayıcılar kapsüle duyarlıdır. Bazı durumlarda anfo ve amonit de kapsülle patlatılabilir, fakat çoğunlukla yemlemeye (primer) gerek duyulur. Genellikle dinamit gibi yüksek patlama hızına sahip yemlemeler tercih edilmektedir (Naapuri, 1990).

Duyarlılık önemli bir patlayıcı özelliğidir. Duyarlılığın düşük olması durumunda, eğer patlayıcı kolonunda boşluk ya da bir engel varsa reaksiyon kesilebilir. Duyarlılığın fazla olması durumunda, eğer delikler birbirine çok yakın ise, bir delikteki patlama şoku komşu delikteki patlayıcıyı da ateşleyebilir. Bu durumda gecikmeli düzen bozulur ve kötü parçalanma, aşırı hava şoku ve vibrasyon olur (Anon, 1987).

8.3.3. Oksijen Dengesi

Oksijen dengesi, patlayıcı maddelerin CO₂, H₂O, Al₂O₃ ve N₂ gibi dengeli ürünler oluşturmak üzere salabilecekleri oksijen miktarının kendi ağırlığı içindeki yüzdesidir. AN bozduğunda,



denkleme göre bir atom O₂'i serbest bırakmaktadır. Bir atom O₂, 16 g olduğuna göre, 80 g olan AN içinde % 20'ye eşdeğerdir. Bu durumda AN oksijen dengesi +20 olmaktadır. Oksijen denge değerinin önünde yer alan pozitif işaret sistemin oksijen verdiği, negatif işaret de sistemin oksijene gerek duyduğu anlamına gelir (Erkoç, 1990).

Oksijenin yeterli olmaması durumunda CO, oksijen fazlalığında ise azot oksitleri meydana gelmektedir. Bu gazların fazla miktarda oluşumunu önlemek için, iyi karıştırılmış ve paketlenmiş oksijen dengeli patlayıcılar kullanılmalı ve ateşleme sistemi uygun olmalıdır (Gustafsson, 1973). Örneğin, anfo içindeki mazot % 5.7' den az

olduğu zaman AN' in saldığı oksijenin hepsi karbon tarafından kullanılamaz ve serbest kalan oksijen de azot gazı ile birleşerek azot oksitlerin oluşmasına neden olur. Bu olay kendisini, kahverengiden sarıya kadar değişen renkler ile gösterir. Mazotun % 5.7' den fazla olması durumunda ise karbon miktarı fazla olacak ve çok zehirli olan CO gazı oluşacaktır. Her iki durumda da enerji kaybı sözkonusudur (Erkoç, 1990).

8.3.4. Enerji Aktarma Oranı

Patlayıcı maddeler tüm enerjilerini kayaya iletmezler. Bu, bir ölçüde patlayıcının özellikleri ile kayanın özelliklerinin uyuşmamasından kaynaklanır. Örneğin, kartuş çapının delik çapından küçük olması aktarma oranını düşürecektir.

Enerji aktarma oranı empedans ile açıklanabilmektedir. Empedans, fizik olarak bir sistemin uygulanan bir kuvvete gösterdiği tepkidir. Teorik olarak patlayıcı empedansı/kayaç empedansı oranı ne kadar 1' e yaklaşırsa ideal enerji aktarımı gerçekleşmektedir. Marn ve benzeri kayaçlarda yoğunluk ve dalga yayılma hızı düşüktür. Dolayısıyla empedansları da düşüktür. Böyle kayaçlarda yüksek patlama hızlı patlayıcılar kullanmak fayda vermemektedir. Aksine, bu tür patlayıcılar pahalı olduğu için maddi kayıplara sebep olmaktadır. Demir cevheri, granit gibi kayaçlarda ise yüksek patlama hızlı patlayıcılar daha iyi sonuç vermektedir (Erkoç, 1990).

8.3.5. Emniyet

Patlayıcılarda aranan önemli özelliklerden biri de taşıma ve şarj esnasında emniyetli olmaları ve insanların hayatını riske sokmamalarıdır. Emniyet derecesini ölçmek için birçok yöntem geliştirilmiştir; darbe duyarlılığı testi, mermi testi, sürtünme testi, ısı testi, yanma testi, statik elektrik testi bu testlerdendir (Naapuri, 1990; Anon, 1987).

8.3.6. Suya Karşı Direnç

Birçok durumda su altında patlatma yapmak gerekmektedir. Ayrıca, normal patlatmada da su dolu deliklere sık sık rastlanmaktadır. Su sızması öncelikle patlayıcı

verimini düşürür. Kötü su şartlarında uzun süre kalma ile duyarlılık azalır ve patlama özelliği yok olur. Plastik patlayıcılar suya karşı yüksek dirençlidirler. Diğer bazı patlayıcılar da suya dayanıklı malzeme ile kaplanarak su dirençleri artırılmaktadır. Ayrıca, su direnci sadece patlayıcı ve paketleme özelliğine bağlı değildir. Yüksek basınçlı dinamik su, düşük basınçlı statik suya göre patlayıcıyı daha fazla etkiler.

Bir patlayıcının su direnci, su sızmasına karşı dayanıklılığı olarak tanımlanır. Dayanıklılık, statik sudaki dayanma süresi olarak ifade edilmektedir. Standart su direnç testi öncelikle dinamitlerin sınıflandırılmasında kullanılmaktadır. Test, 41.3 cm uzunluğundaki deliklerde 3.2x20.3 cm kartuşlar ile yapılmaktadır. Kartuşlar farklı sürelerde su içinde bekletilir ve No.8 elektrikli kapsül ile patlatılabilirliği test edilir. Sınıflandırma Tablo 8.1' de verilmiştir (Anon, 1989; Naapuri, 1989; Gustafsson, 1973).

Günümüzde su direnci farklı birçok patlayıcı mevcuttur. Kullanım amacına göre istenilen su direncine sahip patlayıcı seçilebilmektedir.

Tablo 8.1. Dinamitlerin Su Direncine Göre Sınıflandırması (Anon, 1987)

Sınıf	Saat
1	Belirsiz
2	32-71
3	16-31
4	8-15
5	4-7
6	1-3
7	<1

8.3.7. Depolanma Özellikleri

Patlayıcılar nem, yüksek ve düşük ısı gibi olumsuz şartlar altında bile uzun süre depolanabilir özellikte olmalıdırlar. Patlayıcıların depolanabilme özellikleri sürekli gelişmesine rağmen depolardaki patlayıcılar devamlı yenilenmelidir. Yani, depoya

daha önce gelenler öncelikli olarak kullanılmalıdır. Ayrıca, depolar temiz ve kuru tutulmalı, depolanma süresi mümkün olduğunca kısa olmalıdır.

Patlayıcının depolandığı ortam ısısı önemlidir. Plastik patlayıcılar yüksek ısıli yerlerde depolanmamalıdır. Örneğin, dinamit 90° F' in üzerinde uzun süre bırakılmamalıdır. Aksi halde patlayıcıdaki tuzlar eriyerek kartuşun deforme olmasına neden olur. Dondurucu soğukta ise dinamit donar ve kullanılamaz duruma gelebilir (Gustafsson, 1973; Anon, 1987; Naapuri, 1990).

8.4. Patlayıcı Madde Türleri

Günümüz patlayıcıları eskiye nazaran daha emniyetli, daha dayanıklı ve daha etkindir. Klasik dinamitten yakın geçmişte geliştirilen emülsiyon türü patlayıcılara kadar pek çok çeşit mevcuttur. Her patlayıcının kendine has özellikleri olup buna uygun kullanılma yerleri vardır. Uygun patlayıcı kullanılmadığında ya da yanlış kullanım durumunda maliyet artar, tehlikeli ve istenmeyen durumlar ortaya çıkabilir.

8.4.1. Dinamitler

Geliştirilmeleri 125 yıl öncesine dayanmasına rağmen dinamitler halen yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Bu, dinamitlerin çok yüksek patlama hızı, mükemmel su direnci, yüksek basınç altında etkenlik, son derece düşük ısıya dayanım gibi farklı özelliklerde ve farklı şekillerde üretilmelerinden kaynaklanmaktadır.

Günümüzde dinamit başlıca 5 madde ve açıklanmayan bir çok elemandan oluşur. Beş madde nitrogliserin, nitroglükol, nitroselüloz, oksitleyici tuzlar ve yakıt karışımlardır. Bütün dinamitlerin sıvı kısmı "NG" ile ifade edilen nitrogliserin ve nitroglükolden oluşur. Patlama hızı, enerji çıkışı ve su direncine göre NG içeriği % 5' den % 90' a kadar değişebilir. Nitroselüloz sıvı kısım ile diğer karışımları birarada tutmak ve yakıt karışımların sızmasını önlemek amacıyla jelleştirici olarak kullanılır. Amonyum nitrat ve sodyum nitrat gibi oksitleyici tuzlar dengeleme amacıyla kullanılır. En yaygın karışım elemanları nişasta, odun talaşı, fındık tozu, kükürt ve bitkisel reçinedir.

Dinamitler, normal dinamit, amonyaklı dinamit, jelatin ve yarı-jelatin dinamit ve özel dinamitler gibi gruplara ayrılabilirler (Naapuri, 1990; Anon, 1987).

a) Normal Dinamitler

Adı normal dinamit olmasına rağmen bu dinamitler çeşitli oranlarda aktif karışımlar içerir. Örneğin, performans artırıcı olarak sodyum nitrat katılır. Dinamitin teknik özellikleri Tablo 8.2' de görülmektedir.

Tablo 8.2. Dinamitin Teknik Özellikleri (Naapuri, 1990).

Yoğunluk	g/cm ³	1.4
Patlama hızı	m/s	5500-6000
Gaz ürün miktarı	lt/kg	860
Patlama ısısı	MJ/kg	4.4
Güç/Birim ağırlık	-----	1.0
Güç/Birim hacim	-----	1.0-1.4

Yüksek yoğunluk ve patlama hızları nedeniyle üstün parçalama özelliğine sahiptirler. Suya karşı dirençleri oldukça iyi olmasına rağmen fazla miktarda gaz çıkarırlar. Bu da yeraltında kullanımı sınırlandırmaktadır. Ayrıca yüksek fiyat ve aşırı dayanıklılıktan dolayı kullanım oranı gittikçe azalmakta ve yerini amonyaklı dinamite bırakmaktadır.

NG yüzdesi dinamitin derecesini göstermektedir. Örneğin, NG miktarı % 35 ise % 35' lik dinamit denir.

b) Amonyaklı Dinamitler

Birincil enerji kaynağı yakıt karışımı amonyum nitrat ve sodyum nitrat olan dinamitlerdir. Genellikle düşük yoğunluk, yüksek şok ve sürtünme toleransına sahiptirler. Patlama hızları düşükten orta dereceye kadar olabilmektedir. Fazla gaz çıkardıklarından itici etkileri yüksektir. Dolayısıyla yumuşak zeminler için

uygundurlar. Karışım oranları değiştirilerek yoğunluk ve güç ayarlanabilir. Ancak, su dirençleri kötüden ortaya geçtiği için kullanımı sınırlıdır.

c) Jelatin Dinamitler

Suya karşı direnci arttıran nitroselüloz içeriği fazla olan dinamitlerdir. Normal ve amonyaklı olmak üzere iki türleri vardır. Normal jelatin dinamitler fazla miktarda nitroselüloz içerirler. Yüksek jellikten dolayı mükemmel su direncine sahiptirler. Amonyaklı jelatin dinamitlerde ise nitrogliserinin bir kısmının yerini amonyum nitrat almıştır. Yüksek su direnci yanında yüksek yoğunluk ve patlama hızına sahiptirler. Dolayısıyla sert kayalar için uygundurlar.

d) Yarı-Jelatin Dinamitler

Yüksek yoğunluklu amonyaklı dinamit ile amonyaklı jelatin dinamit arasında bir özelliğe sahiptirler. Orta derecede patlama basıncı ve yeterli su direncine sahiptirler. Üretim amacı ekonomikliğe dayanmaktadır.

e) Özel Dinamitler

Yeraltı kömür madenciliği için özel formüle edilmiş ve geliştirilmiş dinamitler mevcuttur. Ayrıca, özel ihtiyaçlar için ekstra yoğunluklu, ekstra su dirençli ve ekstra patlama hızlı vs. dinamitler de imal edilmektedir.

8.4.2. Patlayabilir Karışımlar (Blasting Agents)

Tek başlarına patlayıcı özelliği olmayan karışımlar (yakıt ve oksitleyiciler) içeren ve kapsüle duyarlı olmayan patlayıcı maddeler Patlayıcı Karışımlar olarak isimlendirilirler. Bu patlayıcılar Anfo, Slurry ve Emülsiyon türü patlayıcılar olmak üzere üç grup altında toplanabilir (Anon, 1987).

8.4.2.1. Anfo

Anomyun nitrat (AN) ilk defa Alfred Nobel tarafından 1867' de dinamit yapımında kullanılmıştır. 1955' de Lee ve Akre kömür gibi katı yakıtı AN ile karıştırarak elde ettikleri patlayıcı patentini almışlardır. Daha sonraları bu katı yakıt yerine Fuel Oil (FO) kullanılmış ve anfo ortaya çıkmıştır. Düşük maliyet, emniyet ve hızlı şarjdan dolayı anfo 1960' lı yıllarda kuru delik uygulamasında dinamitin yerini almaya başlamıştır. Anfonun teknik özellikleri Tablo 8.3' de verilmiştir.

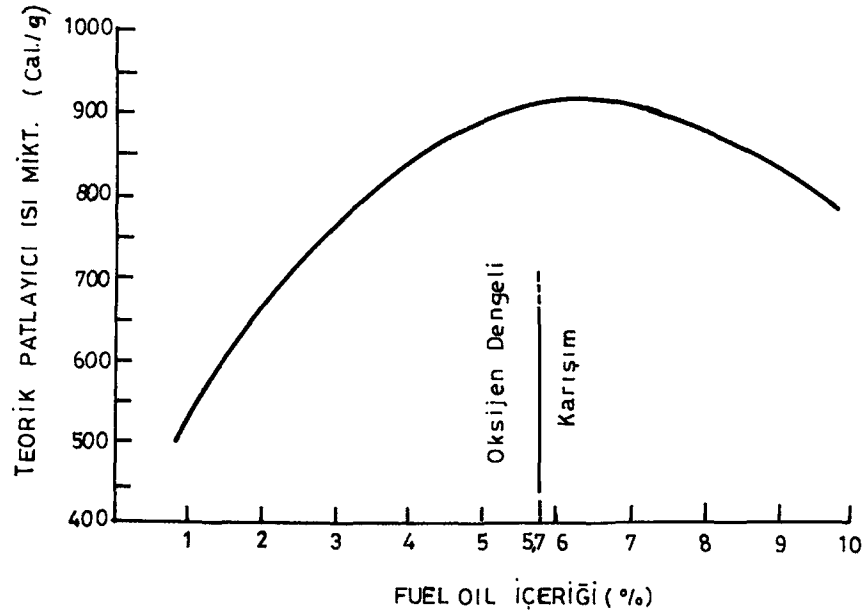
Tablo 8.3. Anfo' nun Teknik Özellikleri (Naapuri, 1990).

Yoğunluk	g/cm ³	0.9
Patlama hızı	m/s	2000-4000
Gaz ürün miktarı	lt/kg	970
Patlama ısısı	MJ/kg	3.8
Güç/Birim ağırlık	-----	0.9
Güç/Birim hacim	-----	0.7-0.8

Oksijen dengeli anfo % 5.7 FO ve % 94.3 AN karışımıdır. Bu orandan sapma enerji kaybı demektir. Şekil 8.3' de görüldüğü gibi % 5.7' den az FO durumunda enerji kaybı daha fazladır. Bu durumda karışımda O₂ fazlalığı vardır ki, bu, patlama esnasında azot oksitlerine dönüşür ve turuncu renkli duman şeklinde kendini gösterir. FO oranı % 5.7' den fazla olduğunda O₂ azlığı vardır ve az miktarda CO ortaya çıkar.

Anfo genel olarak nitrogliserin esaslı patlayıcıların maliyetinin 1/2-1/3' üne malolur ve duyarlılığının düşüklüğünden dolayı daha emniyetlidir. Orta patlama hızına sahip olup çok iyi gaz ürün verir ki, bu da iyi bir itici güç sağlar. Patlama hızı delik çapına çok bağlıdır. Kritik delik çapı 100 mm olup, daha düşük çaplarda patlama hızı düşer. Asıl önemli dezavantaj suya dayanıksız olmalarıdır.

İdeal bir patlayıcı olmayan anfo' nun performansını etkileyen faktörler çeşitlidir. Bunlar, tane boyutu ve dağılımı, FO içeriği, doldurma oranı, delik çapı, yemleme türü, nem ve infilaklı fitil kullanımındadır (Anon, 1987).



Şekil 8.3. Fuel Oil İçeriğinin Anfo'ya Etkisi (Anon, 1987).

Anfo iyi birim ağırlık gücüne sahipken orta birim hacim güce sahiptir. Bu durumu iyileştirmek için aşağıdaki işlemler yapılabilir (Kennedy, 1990).

- FO' in bir kısmını alüminyum ya da alüminyum alaşımları gibi daha enerjistik metal yakıtlar ile değiştirmek.
- Priller arasındaki boşlukları doldurmak için farklı AN boyutları ile harmanlama yapmak.
- Priller arasındaki boşlukları kısmen veya tamamen patlayıcı emülsiyonlar ile doldurmak. Bu karışım 'ağır anfo' diye isimlendirilmektedir.

Ağır Anfo

Ağır anfo, anfo ve emülsiyon patlayıcıların karışımından meydana gelir. Anfo prilleri arasındaki boşluklar emülsiyon ile doldurularak yoğunluk, enerji ve su direnci artırılmış olur. Saf emülsiyon patlayıcılar kadar etkili ve ucuz olduğu için uygulaması gittikçe yaygınlaşmaktadır.

Maksimum güç % 40 emülsiyon oranında elde edilmektedir. Bu oranın üzerinde priller birbirini sıkıca tutamadıkları için şok dalgası yayma özellikleri ortadan kalkar. Emülsiyon artışıyla yoğunluk da artar ve maksimum 1.3 g/cm^3 olur.

Tecrübeler eğer şarjın alt $1/3'$ ü ağır anfo geri kalanı normal anfo ile doldurulursa, sanki şarjın hepsi ağır anfo ile doldurulmuş gibi sonuç elde edildiğini göstermektedir (Naapuri, 1990; Anon, 1987).

8.4.2.2. Slurry Patlayıcılar

Bilindiği gibi anfo verimli ve güvenli olmasına rağmen suya karşı dayanıksızdır. Sulu deliklere de çok sık rastlandığı için, bu probleme çözüm ararken temel maddesi yine AN olan slurry patlayıcılar gündeme gelmiştir. Suyu karşı dayanıksız olan AN çok yüksek konsantrasyonlarda çözeltilebilir. Yürütülen çalışmalar böyle çözeltilerin içine bazı bitkisel zamların katılmasıyla suda erimeye dirençli kıvamlı karışımların elde edilebildiğini göstermiştir. Karışıma yakıt olarak önceleri TNT (Trinitrotoluen) katılırken daha sonra alüminyum tozu katılmaya başlanmıştır (Erkoç, 1990).

Slurry patlayıcılar kapsüle duyarlı olmayıp yemlemeye gerek duyarlar. Plastik torbalar halinde imal edildikleri gibi direkt olarak da deliğe pompalanabilirler. Bu patlayıcıların teknik özellikleri Tablo 8.4' de verilmiştir.

Tablo 8.4. Slurry Patlayıcıların Teknik Özellikleri (Naapuri, 1990)

Yoğunluk	g/cm^3	1.45
Patlama hızı	m/s	5000-5500
Gaz ürün miktarı	lt/kg	690-870
Patlama ısısı	MJ/kg	3.9-4.2
Güç/Birim ağırlık	-----	0.91-0.94
Güç/Birim hacim	-----	1.32-1.36

Bu patlayıcılar AN, TNT veya alüminyum tozu, su ve homojenliği sağlayıcı maddelerden oluşur. AN, TNT ve su oranı genellikle 65, 20 ve 15' dir. Patlama

için kritik delik çapı 102 mm ' dir. 70, 20, 10 karışım oranında daha yüksek enerji elde edilir, fakat daha büyük delik çapına gerek duyulur. TNT oranı % 30-35' e çıkarılırsa kritik delik çapı 51 mm' ye kadar düşebilir (Naapuri, 1990).

8.4.2.3. Emülsiyon Patlayıcılar

Emülsiyon türü patlayıcılar emniyetli ve farklı çeşit ve kullanım alanına sahip olmaları nedeniyle artan bir pazar payına sahiptir. Patlayıcı emülsiyonlar yakıt ve oksitleyici karışımlardan oluşur. Başlıca oksitleyiciler nitratlardır. Yakıtlar ise çoğunlukla mineral hidrokarbonları ya da organik türevlerdir. Oksitleyici/yakıt oranı yaklaşık 10:1' dir. Elektron mikroskopunda incelendiğinde emülsiyonun yapısı ince yakıt tabakası ile kaplı çok kenarlı damlacıklar halinde görülür.

Patlama reaksiyonu iki fazın sınırlarında oluşmaktadır. Emülsiyonlar diğer patlayıcılardan daha küçük (0.001 mm) dağılmış nitrat çözeltisi damlacıkları içerdikleri ve her iki faz da sıvı olduğundan yüzey alanını arttırlar. Buna bağlı olarak da reaksiyon verimi yükselir. Yakıt ve oksitleyici karışımın oranını değiştirerek reaksiyon gücü ayarlanabilir.

Diğer patlayıcıların aksine emülsiyonlarda kimyasal duyarlaştırıcı kullanılmaz. Duyarlaştırıcının görevini emülsiyondaki boşluklar yerine getirir. Anfo' da ortalama 3200 m/s olan patlama hızı bu patlayıcılarda 5000-6000 m/s' ye çıkmaktadır. Bu da, özellikle sert kayalar için gerekli olan yüksek şok enerjisi sağlar.

Emülsiyonun viskozite ve yoğunluğu büyük ölçüde sıvı FO' den viskoz balmumuna kadar değişen organik yakıt fazının fiziksel özellikleri tarafından belirlenir. Emülsiyon kıvamı kartuşluk veya pompalanabilir ürün elde etmek amacıyla FO ve balmumu oranını değiştirerek ayarlanabilir. Patlayıcının gücünün, duyarlılığının ve kıvamının ayarlanabilir olması farklı uygulama alanlarında kullanım açısından çok önemlidir. Farklı firmalara ait emülsiyon patlayıcılar mevcuttur. Emulite, Emulan ve Kemiitti bunlardan bir kaçıdır.

Emülsiyon patlayıcıların en önemli özelliklerinden biri de emniyetli olmalarıdır. Bu, bileşime giren elemanların ayrı ayrı olduklarında patlayıcı özellik göstermemelerinden kaynaklanmaktadır. Hatta bazı sistemlerde bileşim elemanları ancak deliğe pompalandıktan sonra emülsiyon patlayabilir özellik kazanmaktadır (Naapuri, 1990).

8.5. Patlayıcı Madde Seçimi

Açık ocaklar ve taş ocaklarında çok farklı şartlarla karşılaştığı için her türlü patlayıcı uygulama alanına girebilmektedir. Mevcut kullanım alanı için en uygun patlayıcı veya patlayıcı bileşimi ancak pek çok faktör incelendikten sonra belirlenebilir. Başarılı bir patlatma için kullanılacak patlayıcı maddenin seçiminin çok iyi yapılması gerekir. Başarısız bir patlatmanın hem zaman kaybı ve hem de ek maliyet getireceği unutulmamalıdır. Patlayıcı madde seçiminde genel kriterler aşağıda açıklanmıştır (Anon, 1987; Naapuri, 1990).

a) Formasyon Özellikleri

Formasyon yumuşak tabakalı şeylden masif granite kadar değişebilir. Birinci grup kayada düşük yoğunluklu ve düşük güçlü patlayıcı yeterli olabilir. Fakat ikinci grup kayaç için yüksek yoğunluklu ve yüksek güçlü patlayıcı gerekir.

b) Parça Boyutu

Üretim maliyeti parça boyutuyla direkt ilişkilidir. Sert ve yüksek yoğunluklu kayada istenilen parça boyutu ya dilim kalınlığını ve deliklerarası mesafeyi azaltarak, ya da patlayıcı konsantrasyonunu artırarak sağlanır. Patlayıcı konsantrasyonu ise patlayıcının güç ve yoğunluğuna bağlıdır.

c) Su Durumu

Kuru deliklerde formasyon için uygun güç ve yoğunluğa sahip her türlü patlayıcı kullanılabilir. Sulu delikler için jelatin türü dinamitler, slurry ve emülsiyon gibi suya dayanıklı patlayıcılar gereklidir.

d) Delik Çapı

Delik çapı genellikle 38-381 mm arasında değişmektedir. Daha önce bahsedildiği gibi bazı patlayıcılar belli delik çapının (kritik çap) altında ya hiç patlamamakta ya da patlama hızı düşmektedir.

e) Emniyet

Emniyet daima çok önemlidir. Günümüzde modern patlayıcılar daha emniyetli olarak imal edilmektedirler. Örneğin, slurry ve emülsiyonlar dinamite göre çok daha fazla emniyetlidirler.

f) Maliyet

Patlayıcı seçiminde teknik verimden daha çok maliyet gözönünde bulundurulmaktadır. Anfo, teknik verimi çoğu patlayıcıya göre düşük olmasına rağmen ucuz olduğu için hemen hemen tüm kuru delik uygulamalarında kullanılmaktadır. Kuru deliklerde anfo ile genellikle en düşük patlatma maliyeti elde edilmektedir.

8.6. Ateşleme Elemanları

Günümüzde yerüstündeki patlatmalarda kullanılan ateşleme elemanları aşağıda sıralanmıştır (Naapuri, 1990; Erkoç, 1990):

- Fitol ve adi kapsüller
- İnfilaklı fitil ve gecikme elemanları
- Elektrikli kapsüller
- Elektriksiz (Nonel) kapsüller

8.6.1. Fital ve Adi Kapsül

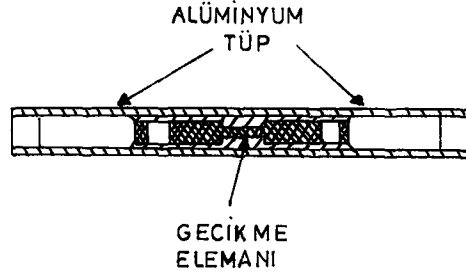
Fital-kapsül sistemi basit ve ucuzdur, fakat sadece küçük ve ikincil patlatmalar için uygundur. Fitalin yanma hızı hassas olmadığı için aynı anda ateşleme veya gecikmeli ateşleme için pratik değildirler.

8.6.2. İnfilaklı Fital ve Gecikme Elemanı

PETN (Penta Eritrol Tetra Nitrat)'nin kritik çapının hemen hemen sıfır sayılabilecek kadar küçük olması infilaklı fital üretimine imkan vermiştir. İnfilaklı fital esas olarak ortada PETN çekirdek, etrafında tekstil bir katman ve en dışta da plastik bir kaplamadan oluşur. Fitaldeki patlayıcı miktarı metre başına 1-300 PETN tanesi (1-20 g/m) olarak değişir. En çok kullanılan 80-100 tane/m olmaktadır. İnfilaklı fital normal şok ve sürtünmelere karşı duyarlı değildir. Normal fitalin yanma hızı 100 m/s iken infilaklı fitalin yanma hızı 8000 m/s' dir.

İnfilaklı fital çoğunlukla büyük taş ocakları ve maden ocaklarında yüksek patlama hızına sahip patlayıcıları ateşlemek için kullanılır. Günümüzde özellikle kontrollü patlatmalarda (Pre-splitting ve smooth blasting gibi) infilaklı fitalle, aralarında önemli bir gecikme olmadan bir çok şarj ateşlenebilmektedir. İnfilaklı fitalin getirdiği en büyük avantaj, röle ile kullanılarak elektrikli ateşlemeden daha fazla gecikme sağlanmasıdır. Elektrikli kapsül üreticileri gecikme aralıklarını 20 numaraya kadar yapmaktadır. Buna karşılık bazen çevreye minimum sarsıntı vermek açısından 20' den fazla gecikme aralığına gerek duyulabilir. Bu ise infilaklı fital ve röle ile sağlanabilir. Kısa aralıklı gecikme (5-400 ms) sağlayan rölenin yapısı Şekil 8.4' de görülmektedir. Basit bir gecikme düzenlenmesi, bir sıradaki delikleri birleştiren her infilaklı fital hattı için bir röle kullanmaktır.

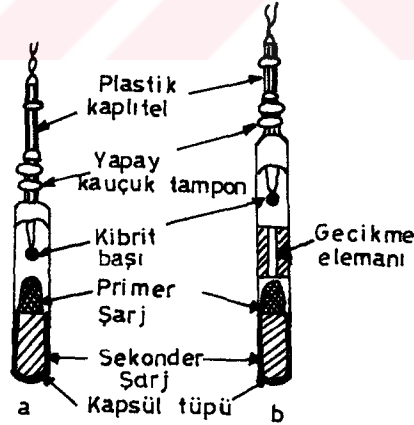
İnfilaklı fital özellikle küçük çaplı deliklerde patlayıcı kolonu üzerinde bozucu etkiye sahiptir. Bu da, patlayıcı verimini azaltır. Ayrıca infilaklı fitalin patlama gürültüsü fazladır.



Şekil 8.4. Röle'nin Yapısı (Naapuri, 1990).

8.6.3. Elektrikli Kapsüller

Prensipte adi kapsüllerle aynı olan elektrikli kapsüllerde primer şarjı ateşlemek için fitil alevi yerine kibrit başı bulunmaktadır. Kibrit başı bir elektrik direnci tarafından ateşlenir. Gecikmeli elektrik kapsüllerinde kibrit başı ile primer şarj arasında boyu gecikme aralığına göre değişen bir gecikme elemanı vardır. Şekil 8.5' de gecikmesiz ve gecikmeli elektrik kapsülü görülmektedir.



Şekil 8.5. Gecikmesiz (a) ve Gecikmeli (b) Elektrik Kapsülü (Naapuri, 1990).

Standart kapsüllerdeki primer şarj, duyarlı patlayıcılardan yapılır. Kurşun asit, ya da kurşun trinitro-sesorsinit olan bu primer şarj, PETN, tetril, ya da heksogenden (RDX) meydana gelen sekonder şarjı ateşler.

Gecikmeli kapsüller kısa gecikmeli ve uzun gecikmeli olmak üzere iki sınıfa ayrılabilir;

- Kısa gecikmeli kapsüllerde gecikme periyodu 8-50 ms arasında değişir. Bu kapsüller taş ocakları, açık ocaklar ve inşaat işlerinde en yaygın kullanılan kapsüllerdir.
- Uzun gecikmeli kapsüller çoğunlukla tünel patlatmalarında, nadiren yerüstünde kullanılmakta olup gecikme periyodu 200-500 ms arasındadır.

8.6.3.1. Elektrikli Kapsülle Ateşlemede Devre Dizaynı

Devreler seri, paralel ve karışık olabilir. Devre çeşidi seçimi kullanılan kapsül sayısına ve işin cinsine bağlıdır. Seri devre genellikle 40' dan az kapsül içeren küçük patlatmalarda uygulanır. Avantajı, basit olması ve tüm devrenin sürekliliğinin aynı anda kontrol edilebilmesidir. Düşük akım ve yüksek voltaj gerektiren seri sistemler genellikle taş ocakları ve açık ocaklarda uygulanırlar. Yüksek akım ve düşük voltaj gerektiren paralel devreler çoğunlukla büyük çaplı maden ocaklarında kullanılırlar. Sistemde her kapsül ayrı ayrı kontrol edilmelidir. Karışık devre genellikle kapsül sayısı 40' ı aştığı durumlarda uygulanır. Kapsül sayısı fazlalaştıkça bağlama ve hesaplama zorluğu ortaya çıkar.

8.6.3.2. Elektrikli Kapsülle Ateşlemede Emniyet

Patlayıcılar sahaya getirilmeden önce çevredeki istenmeyen elektrik yükleri tespit edilmelidir. Bu elektrik yükleri,

- İyi yalıtılmamış ya da hasar görmüş elektrik donanımından kaynaklanan kaçaklar,
- Fırtınalı havadaki elektrik yükü ve yıldırım,
- Yansıtıcı yakınlarındaki yüksek radyo frekansı,
- Yüksek gerilim hattı gibi yerlere yakın sahalarda bulunan manyetik alanlardaki indüklenmiş akım,
- Toz ve kar fırtınası, bant konveyör ve pnömatik anfo nakliyatı nedeniyle oluşan statik elektrik,

- Birbirine dokunan ya da iletken malzeme ile ayrılmış farklı metaller tarafından üretilen galvanik akım' dır.

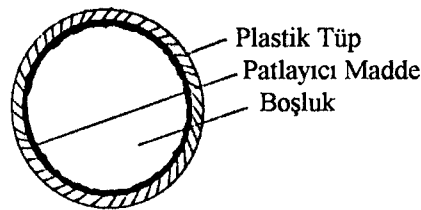
Patlatma devresine istenmeyen elektrik yüklerinin girmesi önlenmeli, ya da emniyetli sınırın altında tutulmalıdır. İstenmeyen elektrik yükü problemine karşılık aşağıdaki tedbirler alınmalıdır:

- Patlatma sahasında veya çevresinde fırtınalı hava olduğu zaman patlatma ekibi sahadan uzaklaştırılmalıdır.
- Patlatma projesine başlamadan önce sahada radyo frekans ölçümü yapılmalıdır.
- Mekanik olarak indüklenmiş statik elektrik yükünden korunmak için tüm ekipman ve birimler tek bir noktada toplanmalı, tüm bağlantılar yalıtılmalı ve elektrik kapsül ve telleri makinalardan uzak tutulmalıdır.

8.6.4. Elektriksiz (Nonel) Kapsüller

Elektrikli kapsüllerin önemli kazalara yol açması, en azından risk taşıması elektriksiz kapsülleri gündeme getirmiştir. Nitro-Nobel firmasının Nonel markası ile ürettiği bu tür kapsüller diğer firmalar tarafından da üretilmektedir.

Bu kapsüllerde ateşleme ince bir plastik tüp içerisinde yol alan alev ile gerçekleşir. Bunu sağlamak için uygun kalite ve çaptaki plastik tüpün iç duvarı özel bir patlayıcı madde ile kaplanır (Şekil 8.6). Bu patlayıcı madde kapsül şokuna duyarlıdır, sürtünme ve alev ile patlamaz. Tüp 3 mm çap ve 5.5 g/m ağırlığındadır. Patlayıcı miktarı 0.02 g/m kadardır. Tüp bir ucundan ateşlendiği zaman şok dalgası 2000 m/s hızla ilerler ve elektriksiz kapsülün gecikme elemanını ateşler.

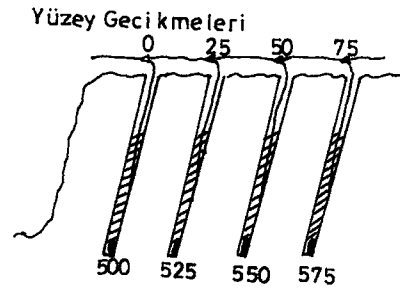


Şekil 8.6. Nonel Kapsül Tüpünün Kesiti (Erkoç, 1990).

Elektriksiz sistemin avantajları şöyle sıralanabilir:

- Kaçak elektrik ve radyo frekanslarına karşı emniyetli
- Darbelere ve ısıya karşı duyarsız
- Elektrikli ateşlemedekine eşit hassas zamanlama sağlar
- Gürültüsüzdür
- Delikteki patlayıcıya zarar vermez
- Yüksek hidrolik basınç altında bile suya dayanıklıdır
- Soğuk havada bile elastiktir, kırılğan değildir

Elektriksiz sistemde gecikme düzeni yerüstünde yapılır ve bir hata varsa hemen düzeltilebilir. Elektrikli kapsül kullanımında ise kapsül deliğe konulup patlayıcı doldurulduktan sonra geriye dönüş yoktur. Elektriksiz sistemde sadece yerüstünden gecikme uygulandığında 0 numarada patlayan delikten fırlayan taşlar diğer gecikme elemanlarına ve devreye zarar verebilir. Bu riski önlemek için deliğe konulacak kapsüller 500 ms gecikmeli olarak üretilmektedir. Şekil 8.7' de görüldüğü gibi son deliğe şok dalgası 75 ms sonra ulaşacak, fakat ilk deliğin patlaması bundan 425 ms sonra olacaktır. Bu sistem özellikle zemin titreşimini en aza indirmek için küçük çaplı ve az şarjlı deliklerin kullanıldığı meskun yerlerdeki patlatmalar için çok uygundur.



Şekil 8.7. Nonel Sistemin Uygulanışı (Naapuri, 1990).

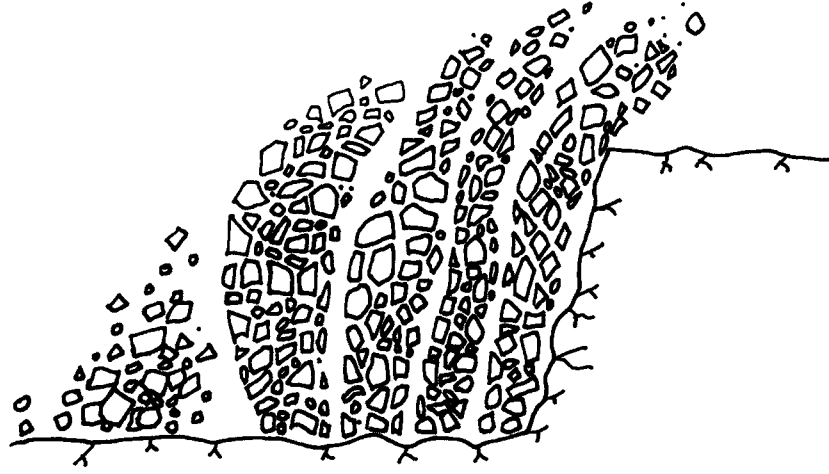
8.7. Ateşleme Sistemleri

Verimli ve karlı kayaç kazısı iyi patlatma ile başlar. Uygun ateşleme sistemi kullanılarak parça boyutu, gevşeme ve pasa şekli kontrol edilebilir ve harcanan enerji azaltılabilir.

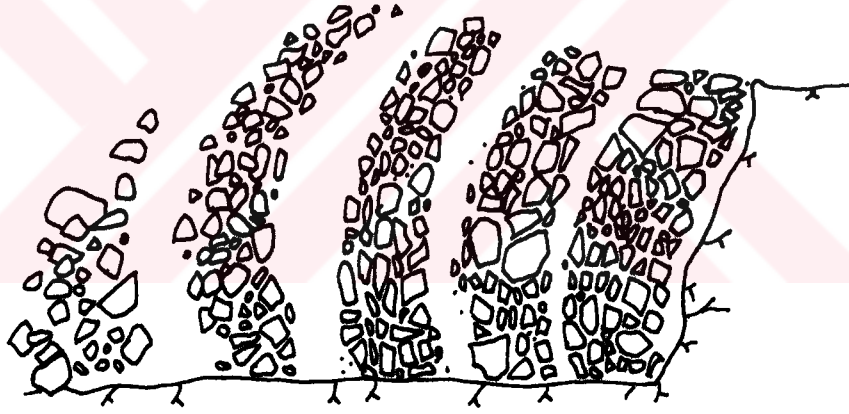
Günümüzde artık gecikme düzeni uygulamadan kademe patlatması yapılmamaktadır, ya da nadiren yapılmaktadır. Gecikmeli patlatmanın avantajları şöyle sıralanabilir (Anon, 1987; Naapuri, 1990):

- Vibrasyon ve hava şokunu azaltır.
- Taş fırlaması, atım yönü ve pasa geometrisi kontrol edilebilir.
- Parça boyutu kontrolü kolay olur.
- Çok sıralı atımlarda tırnak kalması önlenir.
- Her delik ya da her sıra kendine ait dilim kalınlığı için iş yaptığından dilim kalınlığı ve deliklerarası mesafe artırılabilir ki, bu da özgül şarjı düşürür.
- Geri kırılma önlenir.
- Verim artar, maliyet düşer.

Kural olarak gecikme aralığı öyle seçilmelidir ki, ön sıra patlasın ve arkadaki sıra için yeterli hacmi sağlayacak kadar hareket etsin. Eğer gecikme aralığı dar olursa sıralar arasında yeterli hacim boşluğu olmayacağı için malzeme kilitlenir, bozuk pasa geometrisi ve sıkı taban ortaya çıkar. Ayrıca yukarı ve geriye doğru savrulma olur. Doğru gecikme aralığında sıralar birbirini uygun aralıklar ile takip edecekleri için hem taban sıkışmaz hem de sıralar birbirini yakalayacağı için ufalanma olur ve savrulmalar azalır. Gecikme aralığının yeterinden büyük olması halinde ise, taban sıklığı olmamakla beraber ufalanma olmaz ve savrulmalar artar (Erkoç, 1990). Gecikme aralığının kısa ve doğru olduğu durumlar Şekil 8.8' de şematik olarak görülmektedir.



a



b

Şekil 8.8. Gecikme Aralığının Kısa (a) ve Doğru (b) Olması Durumu (Olofson, 1988).

8.7.1. Tek Sıralı Patlatma

Gecikmeli patlatmanın en basit çeşidi olup, bir sıradaki delikler müteakip aralıklarla ateşlenirler. 10-60 ms arasında uygulanan gecikme vibrasyonu, hava şokunu ve taş fırlamasını en aza indirirken parçalanmayı iyileştirir (Naapuri, 1990; Anon, 1987).

8.7.2. Çok Sıralı Patlatma

Uygun gecikme aralığı kullanmanın önemi çok sıralı patlatmalarda daha fazladır. Kesinti olmaksızın optimum sıralararası gecikme iyi parçalanma ve ötelenme sağlar. Bir sıradaki delikler arasında 10-60 ms gecikme aralığı en iyi sonucu vermektedir (Anon, 1987).

Çok sıralı patlatmada sıralararası gecikme aşağıdaki formülden bulunabilir (Naapuri, 1990).

$$t_r = kB \quad (8.4)$$

Burada,

t_r = Sıralararası gecikme(ms)

B = Dilim kalınlığı(m)

k = 3.....5 arasında bir katsayı

Konya ve Walter (1990) deliklerarası ve sıralararası gecikme için aşağıdaki bağıntıları önermişlerdir.

- Deliklerarası gecikme:

$$t_h = kS \quad (8.5)$$

Burada,

t_h = Deliklerarası gecikme(ms)

S = Deliklerarası mesafe(m)

k = 2.9-5.9 arasında değişen bir katsayı

- Sıralararası gecikme:

$$t_r = kB \quad (8.6)$$

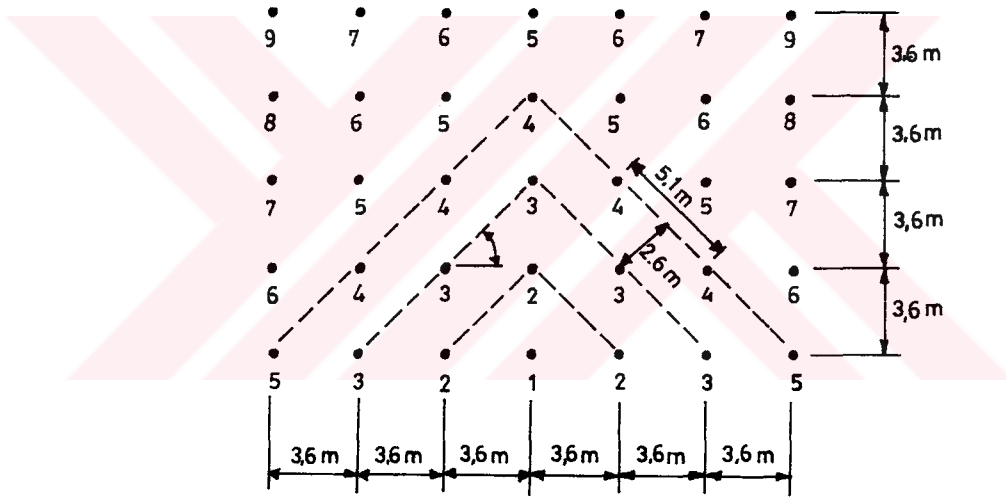
Burada,

$$t_r = \text{Sıralararası gecikme(ms)}$$

$$B = \text{Dilim kalınlığı(m)}$$

$$k = 6.5-45.9 \text{ arasında değişen bir sabit}$$

Çoğu patlatma delik geometrisinde ateşlenmez. Diğer bir deyişle delik düzeni ile ateşleme düzeni farklı olabilir. Bu durumda gerçek dilim kalınlığı, delik düzenindeki değil de ateşleme düzenindeki dilim kalınlığıdır. Şekil 8.9' da görüldüğü gibi delik düzenine göre dilim kalınlığı ve deliklerarası mesafe 3.6 m iken ateşleme düzeninde gerçek dilim kalınlığı 2.6 m, gerçek deliklerarası mesafe 5.1 m' dir (Anon, 1987).



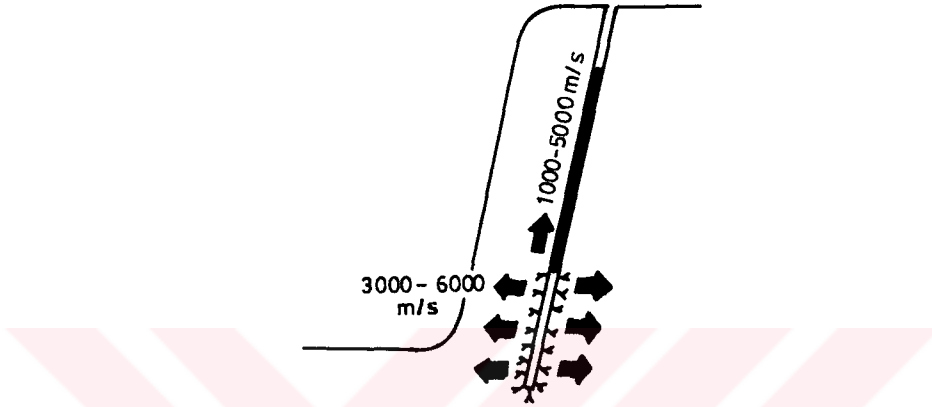
Şekil 8.9. Delik Düzeni ve Ateşleme Düzeninin Farklılığı (Anon, 1987).

8.8. Patlatma Teorisi

Testler ve deneyler göstermiştir ki, bir delikteki şarjın patlamasındaki enerji çıkışı patlama anında çevredeki kayaca dinamik yük olarak etkir. Bu nedenle patlama hızını ve süresini kontrol etmek özellikle önemlidir. Bir delikteki patlama üç ayrı faza bölünebilir (Naapuri, 1990);

a) Kayacın sıkıştırılması

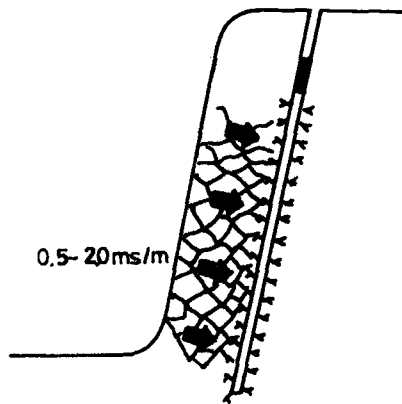
Patlamanın meydana getirdiği şok dalgası büyük ölçüde kayacın jeolojisine bağlı olarak 3000-6000 m/s hızla kayaca geçer. İlk önce kayaç basınç gerilmesine uğrar. Şok dalgası kayacı parçalamaz; sadece ikinci aşamada parçalanmaya yardımcı olacak mikroskobik çatlakları üretir (Şekil 8.10)



Şekil 8.10. Kayacın Sıkıştırılması (Naapuri, 1990).

b) Şok Dalgalarının Serbest Yüzeyden Geri Yansıması

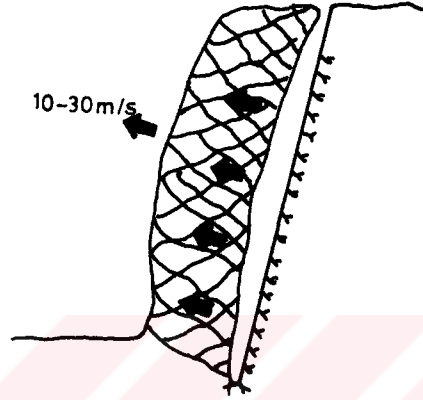
Serbest yüzeye ulaşan şok dalgaları geri yansıyarak kayacın çekme gerilmesini yenmeye çalışır. Yansıma hızı yaklaşık 500-2000 m/s olup, dilim kalınlığının metresi başına 0.5-2.0 ms' ye karşılık gelir. Çekme gerilmeleri, deliğin merkezinden yayılan ve genellikle radyal olan küçük birincil çatlaklara neden olur (Şekil 8.11).



Şekil 8.11. Şok Dalgalarının Geri Yansıması (Naapuri, 1990).

c) Gazların genişmesi

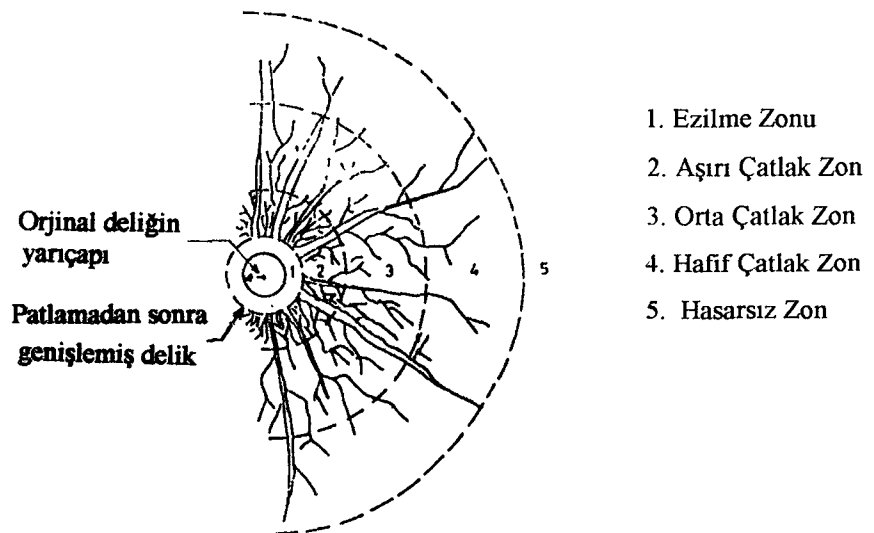
Patlama sonucu fazla miktarda yüksek basınçlı gaz oluşur. Hızlı ısı çıkışı ile genişleyen gaz birincil çatlaklara yayılır. Çatlakların genişlemesiyle dilim ileri doğru hareket eder, basınç düşer ve birincil çatlaklardaki gerilme artar. Sonra birincil çatlaklar yüzeye doğru genişler ve dilim tamamen dağılır (Şekil 8.12).



Şekil 8.12. Gazların genişmesi (Naapuri, 1990).

8.8.1. Delik Çevresinde Kırılma Zonları

Serbest yüzey etkisinin olmadığı tek bir delik patlatmasında meydana gelecek hasar dört zon ile açıklanabilir (Şekil 8.13);



Şekil 8.13. Tek Delik Patlatmasında Kırılma Zonları (Anon, 1987).

a) Ezilme Zonu

Delğin hemen etrafındaki zon olup çapı en fazla delik çapının iki katı kadardır. Patlama sonucu oluşan basınç ve gerilmelerin kayacın dinamik basınç dayanımını çok aşmasıyla meydana gelir. Kayaç ezik ve pülverize bir durum alır (Anon, 1987; Erkoç, 1990).

b) Aşırı Çatlak Zon

Ezik zonun hemen etrafındaki bu zonda aşırı çatlakla beraber kısmi ezilme de mevcuttur. Bu çatlak zonu, patlama basıncının kayacın dayanıklılığını aşması ile meydana gelmektedir.

c) Orta ve Hafif Çatlak Zon

Gerilme dalgaları artık zayıfladığı için 3. ve 4. zonda çatlak oluşumu azdır. Patlama enerjisinin çoğu ısı, sürtünme ve çatlatma şeklinde 1. ve 2. zonda tüketilir. Artık patlama basınç gerilmesi, kayacın basınç gerilmesinden çok daha küçüktür, fakat kayacın çekme gerilmesinden hala büyüktür. Bu da radyal çatlak oluşturacak büyüklüktedir. Bu zonlardaki çatlaklar 1. ve 2. zondaki çatlakların uzantısı şeklindedir (Anon, 1987).

Sismik zonda artık gerilmeler kayacın çekme dayanımının altına düştüğü için, buradan itibaren çatlama meydana gelmez. Ezme ve çatlatma enerjisinden geriye kalan bu zon içinde yol alır ve kayanın özelliğine bağlı olarak sönümlenir. Patlatma vibrasyonu bu sismik dalgalardan kaynaklanmaktadır (Erkoç, 1990; Anon, 1987).

8.9. Kayaçların Patlatılabilirliği

Patlatılabilirlik, kayacın patlatmaya karşı olan direnci olarak tanımlanabilir ve başlıca kayaç özelliklerinden ve jeolojik faktörlerden etkilenir. Sert ve masif kayaçlarda patlatma kolaylıkla kontrol edilebilirken faylı, çatlaklı ve tabakalı kayaçlarda çok zor

kontrol edilir. Çünkü bu tür kayaçlarda patlayıcı enerjisi boşluklara kaçmaktadır. Patlatmayı etkileyen jeolojik faktörler aşağıda açıklanmıştır (Anon, 1987; Naapuri, 1990).

8.9.1. Kayaç Dokanakları

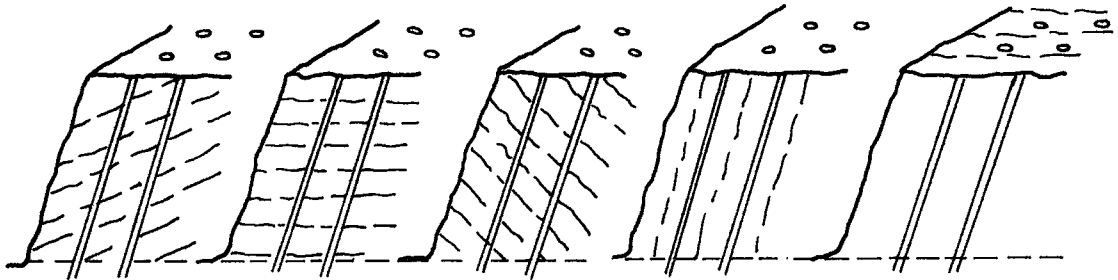
Formasyon dokanakları açıkça belli ya da belirsiz süreksizlik yüzeyleri meydana getirirler. Bu tür düzlemler sokulgan kayaçlarla birleştiği zaman çoğunlukla dereceli olurlar ve kayaç dayanımını azaltmazlar. Böyle durumlarda pratik olarak kayaç homojen kabul edilir. Ancak, bazı dokanak yüzeyleri stabil olmayabilir.

8.9.2. Faylar

Fay dokanakları kil ve milonit gibi ince taneli malzeme içerirler. Faylı sahalarda patlatma planı yapılırken, oldukça zor patlatılabilir formasyonlarda uygulanan patlatma düzeni tercih edilmelidir.

8.9.3. Çatlaklar

Çatlakların en önemli özelliği çekme gerilmelerini iletmemeleridir. Bu dezavantaja rağmen iyi bir planlama ile çatlak sistemi faydalı duruma getirilebilir. Çatlak sistemi, açık kazılarda genellikle dilim kalınlığını, deliklerarası mesafeyi ve delik şarjını etkiler. Ayna düzlemini ana çatlak sistemine paralel olarak düzenlemek iyi bir yöntemdir. Bu durumda genişleyen gazlar önce ana çatlaklara, sonra da küçük çatlaklara yayılırlar. Şekil 8.14' de çeşitli çatlak sistemleri ve uygun delik düzenleri görülmektedir.



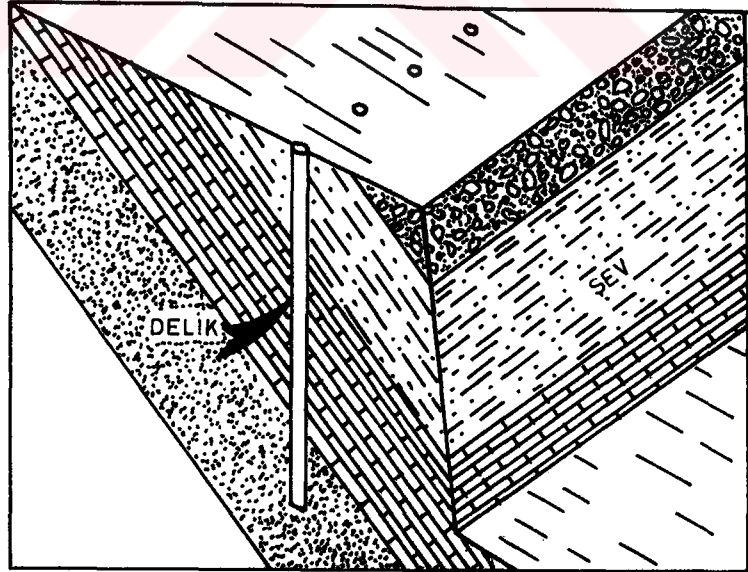
Şekil 8.14. Farklı Yapısal Durumlarda Uygulanan Delik Düzenleri (Naapuri, 1990).

8.9.4. Yataklanma Düzlemleri ve Şistozite

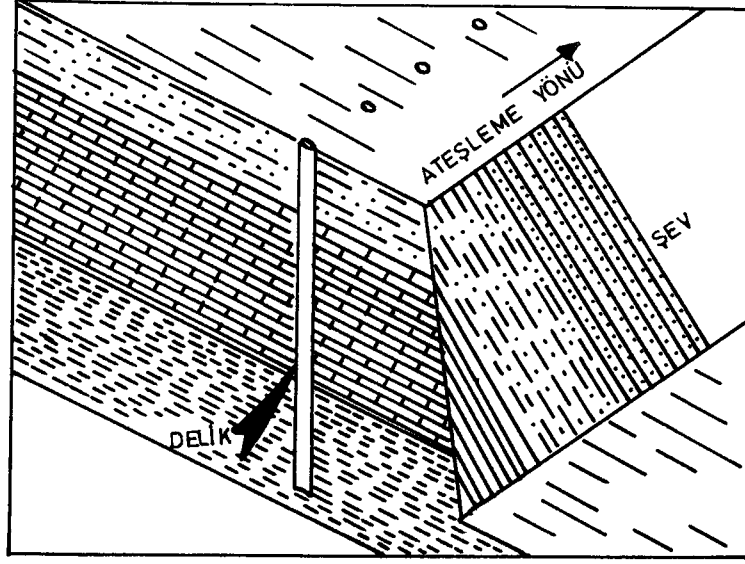
Yataklanma düzlemleri ve şistozite kayaç dayanımını azaltır. Bu durum bazı durumlarda avantaj sağlarken bazı durumlarda istenmeyen sonuçlar doğurmaktadır. Parça boyutunun önemli olmadığı durumlarda sık yataklanma düzlemleri avantaj sağlar. Bu durumda hafif ve düşük hızlı patlayıcılar yeterlidir. Ama, iri parça istenildiği durumlarda çok sık yataklanma düzlemleri bir dezavantajdır.

8.9.5. Eğim ve Doğrultu

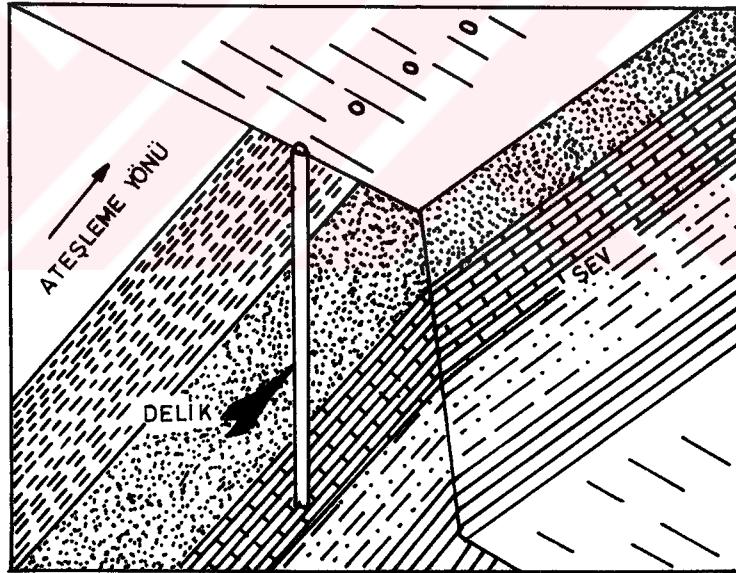
Patlatma düzenini etkileyen diğer bir faktör tabakaların eğim ve doğrultusudur. Şekil 8.15' deki gibi bir düzenlemede hem geri kırılma fazla olur, hem de şev kaymaları meydana gelir. Şekil 8.16' daki gibi uygulamada geri kırılma az olur, fakat tırnak çıkma ve büyük boyut ihtimali fazla olur. Şekil 8.17' deki durumda ise taban düzensiz olabilir ve ateşleme yanlış yönden yapılırsa şev düzensiz çıkabilir.



Şekil 8.15. Tabakaların Şev Yüzeyine Doğru Eğimli Olduğu Durum (Anon,1987).



Şekil 8.16. Tabakaların Yana Doğru Eğimli Olduğu Durum (Anon, 1987).



Şekil 8.17. Tabakaların Geriye Doğru Eğimli Olduğu Durum (Anon, 1987)

Burada, Lilly (1992) tarafından geliştirilen Patlatılabilirlik İndeksi'nden bahsetmek yerinde olacaktır. İndeksin hesaplanmasında parametre olarak kayaç kütlesinin tanımı, çatlak düzlemlerinin sıklığı ve yönelimi, kayaç yoğunluğu ve kayaç dayanımı kullanılmaktadır. Geliştirilen diyagramlardan patlatılabilirlik indeksi yardımıyla dilim kalınlığı ve deliklerarası mesafe ile özgül şarj tahmin edilebilmektedir.

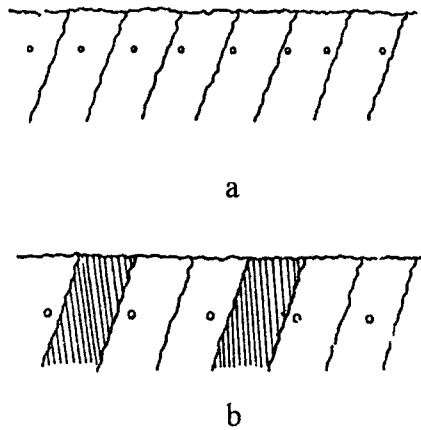
8.10. Parça Boyutuna Eden Faktörler

Bir ya da birden fazla mineralin bir ana kayaçtan çıkarıldığı açık işletmecilikte genellikle maksimum parçalanma istenir. Ürünlerin inşaat sanayiinde kullanılacağı taşocağında ise çoğunlukla küçük parça istenmez. Parça boyutu aynı zamanda yükleyici ve kırıcıya da bağlıdır. Parça boyutuna etki eden faktörlerden önemli olanlar aşağıda sıralanmıştır (Naapuri, 1990; Gustafsson, 1973).

- kayaç özellikleri
- delik düzgünlüğü
- patlayıcı özellikleri
- delik şarjı
- özgül şarj
- ateşleme sistemi

8.10.1. Kayaç Özellikleri

Kayaçların homojen olmaması ve yapısal özellikleri parçalanmayı önemli derecede etkiler. Genel prensip olarak, daha etkin parçalanma için delikler süreksizlikler ile sınırlanan bloklar içinde delinmelidir (Şekil 8.18a). Aksi halde, iki süreksizlik arasında delik olmaması durumunda bu bölge patlatmadan az etkilenecek ve iri bloklar ortaya çıkacaktır (Şekil 8.18b).



Şekil 8.18. Çatlaklı Durumda Uygulanan Delik Düzeni (Naapuri, 1990).

8.10.2. Delik Düzgünlüğü

Deliklerin düzgün olmaması, kötü parçalanmaya, tırnak oluşumuna, aşırı dağılma ve taş fırlamasına sebep olur. İki deliğin dibi birbirine çok yakınsa (aşırı yerel şarj demektir) ya da çok uzaksa (düşük özgül şarj) çok kötü sonuçlar ortaya çıkabilir. Delik sapması arttıkça deliklerarası mesafe ve dilim kalınlığı azaltılmalıdır. Fakat bu da fazla maliyete yol açar.

8.10.3. Patlayıcı Özellikleri

Parçalanmayı en fazla etkileyen patlayıcı özellikleri, şarj yoğunluğu, patlama hızı, patlama ısısı, gaz hacmi ve gaz basıncıdır. Masif ve sert kayacı parçalamada fazla gaz basıncı iyi sonuç verir. Gaz basıncı da patlama hızı ve şarj yoğunluğu ile artar. Özellikleri belli bir patlayıcıda şarj yoğunluğu artırılarak parçalanma iyileştirilebilir. Zayıf ve çatlaklı kayaçta ise gaz hacminin fazlalığı önem kazanmaktadır.

8.10.4. Deliklerin Şarjı

Her delikteki şarj, en düşük maliyetle kayaç parçalama ve gevşetmeyi sağlayacak şekilde dağıtılmalıdır. Kısa deliklerde pratik ve ucuz olduğu için sürekli şarj yapılmalıdır. Uzun deliklerde ise, en yüksek teknik verim ara sıkılamalı şarj ile elde edilir, fakat ucuz olmayabilir. Ara sıkılama boyu, kayaç dayanımındaki düşüş ile arttırılmalıdır. Sert ve masif kayaçlarda tabanın düzgün çıkması için ayrı dip şarj uygulanmalıdır. Yumuşak ve çatlaklı formasyonlarda ise buna gerek yoktur. Kolon şarj alt seviyenin üzerindeki kısmın gevşetilmesi ve parçalanmasını sağlar. Bu, dip şarjın % 50-80' i kadardır. İstenilen parçalanma sağlanamaması durumunda kolon şarj arttırılır, ya da dilim kalınlığı azaltılır. Sıkılama durumu da parçalanmayı etkiler. İyi bir sıkılama yüksek gaz basıncını daha uzun süre delikte tutar ve patlayıcının etkinliğini arttırır.

8.10.5. Özgül Şarj

Delik düzenini sabit tutup özgül şarjı arttırarak parçalanma iyileştirilebilir. Benzer şekilde, şarjı değiştirmeden dilim kalınlığı ve deliklerarası mesafeyi küçültmek özgül şarjı arttıracağından aynı sonuç elde edilir.

Özgül şarj, ya şarj yoğunluğunu yükselterek, ya da şarj boyunu uzatarak arttırılabilir. Sıkılamayı azaltma yoluna da gidilebilir, fakat taş fırlama riski artar. Ayrıca, özgül şarj artarken ezik malzeme miktarı da artar.

8.10.6. Ateşleme Sistemi

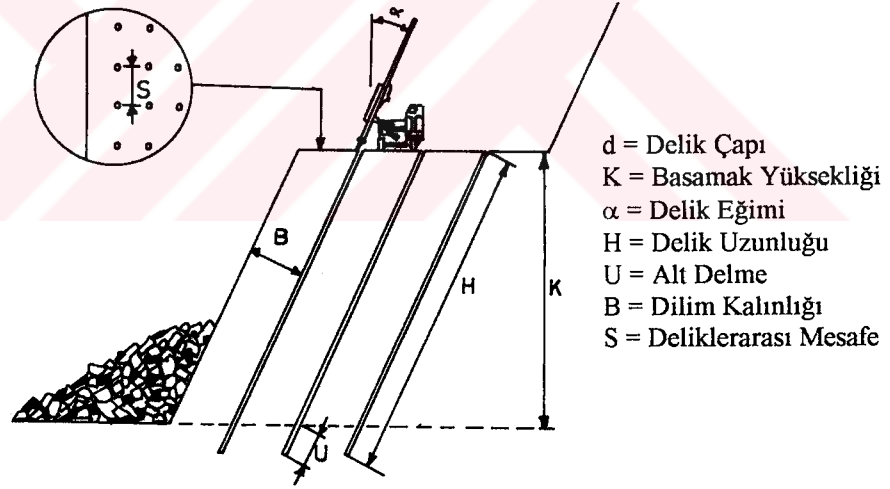
Uygun ateşleme sistemi seçimi kayaç parçalanması üzerinde çok önemlidir. Bir sonraki şarj patlamadan önce, her şarja önündeki dilimi yeterince öteleyecek kadar süre tanırırsa optimum parçalanma elde edilir. Saha tecrübelerine göre, dilim kalınlığının yaklaşık 10 katı (m) gecikme aralığı (ms) çok sıralı atımda iyi sonuç vermektedir. Tercih edilebilir minimum gecikme 25 ms olup, seçim, dilim kalınlığı, deliklerarası mesafe ve toplam delik sayısına göre ayarlama yapılmalıdır.

BÖLÜM 9

BASAMAK PATLATMASI VE TÜRKİYE'DEKİ GENEL DURUMUN DEĞERLENDİRMESİ

9.1. Delik Düzeni Parametreleri

Basamak patlatmasında delik düzeni ile ilgili parametreler Şekil 9.1' de görülmektedir. Bu parametreler birbirlerine, kayaç özelliklerine, patlayıcıya, istenilen parça boyutuna vs. bağlıdır (Naapuri, 1990).



Şekil 9.1. Delik Düzeni Parametreleri (Naapuri, 1990).

9.1.1. Basamak Yüksekliği

Basamak yüksekliğinin hem delme, hem patlatma, hem de yükleyici makinalar açısından önemi vardır. Delici makinaların optimum verimle çalıştıkları bir yükseklik önerilir. Bu yükseklik gereğinden kısa tutulduğunda deliciden tam verim alınamaz.

Aksi durumda delme hızı düşer, delgi ve patlayıcı madde doldurma hataları artar ve makinalar zorlanır. Yükleyici makinaların verimli ve emniyetli çalışabilmeleri açısından şev yüksekliği kepçe erişebilme yüksekliği kadar olmalıdır (Erkoç, 1990).

Anon (1987)' ye göre basamak yüksekliği dilim kalınlığının minimum 2 katı olmalıdır .

Pratik olarak,

$$K = 0.1 \dots 0.15d \quad (9.1)$$

kabul edilebilir (Naapuri, 1990).

Burada,

$K = \text{Basamak yüksekliği(m)}$

$d = \text{Delik çapı(mm)}$

Bununla birlikte büyük çaplı delik delme maliyetini düşürdüğü ve patlayıcı şarjı kolay ve ucuz olduğu için basamak yüksekliğinin delik çapının 60 katına kadar olduğu uygulamalar ekonomik olabilir. Optimum K/d oranının altındaki durumlarda taş fırlaması artacaktır. Bu durumda sıkılama boyu arttırılmalıdır. Diğer yandan basamak yüksekliği delik çapına göre göreceli olarak büyükse delik sapması artacaktır (Naapuri, 1990).

Basamak yüksekliği bazılarında göre 30 m' ye kadar yükseltilmesi gerekirken, bazılarında göre 15 m' de sınırlandırılmalıdır. 30 m yerine 15 m seçilirken;

Avantajlar:

- delikler daha düzgün olur
- dilim kalınlığı ve deliklerarası mesafe maksimum yapılabilir
- yüksek delme hızı elde edilir
- selektif kazı yapılabilir

Dezavantajlar:

- basamak sayısı artar
- delicinin basamak değiştirmesi uzun zaman alır
- alt delme ikiye katlanır
- patar sayısı artar

Tecrübelerle göre, saat başına delici maliyeti, deliciden faydalanma oranı ve yedek parça ve ekipman maliyeti gözönünde bulundurulduğunda optimum basamak yüksekliği 15-20 m olmaktadır. Ekonomiklik 25 m' ye kadar devam etmektedir.

9.1.2. Delik Çapı

Delik çapı, formasyon özellikleri, istenilen parça boyutu, yükleyici ve taşıyıcı ekipman, delici ve kırıcı makinaya göre belirlenmektedir. Genellikle delme ve patlatma maliyeti delik çapı arttıkça düşer. Ayrıca, özellikle anfo gibi patlayıcıların verimi delik çapı artışı ile yükselmektedir. Fakat, patlayıcı kayaç içine ne kadar iyi dağıtılsa o kadar iyi verim alınır. Yani, küçük delik çapında daha iyi dağılım sağlandığı için verim artmaktadır. Az çatlaklı formasyonda küçük çaplı delik kullanımı delikler arasında kalan çatlak sayısını azaltır ki, bu da şok dalgalarının daha az sönümlenmesini sağlar ve özellikle sert kayaçlarda daha küçük parça boyutu elde edilir. Böyle formasyonlarda büyük delik çapı uygulamasında iki çatlak arasında kalan kısım (eğer arada delik yoksa) blok olarak kalır. Bu sebeple, böyle formasyonlarda küçük delik çapı kullanarak her iki çatlak arasına bir delik gelecek şekilde delik düzeni hazırlamak daha iyidir (Naapuri, 1990; Erkoç, 1990; Anon, 1987).

Delik çapını tahmine yarayan literatürdeki bağıntılar aşağıda verilmiştir.

1 - Naapuri (1990) bağıntısı:

$$d = 5...10K$$

(9.2)

2 - Anon (1987) bağıntısı:

$$d = 8.3K \quad (9.3)$$

3 - Konya ve Walter (1990) bağıntısı:

$$d_{\max} = 16.6K \quad (9.4)$$

Tüm bağıntılarda,

d = Delik çapı(mm)

d_{\max} = Maksimum delik çapı(mm)

K = Basamak yüksekliği(m)

9.1.3. Alt Delme ve Delik Uzunluğu

Tabanda tırnak kalmaması için delik basamak altına doğru bir miktar fazla delinmelidir. Aşırı alt delme hem gereksizdir, hem de fazla vibrasyona neden olur. Yetersiz alt delme ise, tırnak oluşumuna, dolayısıyla ikincil patlatma ve ekipman yıpranmasına sebep olur.

Dilim kalınlığına bağlı olarak alt delmeyi veren bağıntılar aşağıda verilmiştir.

1 - Langefors Bağıntısı (Gustafsson, 1973):

$$U = 0.3B_{\max} \quad (9.5)$$

2 - Naapuri (1990) bağıntısı:

$$U = 0.3 \dots 0.4B \quad (9.6)$$

3 - Anon (1987) bağıntısı:

$$U = 0.2 \dots 0.5B \quad (9.7)$$

4 - Konya ve Walter (1990) bağıntısı:

$$U = 0.3B \quad (9.8)$$

Tüm bağıntılarda,

$$U = \text{Alt delme(m)}$$

$$B_{\max} = \text{Maksimum dilim kalınlığı(m)}$$

$$B = \text{Dilim kalınlığı(m)}$$

Delik uzunluğunu veren bağıntılar ise aşağıda verilmiştir:

1 - Langefors Bağıntısı (Gustafsson,1973):

$$H = K+U+0.05(K+U) \quad (9.9)$$

2 - Naapuri (1990) bağıntısı:

$$H = K+U+H_i \quad (9.10)$$

Tüm bağıntılarda,

$$H = \text{Delik uzunluğu(m)}$$

$$K = \text{Basamak yüksekliği(m)}$$

$$U = \text{Alt delme(m)}$$

$$H_i = \text{Eğimden kaynaklanan delik uzunluğu(m)}$$

9.1.4. Delgi Hatası

Çalışma şartları ve operatör hatasından dolayı, delgi hataları kaçınılmazdır. Delgi hatasını veren bağıntılar aşağıda verilmiştir:

1- Langefors bağıntısı (Gustafsson,1973):

$$F_d = 0.05+0.03H \quad (9.11)$$

2 -Tamrock bağıntısı (Naapuri,1990):

$$F_d = 0.1+0.03K \quad (9.12)$$

3 - Nitro-Nobel Bağıntısı (Arıoğlu, 1990):

$$F_d = 0.003d+0.03H \quad (9.13)$$

Tüm bağıntılarda,

F_d = Delgi hatası(m)

d = Delik çapı(mm)

H = Delik uzunluğu(m)

K = Basamak yüksekliği(m)

9.1.5. Dilim Kalınlığı ve Deliklerarası Mesafe

Dilim kalınlığı, patlamanın olduğu delikten en yakın serbest yüzeye olan mesafedir. Delikler arası mesafe ise, dilim kalınlığına dik olarak iki delik arasındaki uzunluktur ve dilim kalınlığına göre belirlenir. Yani, önce dilim kalınlığı, sonra da buna göre delikler arası mesafe hesaplanır. Dilim kalınlığı ve deliklerarası mesafeyi belirlerken gözönünde bulundurulması gereken faktörler şöyle sıralanabilir;

- delik çapı,
- basamak yüksekliği,
- kayaç özellikleri,
- patlayıcı özellikleri,
- istenilen parça boyutu, kütle hareketi ve pasa gevşekliği.

Her kayaç, patlayıcı ve deliklerarası mesafe için bir optimum dilim kalınlığı vardır. Optimum altında dilim kalınlığı seçildiğinde, gerilme dalgalarının çatlatması çok çabuk olur ve itici enerjinin çoğu atmosfere kaçar. Taş fırlaması ve pasa dağılması kontrol edilemez, üstelik fazla gürültü ve toz oluşur. Dilim kalınlığı optimumun üzerinde

ise, gerilme dalgalarının gereğinden fazla yol katetmesi gerektiğinden itme enerjisi verimli kullanılmaz. Dolayısıyla yetersiz parçalanma ve itme ile aşırı vibrasyon, aşırı geri kırılma ve tırnak oluşumu ortaya çıkar (Anon, 1987; Naapuri, 1990).

Dilim kalınlığı patlatma tasarımının en kritik parametresidir. Bu parametrenin doğru seçimi hem delme patlatma maliyetinin optimizasyonu, hem de üretim ve çevre emniyeti açısından hayati öneme sahiptir (Arıoğlu, 1990).

Dilim kalınlığı ile ilgili literatürdeki bağıntıları karmaşık bağıntılar, basit lineer bağıntılar ve basit lineer olmayan bağıntılar olmak üzere üç grup altında toplanabilir. Bu bağıntılar aşağıda sırayla verilmiştir.

a) Karmaşık bağıntılar

1 - Langefors bağıntısı (Olofson, 1988):

$$B_{\max} = \frac{d}{33} \sqrt{\frac{\rho_e S_t}{q_o f_d (S/B)}} \quad (9.14)$$

2 - Konya ve Walter (1990) bağıntıları:

$$\bullet \quad B = 0.038d(\rho_e / \rho_r)^{0.33} \quad (9.15)$$

$$\bullet \quad B = 0.012d[(2\rho_e / \rho_r) + 1.5] \quad (9.16)$$

$$\bullet \quad B = 0.008d(S_t / \rho_r)^{0.33} \quad (9.17)$$

3 - Pearse bağıntısı (Rustan, 1992):

$$B_{\max} = 0.0085d \sqrt{\frac{P_d}{\sigma_t}} \quad (9.18)$$

4 - Frankel bağıntısı (Eskikaya ve diğ., 1994):

$$B = \frac{kH^{0.3} (H - T_s)^{0.3} d^{0.3}}{50} \quad (9.19)$$

5 - Anderson Bağıntısı (Eskikaya ve diğ., 1994):

$$B = 0.11\sqrt{dH} \quad (9.20)$$

6 - Olofson (1988) Langefors bağıntısını basitleştirmiştir:

- $B_{\max} = 1.47\sqrt{l}R_1R_2$ (Dynamex M için) (9.21)

- $B_{\max} = 1.45\sqrt{l}R_1R_2$ (Emulite 150 için) (9.22)

- $B_{\max} = 1.36\sqrt{l}R_1R_2$ (Anfo için) (9.23)

7 - Hino bağıntısı (Arioğlu, 1990):

$$B = 10^{-3} \frac{d}{4} \left(\frac{P_d}{\sigma_{td}} \right)^{\frac{1}{n}} \quad (9.24)$$

8 - Geliştirilmiş Pearse bağıntısı (Arioğlu, 1990):

$$B = 3.48 \times 10^{-5} qd \left(\frac{\rho_e V_d^2}{\sigma_t} \right)^{0.5} \quad (9.25)$$

Tüm bağıntılarda,

B_{\max} = Maksimum dilim kalınlığı(m)

B = Dilim kalınlığı(m)

d = Delik çapı(mm)

ρ_e = Patlayıcı yoğunluğu(gr/cm^3)

ρ_r = Kayaç yoğunluğu(gr/cm^3)

S_t = Patlayıcı gücü

q = Özgül şarj(kg/m^3)

q_o = Düzeltmiş özgül şarj(kg/m^3)

$B_{\max} = 1.4-15\text{m}$ ise $q_o = q + 0.05$

$B_{\max} < 1.4\text{m}$ ise $q_o = q + 0.05/B$

f_d = Delik çapı ile patlayıcı çapı arasındaki fark

S = Deliklerarası mesafe(m)

P_d = Maksimum patlama basıncı(MPa)

σ_t = Çekme direnci(MPa)

σ_{td} = Dinamik çekme direnci(MPa)

k = 1-6 arasında değişen bir katsayı

H = Delik uzunluğu(m)

T_s = Sıkılama boyu(m)

l = Şarj konsantrasyonu(kg/m)

R_1 = Delik eğimi ile ilgili düzeltme faktörü

$R_2 = 0.4 \text{ kg}/\text{m}^3$ özgül şarj harici durumlar için düzeltme faktörü

H_i = Delik eğim katsayısı: 90° için 1.1

70° için 1.04

45° için 1.4

n = Katsayı (1.5)

V_d = Patlama hızı (m/s)

b) Basit lineer bağıntılar

1 - Langefors bağıntısı (Rustan, 1992):

$$B = 14 \dots 76d \quad (9.26)$$

Bu bağıntı daha pratik olarak aşağıdaki gibi kullanılabilir.

$$B = 46d \quad (9.27)$$

2 - Geliştirilmiş Pearse bağıntısı (Rustan, 1992):

$$B = 20 \dots 40d \quad (9.28)$$

3 - Rustan (1992) Konya bağıntısını basitleştirmiştir:

$$B = 15 \dots 37d \quad (9.29)$$

4 - Naapuri (1990) bağıntısı:

$$B = 25 \dots 40d \quad (9.30)$$

5 - Anon (1987) bağıntısı:

$$B = 25 \dots 35d \quad (9.31)$$

6 - Arıoğlu (1990) bağıntısı:

$$B = 26d + 0.41 \quad (9.32)$$

7 - Vutukari-Bhandari bağıntısı (Arıoğlu, 1990):

$$B = 24d + 0.85 \quad (9.33)$$

Tüm bağıntılarda,

B = Dilim kalınlığı(m)

d = Delik çapı (m)

c) Basit lineer olmayan bağıntılar

1 - Atlas Copco bağıntısı (Rustan, 1992):

$$B = 19.7d^{0.790} \quad (50-300 \text{ mm } \text{çap için}) \quad (9.34)$$

2 - Rustan (1992) bağıntısı:

$$B = 18.1d^{0.689} \quad (9.35)$$

3 - Kou ve Rustan (1992) laboratuvar test sonuçlarından 0.4-1.5 mm delik çap aralığı için aşağıdaki bağıntıyı geliştirmiştir:

$$B_k = 9.78d^{1.38} \quad (9.36)$$

Tüm bağıntılarda,

B = Dilim kalınlığı(m)

B_k = Kırılmanın olmadığı kritik dilim kalınlığı(m)

d = Delik çapı(m)

Deliklerarası mesafe ile ilgili bağıntılar da aşağıda verilmiştir:

1 - Langefors bağıntısı (Gustafsson, 1973):

$$S = 1.25B \quad (9.37)$$

2 - Anon (1987) bağıntısı:

$$S = 1.1 \dots 1.8B \quad (9.38)$$

3 - Naapuri (1990) bağıntısı:

$$S = 1.1 \dots 1.4B \quad (9.39)$$

4 - Kennedy (1990) bağıntısı:

$$S = 1 \dots 1.5B \quad (9.40)$$

5 - Arıoğlu (1990) bağıntısı:

$$S = 0.97B + 0.25 \quad (9.41)$$

6 - Vutukari-Bhandari bağıntısı (Arıoğlu, 1990):

$$S = 0.9B + 0.91 \quad (9.42)$$

7 - Konya ve Walter (1990) bağıntısı:

- Gecikmesiz atım için:

$K/B < 4$ ise,

$$S = \frac{K + 2B}{3} \quad (9.43)$$

$K/B \geq 4$ ise,

$$S = 2B \quad (9.44)$$

- Gecikmeli atım için,

$K/B < 4$ ise,

$$S = \frac{K + 7B}{8} \quad (9.45)$$

$K/B \geq 4$ ise,

$$S = 1.4B \quad (9.46)$$

Tüm bağıntılarda,

S = Deliklerarası mesafe(m)

B = Dilim kalınlığı(m)

K = Basamak yüksekliği(m)

9.2. Deliklerin Şarjı

Delikteki patlayıcı şarjının boyutunu belirlemek pratik kaya patlatmasının ana problemlerinden biridir. Birbirini takip eden atımlarda, bir önceki atıma göre şarj miktarı ayarlanabilir. Ancak optimum sonuç elde etmek için patlatılacak saha, patlatma metodu ve patlayıcılar hakkında yeterli bilgi sağlanarak hesaplamaların yapılması önemlidir (Naapuri, 1990).

9.2.1. Yemleme (Primer) ve Dip Şarj

Yemlemenin amacı, delikteki ana şarjı ateşlemektir. İyi şartlarda yemleme, kayacı istenilen derinlikte kesmek için yeterli olabilir. Ancak kayaç çok sert ve masif ise iyi bir kesme için dip şarj kullanılmalıdır. Yemlemenin cinsi ve miktarı kayaç şartlarına, mevcut patlayıcıya ve maliyete bağlıdır. Dinamit, jelatin dinamit ve slurry yemlemeler tipik örneklerdir (Naapuri, 1990).

9.2.2. Kolon Şarj

Kolon şarj yemleme boyu ya da dip şarjdan itibaren delik üstünden dilim kalınlığının 0.7-1 katı kadar mesafeye varır. Geri kalan kısmı ise sıkılama yapılıır. Kolon şarjın amacı tabanın üst kısmındaki kayacı parçalamaktadır. Buna göre kolon şarj boyu yemleme ya da dip şarj miktarı ile sıkılama boyuna bağlıdır. Kolon şarj ağırlığı ise,

kullanılan patlayıcının özgül ağırlığı ile şarj yoğunluğuna bağlıdır. Kuru delikler için anfo iyi bir kolon şarj patlayıcıdır. Sulu deliklerde ise emülsiyon ya da slurry patlayıcılar uygundur (Naapuri, 1990).

9.2.3. Sıkılama

Kolon şarjdan itibaren delik ağzına kadar olan kısımdır. Delikten çıkan kırıntılar ya da çakıl sıkılama maddesi olabilir. Sıkılama boyu, formasyon özelliğine, kullanılacak özgül şarja, taş fırlama vs. durumuna bağlıdır ve genellikle dilim kalınlığının 0.7-1 katı alınır (Naapuri, 1990). Sıkılamanın fazla olması durumunda patlatmadan etkilenmeyecek veya az etkilenecek kısım artar ki iri parçalar çıkar. Az olması durumunda ise hava şoku, taş fırlaması, gazların havaya çabuk çıkması olur (Tosun, 1992).

Ara Sıkılama

Patlayıcı kolonunu iki veya daha fazla şarja bölmek amacıyla yapılan ara sıkılamanın iki nedeni vardır: 1) Yumuşak ve boşluklu formasyonda gazların hemen kaçmasını önlemek ve daha iyi enerji dağılımı sağlamak. 2) Vibrasyonu azaltmak ve gecikme başına şarjı düşürmek (Anon, 1987).

9.2.4. Özgül Şarj

1 m³ kayacı patlatmak için gerekli patlayıcı miktarıdır. Tahmini blok boyutunu, taş fırlama mesafesini ve patlatma maliyetini belirlerken özgül şarjı bilmek çok önemlidir (Naapuri, 1990).

9.2.5. Şarj Hesabı

Çeşitli literatürde bulunan şarj hesap yöntemleri aşağıda verilmiştir.

1 - Langefors bağıntıları (Gustafsson, 1973):

Dip şarj:

$$l_d = \left(\frac{d^2}{1000} \right) \quad (9.47)$$

$$h_d = 1.3B_{\max} \quad (9.47)$$

$$Q_d = h_d l_d \quad (9.49)$$

Kolon şarj:

$$l_k = 0.4 \dots 0.5 l_d \quad (9.50)$$

$$h_k = H - (h_d + T_s) \quad (9.51)$$

$$T_s = B \quad (9.52)$$

$$Q_k = h_k l_k \quad (9.53)$$

Toplam şarj:

$$Q_t = Q_d + Q_k \quad (9.54)$$

Özgül şarj ve özgül delme:

$$q = \frac{Q_t}{BSK} \quad (9.55)$$

$$b_o = \frac{H}{BSK} \quad (9.56)$$

2 - Naapuri (1990) bağıntıları:

Dip şarj:

$$l_d = \frac{\rho_e d^2}{1275} \quad (9.57)$$

$$h_d = B + U \quad (9.58)$$

$$Q_d = h_d l_d \quad (9.59)$$

Kolon şarj:

$$l_k = \frac{\rho_e d^2}{1275} \quad (9.60)$$

$$h_k = H - h_d - B \quad (9.61)$$

$$Q_k = h_k l_k \quad (9.62)$$

$$Q_t = Q_d + Q_k \quad (9.63)$$

Özgül şarj:

$$q = \frac{Q_t}{BSK / \cos\beta} \quad (9.64)$$

Sıkılama boyu:

$$T = 0.7 \dots 1B \quad (9.65)$$

3 - Anon (1987) bağıntıları:

Dip şarj boyu:

$$h_d = 0.3 \dots 0.5 (B_t + U) \quad (9.66)$$

Kolon şarj miktarı:

$$Q_k = 7.85 \times 10^{-4} d^2 \rho_e h_k \quad (9.67)$$

Sıkılama boyu:

$$T_s = 0.7 \dots 1.3B \quad (9.68)$$

Ara sıkılama boyu:

$$T_d = 6 \left(\frac{d}{1000} \right) \quad (9.69)$$

4 - Belidor bağıntısı (Rustan, 1992):

Toplam şarj:

$$Q_t = \Pi \left(\frac{d}{2} \right)^2 (h_d \rho_{ed} + h_k \rho_{ek}) \quad (9.70)$$

5 - Kou ve Rustan (1992) bağıntısı:

Özgül şarj:

$$q = \frac{2G_{IC}}{\eta Q_e \sin(\varphi / 2)} B^{-1} + \frac{\zeta \sigma_c^2}{2Q_e E} + \frac{kgp_r}{1000\eta Q_e} B \quad (9.71)$$

6 - Konya ve Walter(1990) bağıntısı:

Kolon şarj konsantrasyonu:

$$l_k = 7.85 \times 10^{-4} \rho_e d^2 \quad (9.72)$$

7 - Arıoğlu (1990) bağıntısı:

Toplam şarj:

$$Q_t = 7.85 \times 10^{-8} d^2 h_k f_d \rho_e \quad (9.73)$$

8-Bilgin ve Paşamehmetoğlu (1986) bağıntısı:

Özgül şarj:

$$q = 0.369 + 0.0224 \sigma_t \quad (9.74)$$

Tüm bağıntılarda,

l_d = Dip şarj konsantrasyonu(kg/m)

d = Delik çapı(mm)

B = Dilim kalınlığı(m)

B_{max} = Maksimum dilim kalınlığı(m)

B_d = Dip dilim kalınlığı(m)

h_d = Dip şarj boyu(m)

l_k = Kolon şarj konsantrasyonu(kg/m)

h_k = Kolon şarj boyu(m)

H = Delik boyu(m)

T_s = Sıkılama boyu(m)

T_d = Ara sıkılama boyu(m)

Q_d = Dip şarj miktarı(kg)

Q_k = Kolon şarj miktarı(kg)

Q_t = Toplam şarj miktarı(kg)

S = Deliklerarası mesafe(m)

K = Basamak yüksekliği(m)

q = Özgül şarj(kg/m³)

b_o = Özgül delme(m/m³)

ρ_c = Patlayıcı yoğunluğu(gr/cm³)

ρ_{ed} = Dip şarj yoğunluğu(gr/cm³)

ρ_{ek} = Kolon şarj yoğunluğu(gr/cm³)

U = Alt delme(m)

β = Delik eğimi(°)

G_{ic} = Kritik enerji çıkış hızı(J/m²)

η = Enerji transfer verimi

Q_e = Patlama ısı(kJ/kg)

ϕ = Kırılma açısı(°)

ζ = İstenilen parça boyutuna bağlı bir katsayı

σ_c = Tek eksenli basınç dayanımı(MPa)

E = Young Modülü(MPa)

f_d = Delik çapı ile patlayıcı çapı arasındaki fark

k = Katsayı

g = Yerçekimi ivmesi(m/s²)

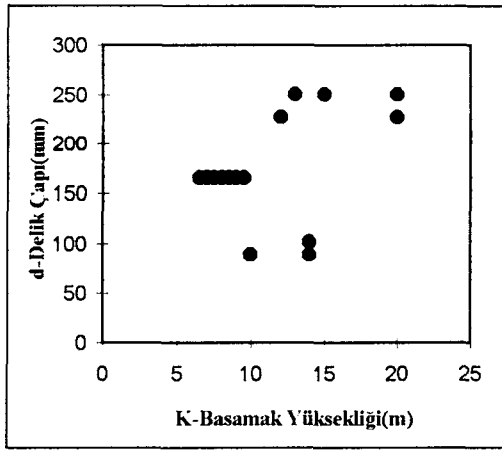
ρ_r = Kayaç yoğunluğu(gr/cm³)

9.3. Ülkemizdeki Uygulamalar İçin Durum Değerlendirmesi

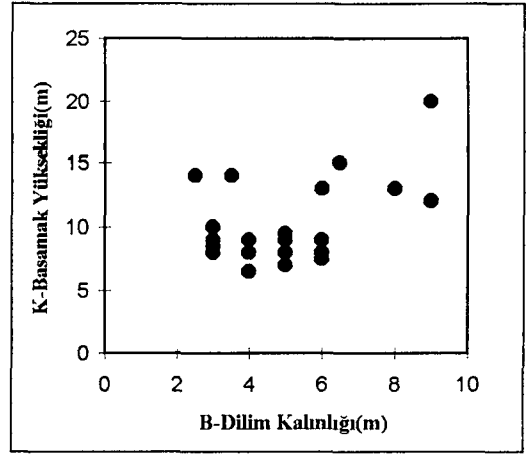
Ülkemizde çeşitli açık maden ocağı, taş ocağı ve otoyol şantiyelerinde uygulanan delik düzeni parametreleri ve özgül şarj miktarları Tablo 9.1' de verilmiştir. Aşağıda bu değerlerin birbirleri ile olan ilişkileri incelenmiş ve literatürdeki bağıntılarla karşılaştırma yapılmıştır. İnceleme yapılırken maden ocağı verileri ile otoyol şantiyesi ve taş ocağı verileri ayrı ayrı değerlendirilmiştir (Şekil 9.2 ve 9.3). Çünkü, özellikle otoyol şantiyelerinde çalışma şartları maden ocağına göre farklı olabilmektedir. Ayrıca, maden ocaklarında dekapajı yapılan örtü tabakası çoğunlukla atıldığı için patlatma sonrası parça boyutu önemli olmamaktadır. Yükleyicinin zorlanmayacağı

Tablo 9.1. Ülkemizde Çeşitli Maden, Taş Ocağı ve Otoyol Şantiyelerinde Uygulanan Delik Düzeni Parametreleri.

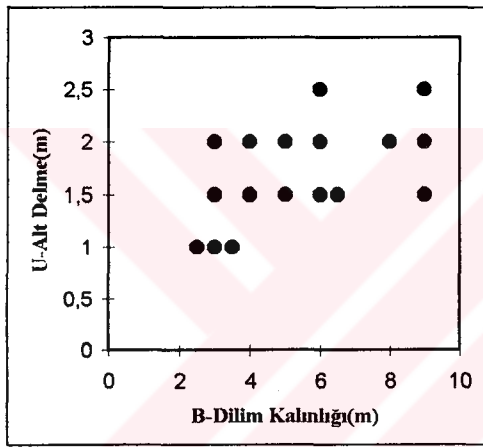
Yer	Formasyon	K-Basamak Yüksekliği (m)	H-Delik Boyu (m)	U-Alt Delme (m)	d-Delik Çapı (mm)	B-Dilim Kalınlığı (m)	S-Deliklerarası Mesafe(m)
Soma	Marn	15	16.5	1.5	251	6.5	8
Tunçbilek	Marn	13	15	2	251	8	9
Orhaneli	Tüf	12	13.5	1.5	228	9	10
Orhaneli	Tüf	20	22	2	228	9	10
Seyitömer	Marn	13	15	2	251	6	8
Tunçbilek	Marn	20	22.5	2.5	251	9	10
Pozantı	Kireçtaşı	9	10	1.5	102	3	4
Pozantı	Kireçtaşı	11.5	13	2	89	2.75	3.5
Pozantı	Killi Kireçtaşı	10.5	12	1.5	165	4	4
Pozantı	Kireçtaşı	10.5	12	1.5	102	2	3
Pozantı	Kireçtaşı	10	11	2	89	2	2.5
Bahçe	Kumtaşı-1	9	10	1.5	76	2.2	2.5
Bahçe	Altire Kumtaşı	7	7.7	0.7	76	2	2
Bahçe	Kumtaşı-2	7	8	1	76	2	2
Erikli	-----	6	6.7	0.7	51	2	2
Erikli	Kireçtaşı	6	6.7	0.7	76	2	2.5
Erikli	Kireçtaşı	10	11	1	76	2.5	3
Erikli	-----	8	9.5	1.5	102	3	3
Erikli	-----	10	11.5	1.5	102	3.2	3
Erikli	Serpantin	5	5.7	0.7	76	2	2
Erikli	Marn	7	7.7	0.7	76	2	2.4
Erikli	Kireçtaşı	9	9.7	0.7	76	2	2.5
Erikli	Kireçtaşı	10	10.7	0.7	76	2	2.6
Erikli	Diyabaz	5	6	1	89	2.3	2.5
Erikli	Diyabaz	10	11	1	89	2.5	2.9
Emet	Kumtaşı	6.5	8	1.5	165	4	4
Emet	Kireçtaşı	7	9	2	165	5	5
Emet	Kumtaşı	7.5	10	2.5	165	6	6
Emet	Kumtaşı	8	9.5	1.5	165	3	3
Emet	Kumtaşı	8	9.5	1.5	165	4	4
Emet	Kumtaşı	8	9.5	1.5	165	5	5
Emet	Kireçtaşı	8	9.5	1.5	165	6	6
Emet	Kireçtaşı	9	11	2	165	3	3
Emet	Kumtaşı	9	11	2	165	4	4
Emet	Kireçtaşı	9	11	2	165	5	5
Emet	Kireçtaşı	9	11	2	165	6	6
Emet	Kireçtaşı	8.5	9.5	1	165	3	3
Emet	Kireçtaşı	9	10.5	1.5	165	4	4
Emet	Kireçtaşı	9.5	11.5	2	165	5	5
Yahyalı	Hematit	14	15	1	89	2.5	3.5
Yahyalı	Metakumtaşı	14	15	1	102	3.5	4.5
Adana	Kireçtaşı	9	10	1	89	1.5	2.8
Misis	Kireçtaşı	9	10	1	89	2	3
Konya	Serpantin	10	11.5	1.5	89	3	3.5
Tarsus	Dolomit	12	13	1	90	2.5	2.5
Mersin	Kireçtaşı	9	10	1	90	2.5	2.5
Ceyhan	Kireçtaşı	9	10	1	100	3	3
Yumurtaalık	Kireçtaşı	9	10	1	90	3	3.5



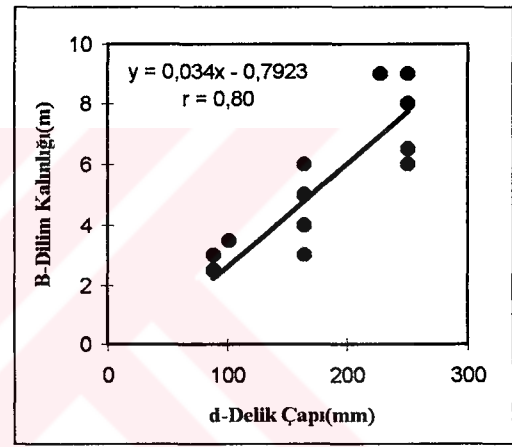
a



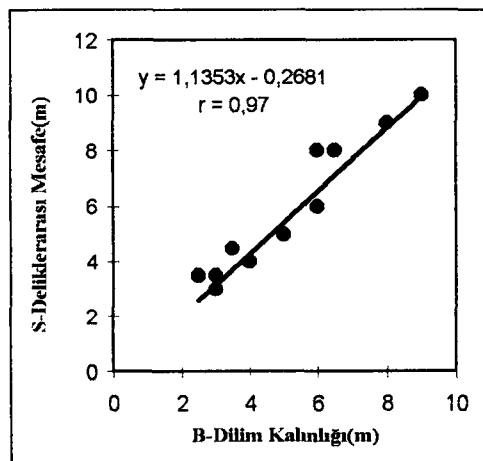
b



c

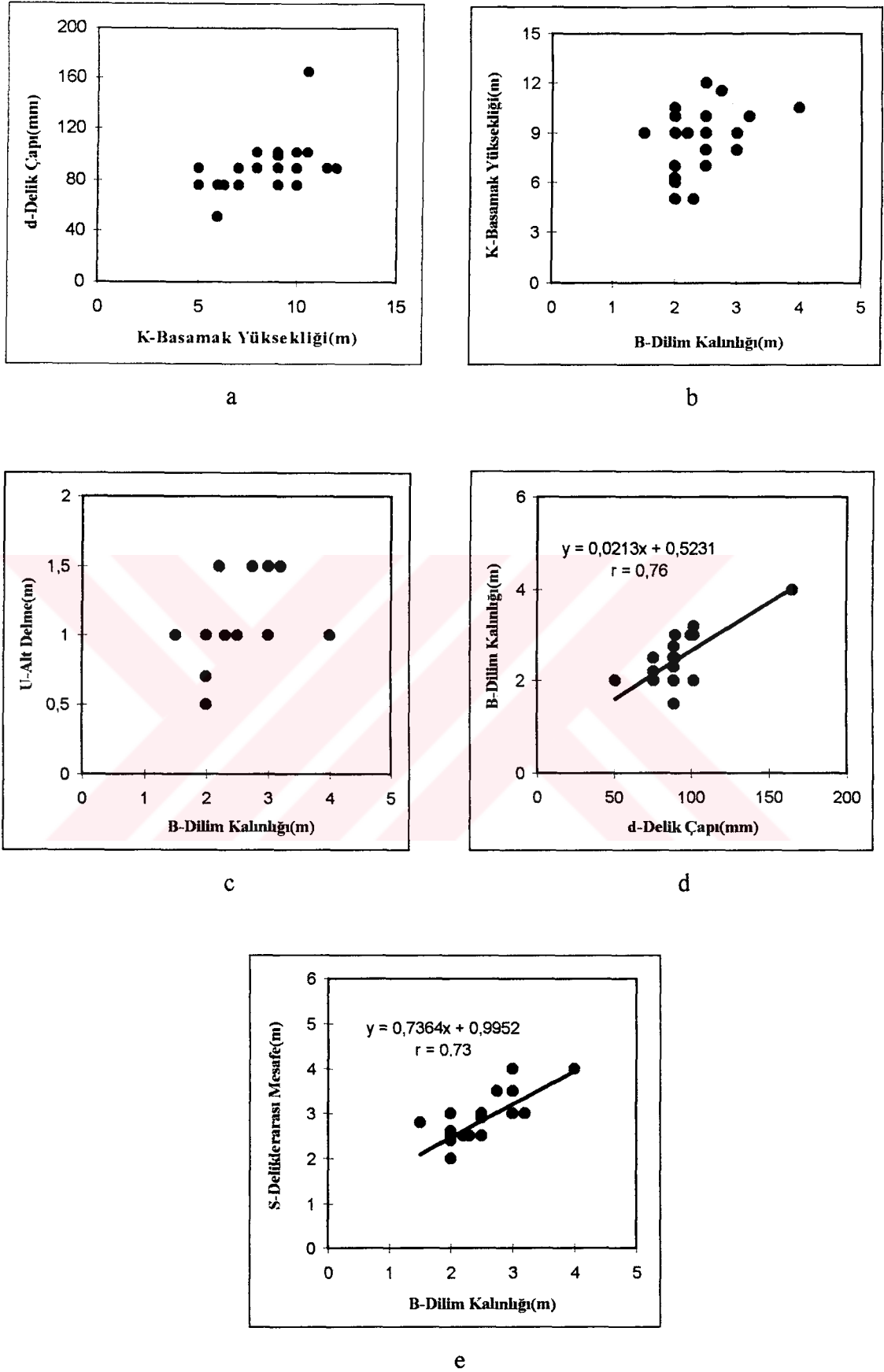


d



e

Şekil 9. 2. Maden Ocakları İçin Delik Düzeni Parametrelerinin Birbirleri ile Olan İlişkileri.



Şekil 9. 3. Otoyol Şantiyeleri ve Taş Ocakları İçin Delik Düzeni Parametrelerinin Birbirleri ile Olan İlişkileri.

derecede bir boyut yeterli olmaktadır. Otoyol şantiyeleri ve taş ocaklarında ise kazılan malzeme çeşitli şekillerde (mıcır, dolgu malzemesi vs.) kullanılacağı için parça boyutu önem kazanmaktadır. Dolayısıyla maden ocaklarına göre otoyol şantiyeleri ve taş ocaklarında delik düzeni ve şarj miktarı farklı olabilmektedir.

9.3.1. Delik Çapı - Basamak Yüksekliği İlişkisi

Literatürde delik çapının (mm) basamak yüksekliğinin (m) 5-10 katı, ya da maksimum 16.6 katı kadar olması gerektiğinden bahsedilmektedir. Şekil 9.2a ve 9.3a' da görüldüğü gibi uygulamalarda delik çapı ile basamak yüksekliği arasında bir ilişki bulunamamıştır. Maden işletmeleri için bu uyumsuzluk, çoğu işletmelerde yanlışlıkla delik çaplarının basamak yüksekliklerine göre daha büyük seçilmesinden kaynaklanmaktadır. Otoyol şantiyeleri ve taş ocakları için ise durum biraz farklıdır. Bu tür işletmelerde (özellikle otoyol şantiyelerinde) basamak yükseklikleri sık sık değiştiği için farklı basamak yüksekliklerinde mecburen aynı çaplı delici makina kullanılmaktadır. Buna bağlı olarak da delik çapı ile basamak yükseklikleri arasında uyumsuzluk ortaya çıkmaktadır.

9.3.2. Basamak Yüksekliği - Dilim Kalınlığı İlişkisi

Daha önce bahsedildiği gibi literatürde, basamak yüksekliğinin dilim kalınlığının 2 katına eşit ya da daha büyük olması gerektiği açıklanmaktadır. Uygulamalara (Şekil 9.2b ve 9.3b) bakıldığında basamak yüksekliği ile dilim kalınlığı arasında bir ilişki olmadığı görülmektedir. Bu uyumsuzluk, dilim kalınlığının delik çapına göre seçilmesi ve delik çapının da yukarıda bahsedildiği gibi basamak yüksekliği ile uyumlu olmamasından kaynaklanmaktadır.

9.3.3. Alt Delme - Dilim Kalınlığı İlişkisi

Literatürdeki bilgilere göre alt delme dilim kalınlığının 0.2 - 0.5 katı kadar olmalıdır. Uygulamalarda (Şekil 9.2c ve 9.3c) alt delme ile dilim kalınlığı arasında anlamlı bir ilişki bulunamamıştır. Zaten Tablo 9.1' e bakıldığında bazı işletmelerde alt delme uzunluklarının uygun seçilmediği açıkça görülmektedir.

9.3.4. Dilim Kalınlığı - Delik Çapı İlişkisi

Daha önce bahsedildiği gibi dilim kalınlığı patlatma tasarımının en önemli parametresidir. Bu nedenle patlatma tasarımı konusundaki araştırmalar dilim kalınlığı üzerinde yoğunlaşmaktadır.

Uygulamalarda dilim kalınlığı ile delik çapı arasında lineer ilişkiler bulunmuştur (Şekil 9.2d ve 9.3d). Maden işletmeleri için

$$B = 34d - 0.79 \quad r = 0.80 \quad (9.75)$$

otoyol şantiyeleri ve taş ocakları için

$$B = 21d + 0.52 \quad r = 0.76 \quad (9.76)$$

eşitliği elde edilmiştir.

Bu eşitliklerde,

B = Dilim kalınlığı (m)

d = Delik çapı (m)

Daha önce verilen literatürdeki pratik bağıntılara bakıldığında dilim kalınlığının delik çapının 14-76 katı arasında değiştiği görülmektedir. Dolayısıyla (9.75) ve (9.76) eşitliğinin literatürdeki bağıntılarla uyum halinde olduğu söylenebilir.

9.3.5. Deliklerarası Mesafe - Dilim Kalınlığı İlişkisi

Literatürde bahsedildiği gibi deliklerarası mesafe / dilim kalınlığı (S/B) oranı 1-1.5 (ortalama 1.25)' dir. Maden işletmelerindeki uygulamalardan deliklerarası mesafe ile dilim kalınlığı arasında Şekil 9.2e grafiği çizilmiş ve aşağıdaki eşitlik bulunmuştur.

$$S = 1.13B - 0.27 \quad r = 0.97 \quad (9.77)$$

Burada,

S = Deliklerarası mesafe (m)

B = Dilim kalınlığı (m)

Görüldüğü gibi maden işletmelerinde S/B oranı literatürdeki ortalama değerden düşüktür. Bu işletmelerde kazılan malzemenin atılacağı düşünüldüğünde yükleyiciyi zorlamamak kaydıyla belki de S/B oranı arttırılabilecektir.

Otoyol şantiyeleri ve taş ocakları uygulamalarından ise Şekil 9.3e grafiği çizilmiş ve aşağıdaki eşitlik bulunmuştur.

$$S = 0.74B + 0.99 \quad r = 0.73 \quad (9.78)$$

Burada,

S = Deliklerarası mesafe (m)

B = Dilim kalınlığı (m)

(9.78) eşitliğindeki S/B oranı literatürdeki oranın yaklaşık alt sınırına karşılık gelmektedir. Daha önce bahsedildiği gibi otoyol şantiyeleri ve taş ocaklarında kazılan malzeme çeşitli alanlarda kullanılmaktadır. Otoyol şantiyelerinde kazılan malzeme çoğunlukla dolgu malzemesi olarak kullanıldığı için bazen iri malzeme istenirken bazen de ince malzeme istenmektedir. Taş ocaklarında ise üretilen malzeme genellikle daha sonra boyut küçültmeye tabi tutulduğu için çoğunlukla ince malzeme istenir. Bu durumda uygulamalardan elde edilen S/B oranının literatürdeki ortama değerden düşük olması normal bir durum arz etmektedir.

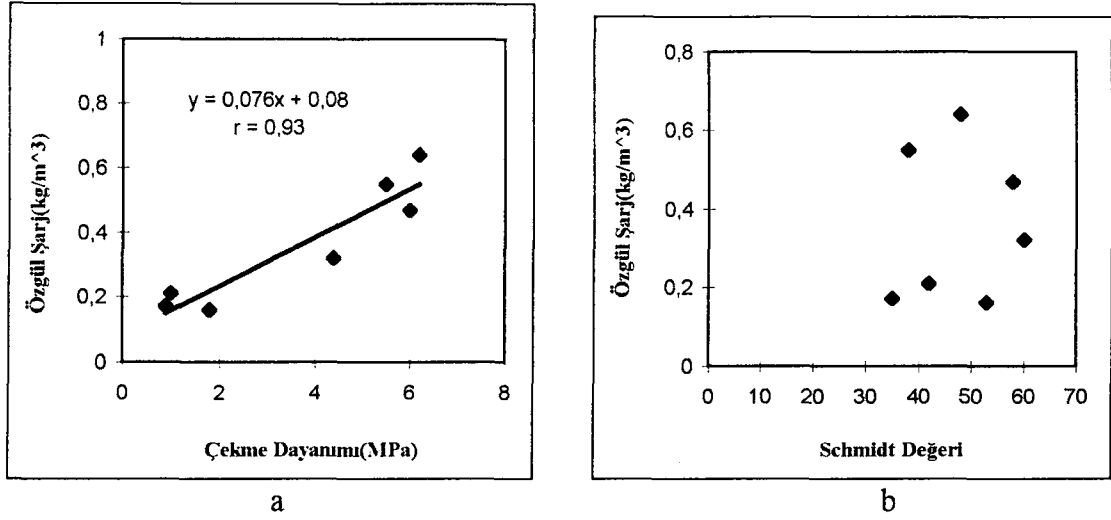
9.3.6. Özgül Şarj - Kayacın Dayanım Özellikleri İlişkisi

Tablo 9.2' de ülkemizde çeşitli maden ocağı, taş ocağı ve otoyol şantiyelerinde uygulanan özgül şarj miktarları ile teorik özgül şarj miktarları verilmiştir. Şarj hesaplama yöntemleri birbirine çok benzediği için teorik özgül şarj sadece Naapuri (1990)' ye göre hesaplanmıştır. Değerlendirme yapılırken daha önce olduğu gibi maden ocağı ile otoyol şantiyesi ve taş ocakları ayrı ayrı incelenmiştir.

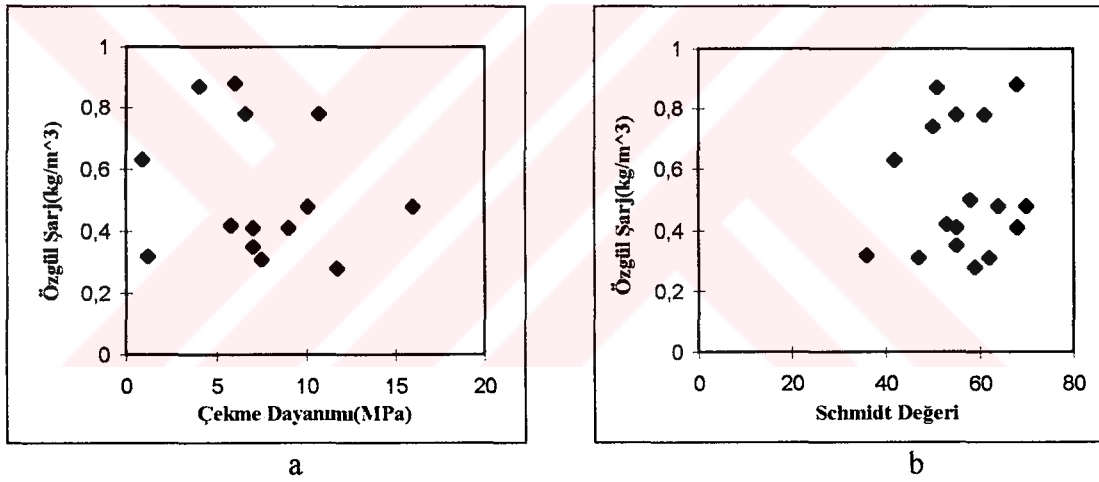
Tablo 9.2. Ülkemizde Çeşitli Maden, Taş Ocağı ve Otoyol Şantiyelerinde Uygulanan Özgül Şarj Miktarları ve Teorik Özgül Şarj Miktarları.

Yer	Formasyon	Delik Çapı (mm)	Basamak Yüksekliği (m)	Delik Boyu (m)	Dilim Kalınlığı (m)	Deliklerarası Mesafe (m)	Patlayıcı Miktarı (Anfo-kg)	Gerçek Özgül Şarj (kg/m ³)	Teorik Özgül Şarj (kg/m ³)
Soma	Marn	251	15	16.5	6.5	8	252.0	0.32	0.36
Tunçbilek	Marn	251	13	15	8	9	155.0	0.16	0.21
Orhaneli	Tüf	228	12	13.5	9	10	201.0	0.17	0.14
Seyitömer	Marn	251	13	15	6	8	152.0	0.24	0.28
Pozantı	Kireçtaşı	89	10	11	2	3	62.3	0.78	0.84
Pozantı	Killi kireçtaşı	165	10.5	12	4	4	155.0	0.92	0.79
Bahçe	Kumtaşı-2	76	7	8	2	2	11.8	0.42	0.86
Bahçe	Altere Kumtaşı	76	7	7.7	2	2	10.9	0.39	0.81
Bahçe	Kumtaşı-1	76	9	10	2.5	2.5	26.4	0.53	0.53
Erikli	Kireçtaşı	76	10	11	2.5	3	30.9	0.41	0.45
Erikli	Kireçtaşı	76	6	6.7	2	2	8.45	0.35	0.78
Erikli	Diyabaz	89	8	9	4.5	5.5	60.9	0.48	0.13
Erikli	Serpantin	89	8	9	3	4	46.3	0.31	0.29
Emet	Kumtaşı	165	9	11	4.5	4.5	100.0	0.55	0.68
Emet	Kireçtaşı	165	9	11	4.5	4.5	87.0	0.47	0.68
Yahyalı	Hematit	89	14	15	2.5	3.5	79.0	0.64	0.57
Adana	Kireçtaşı	89	9	10	1.5	2.8	24.7	0.65	0.79
Misis	Kireçtaşı	89	9	10	2	3	16.0	0.42	0.83
Konya	Serpantin	89	9	10.5	3	3.5	27.5	0.28	0.44
Tarsus	Dolomit	90	12	13	2.5	2.5	58.5	0.78	0.80
Mersin	Kireçtaşı	90	9	10	2.5	2.5	49.0	0.87	0.76
Ceyhan	Kireçtaşı	100	9	10	3	3	40.4	0.50	0.60
Ceyhan	Çakıllı Kçt.	100	9	10	3	3	25.45	0.31	0.60
Yumurtalık	Kireçtaşı	90	9	10	3	3	60.0	0.74	0.49

Bilgin ve Paşamehmetoğlu (1986) özgül şarj ile çekme dayanımı arasında lineer bir ilişki bulmuşlardır. Bilgin ve diğ. (1993) ise Schmidt değeri ile özgül şarj arasında üssel bir ilişki bulmuşlardır. Burada maden ocakları için çizilen grafiklere (Şekil 9.4a ve 9.4b) bakıldığında özgül şarj ile çekme dayanımı arasında lineer bir ilişki bulunduğu, fakat özgül şarj ile Schmidt değeri arasında bir ilişki bulunmadığı görülmektedir. Otoyol şantiyeleri ve taş ocakları için çizilen grafiklere (Şekil 9.5a ve 9.5b) bakıldığında ise özgül şarj ile çekme dayanımı ve Schmidt değeri arasında bir ilişki bulunmadığı görülmektedir.



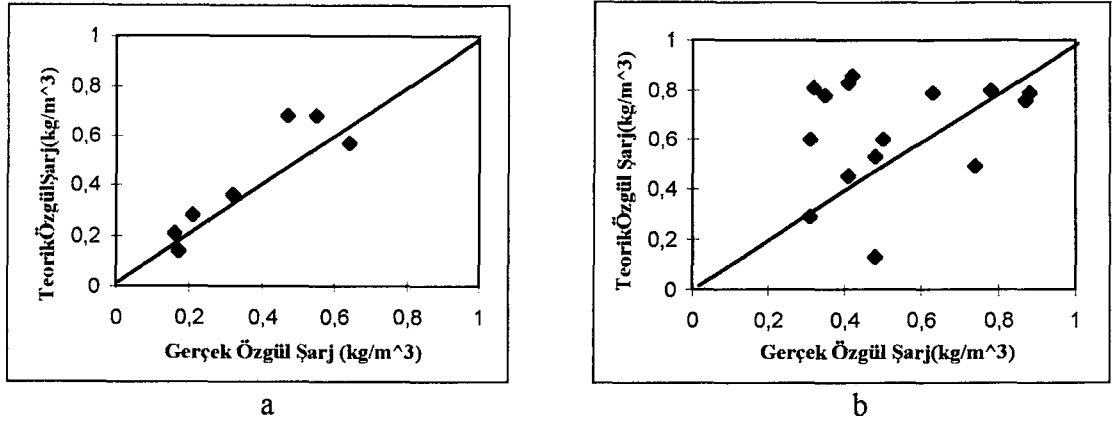
Şekil 9.4. Maden Ocakları İçin Özgül Şarjın Çekme Dayanımı (a) ve Schmidt Değeri (b) ile İlişkisi.



Şekil 9.5. Otoyol Şantiyeleri ve Taş Ocakları İçin Özgül Şarjın Çekme Dayanımı (a) ve Schmidt Değeri (b) ile İlişkisi.

9.3.7. Uygulanan Özgül Şarj-Teorik Özgül Şarj İlişkisi

Burada da maden ocağı ile otoyol şantiyeleri ve taş ocakları ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Tablo 9.2' deki değerler yardımıyla gerçek özgül şarj ile teorik özgül şarj arasında Şekil 9.6' da görülen grafikler çizilmiştir. Şekil 9.6a' da görüldüğü gibi maden ocakları için gerçek özgül şarj ile teorik özgül şarj arasında oldukça iyi bir uyum vardır. Şekil 9.6b' ye bakıldığında ise otoyol şantiyeleri ve taş ocakları için gerçek özgül şarj ile teorik özgül şarj arasında iyi bir uyum yoktur.



Şekil 9.6. Maden Ocakları (a) ile Otoyol Şantiyeleri ve Taş Ocakları (b) İçin Gerçek ve Teorik Özgül Şarj İlişkisi.

9.4. Sonuç

Delik düzeni parametreleri ve deliklerin şarjı detaylı olarak incelenmiş ve bu konuda literatürde bulunan mevcut bağıntılar verilmiştir. Bu bağıntıların ülkemizdeki uygulamalardan elde edilen bağıntılarla karşılaştırması yapılmış ve aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

- Ülkemizde uygulanan delik düzeni parametrelerinin birbirleri ile olan ilişkilerinin incelenmesi sonucu sadece dilim kalınlığı - delik çapı ilişkisinin literatürdeki bağıntılarla iyi uyumlu olduğu görülmüştür. Diğer ilişkiler ya uyumsuz ya da az uyumludur. Uyumsuzluk bazı durumlarda delik düzeni parametrelerinin yanlış seçiminden kaynaklanırken, bazı durumlarda çalışma şartlarının özelliğinden ya da kullanım amacına göre kazılacak malzemenin farklı boyutlar istenmesinden kaynaklanmaktadır.
- Literatürde kayacın dayanım özellikleri ile özgül şarj arasında anlamlı ilişkiler olduğu ifade edilmektedir. Burada, maden ocakları için çekme dayanımı ile özgül şarj arasında lineer bir ilişki bulunmuş ve gerçek özgül şarjın teorik özgül şarj ile iyi uyumlu olduğu görülmüştür. Otoyol şantiyeleri ve taş ocakları için kayacın dayanım özellikleri ile özgül şarj arasında anlamlı bir ilişki bulunamamıştır. Bunun nedeni büyük ihtimalle özellikle otoyol şantiyelerinde kazılacak malzemenin istenilen parça boyutunun sık sık değişmesi ve dolayısıyla özgül şarjın da değişmesidir. Zaten gerçek ve teorik özgül şarj arasında da iyi bir uyum bulunamamıştır. Diğer bir neden bazı şantiyelerde özgül şarjın yanlış uygulanması olabilir.

BÖLÜM 10

DELME PATLATMA İÇİN GELİŞTİRİLEN BİLGİSAYAR MODELİ

10.1. Giriş

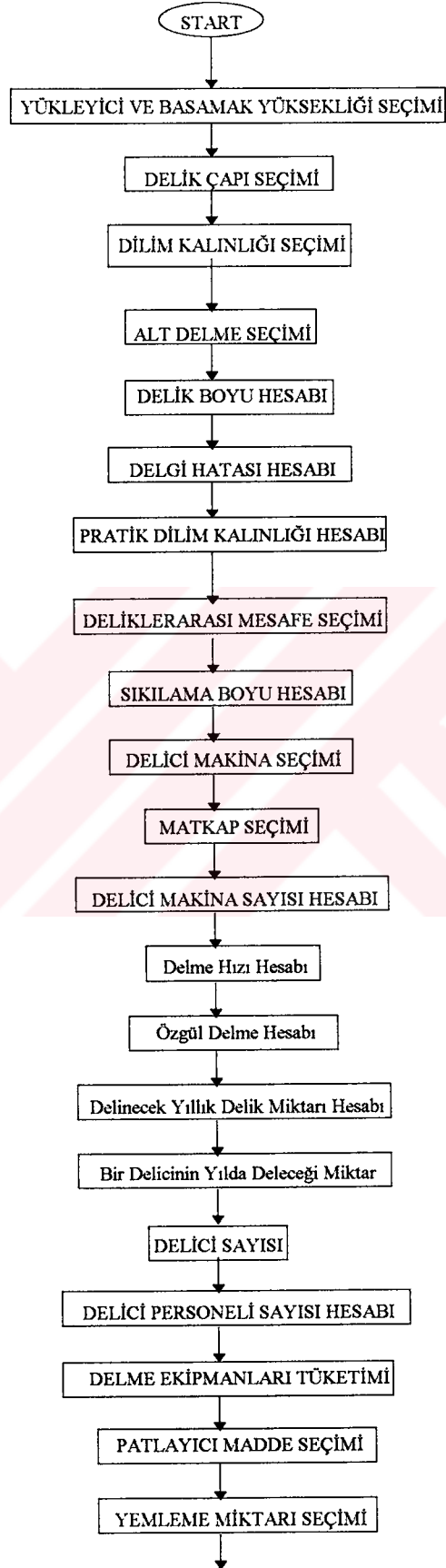
Excel ortamında Visual Basic dilinde geliştirilen bilgisayar programı başlıca üç ana bölümden oluşmaktadır. Birinci bölüm delme olup burada sırayla yükleyici seçimi, basamak yüksekliği seçimi, delik çapı seçimi, delik düzeni seçimi, delici makina ve matkap seçimi ve delici sayısı hesabı yapılır. Patlatmadan oluşan ikinci bölümde patlayıcı seçimi yapılır, yıllık patlayıcı madde miktarı hesaplanır ve ateşleme sistemi seçilir. Üçüncü bölümde ise delme ve patlatma maliyetleri hesaplanır. Geliştirilen modelin akım şeması Şekil 10.1' de görülmektedir. Programın disketi ise arkada sunulmuştur.

10.2. Delme

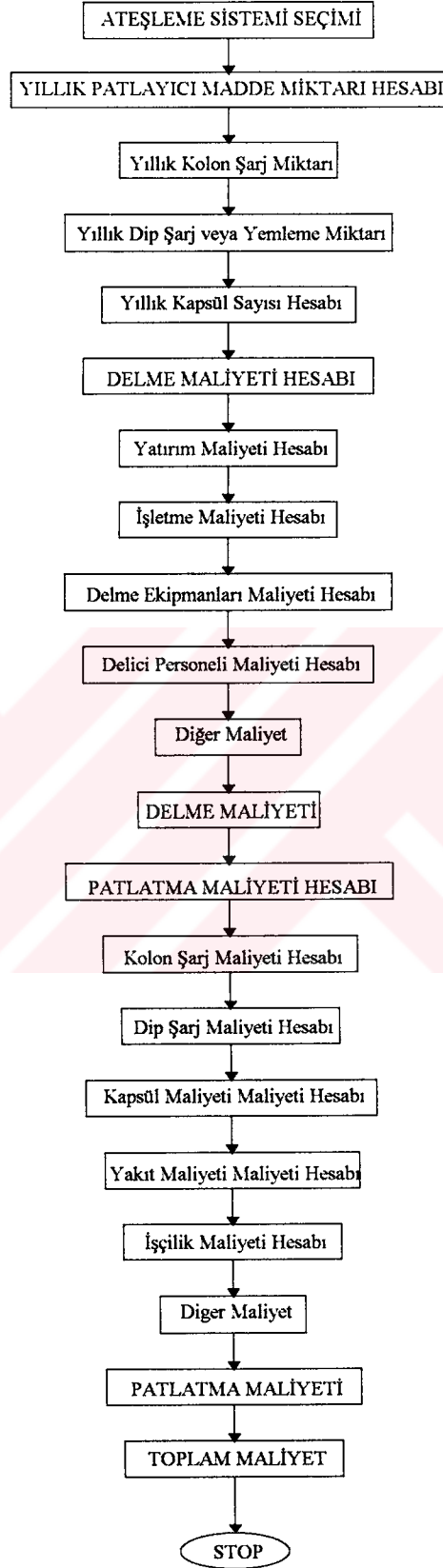
Delme bölümünde yapılan işlemler aşağıda sıralanmıştır:

1. Yükleyici ve Basamak Yüksekliği Seçimi

Yükleyici ve basamak yüksekliği birbiriyle sıkı ilişkilidir. Basamak yüksekliği yükleyicinin kepçe erişebilme yüksekliğini geçmemelidir. Ayrıca, kepçe boyutu ile basamak yüksekliği arasında Tablo 10.1' de verilen ilişki mevcuttur (Bilgin ve diğ., 1988). Eğer basamak yüksekliği veya kepçe boyutundan biri belli ise diğeri bu ilişki yardımıyla kolayca bulunabilir. Her iki parametre de belli değilse basamak yüksekliği belirlenmeli ve girilmelidir.



Şekil 10.1. Delme-Patlatma Modelinin Akım Şeması.



Şekil 10.1' den devam

Tablo 10.1. Kepçe Boyutu ile Basamak Yüksekliği İlişkisi (Bilgin ve diğ., 1988).

Kepçe Boyutu (m ³)	Basamak Yüksekliği (m)
≤5.0	9
5.1-8.0	12
8.1-20.0	14
20.1-30.0	16
>30.0	18

2. Delik Çapı Seçimi

Delik çapı seçimini formasyonun mekanik ve yapısal özellikleri, istenilen parça boyutu, çevre emniyeti ve basamak yüksekliği etkiler. Kayaç sert ve homojense, iri parça isteniyorsa ve yerleşim yerlerinden uzakta çalışılıyorsa büyük çaplı delik seçilir. Delik çapı ile basamak yüksekliği arasındaki matematiksel ifadeler Bölüm 9' da verilmiştir. Program bu ifadelerin her biri için delik çapı veya delik çapı aralığını hesaplar ve kullanıcıya yardımcı bilgiler vererek delik çapı seçmesini ister.

3. Dilim Kalınlığı Seçimi

Dilim kalınlığı formasyonun mekanik ve yapısal özellikleri, istenilen parça boyutu, delik çapı ve basamak yüksekliğine bağlı olarak değişmektedir. Formasyon sert ve homojen ise ve iri parça isteniliyor ise dilim kalınlığı büyük seçilir. Literatürde delik çapına bağlı olarak dilim kalınlığını veren basit bağıntılar mevcuttur (Bkz. Bölüm 9). Program bu basit bağıntılara göre ortalama dilim kalınlığı veya dilim kalınlığı aralığını hesaplar ve kullanıcıya yardımcı bilgiler vererek dilim kalınlığını seçmesini ister.

4. Alt Delme Seçimi

Alt delme boyu literatürde dilim kalınlığına bağlı olarak verilmiştir (Bkz. Bölüm 9). Program bu alt delme ve alt delme aralıklarını hesaplayarak kullanıcıdan alt delme boyu seçmesini ister.

5. Delik Boyu Hesabı

Delğin eğim faktörü de gözönünde bulundurularak basamak yüksekliği ve alt delmenin toplanmasıyla delik boyu bulunur.

6. Delgi Hatası Hesabı

Literatürdeki çeşitli bağıntılara (Bkz. Bölüm 9) göre delgi hataları hesaplanır ve kullanıcı seçim yapar.

7. Pratik Dilim Kalınlığı Hesabı

Daha önce seçilen dilim kalınlığından delgi hatasının çıkarılmasıyla pratik dilim kalınlığı hesaplanır.

8. Deliklerarası Mesafe Seçimi

Deliklerarası mesafe dilim kalınlığının 1-2 katı arasında değişmektedir (Bkz. Bölüm 9). Program çeşitli bağıntılara göre delikler arası mesafeyi hesaplar ve kullanıcıdan seçim yapmasını ister.

9. Sıkılama Boyu Hesabı

Sıkılama boyu dilim kalınlığının 0.7-1.3 katı arasında değişmektedir (Bkz. Bölüm 9). Program çeşitli bağıntılara göre sıkılama boyunu hesaplar.

10. Delici Seçimi

Önce paletli ve lastik tekerlekli delici arasında seçim yapılır. Zemin düzgün ve delici uzak mesafelere gitmek zorunda ise lastik tekerlekli, aksi durumda paletli delici seçilir.

Döner delicilerin çapları 76-559 mm arasında değişmesine karşılık, çoğunlukla 250-340 mm çap aralığı kullanılmaktadır. Geniş çaplı deliklerin kullanılma nedeni delme-

patlatma maliyetinin düşmesidir (Martin ve diğ., 1982). Delik çapı 251 mm' nin üstüne çıktığında kayaç sertliğine bakılmaksızın konili matkaplı döner delici kullanılır. Yerüstünden darbeli delicilerde delik çapı 22-254 mm arasında değişmektedir. Delik dibinden darbeli delicilerle ise 65-200 mm (en yaygın 89-165 mm) çaplı delikler delinebilmektedir. Bu tür delmede basamak yüksekliği genellikle 15-30 m olup, 50 m' ye kadar çıkabilmektedir (Naapuri, 1990; Anon, 1986).

Delik çapının 251 mm' nin altında olduğu durumda kayacın basınç dayanımına (σ_c) bakılır. $\sigma_c \geq 100$ MPa ise darbeli delme seçilir. $\sigma_c < 100$ MPa olması durumunda delik çapı 127 mm' den büyük ise konili matkaplı döner delici, delik çapı 127 mm' den küçük ise darbeli delici seçilir (Praillet, 1990; Naapuri, 1990; Baker Hughes Tool Company).

Yerüstünden darbeli delicilerle 30 m' ye kadar delik delinebilir, fakat deliğin 12. metresinde ilk metrelere nazaran % 50 bir delme hızı düşüşü gözlenir. Buna karşılık, delik dibinden darbeli delicilerde tijlerde enerji kaybı olmadığı için delik uzunluğunun artması ile hızda düşme görülmez (Bilgin, 1991). Bu nedenle basamak yüksekliğinin 15 m' den fazla olduğu durumlarda eğer delik çapı 89-165 mm ise delik dibinden darbeli delici seçilir.

Yerüstünden darbeli deliciler için hidrolik ve pnömatik olmak üzere iki seçenek vardır. Fakat, pnömatik deliciler bu çalışma kapsamı dışında kalmaktadır. Bu nedenle hidrolik ve pnömatik delici seçeneği programa eklenmemiştir.

11. Matkap Seçimi

Konili matkaplı döner delici seçildiğinde matkap türü seçimi basınç dayanımına göre yapılır (Baker Hughes Tool Company);

- $\sigma_c < 40$ MPa ise çelik dişli matkap
- $40 \text{ MPa} < \sigma_c < 80$ MPa ise keski şekilli TC dişli matkap
- $80 < \sigma_c < 170$ MPa ise uzun konik TC dişli matkap

- $170 < \sigma_c < 320$ MPa ise yuvarlak TC dişli matkap
- $\sigma_c > 320$ MPa ise küresel TC dişli matkap

Darbeli delicilerde ise basınç dayanımı 80 MPa' nin altında ise veya aşındırıcı mineral oranı % 50' nin üzerinde ise kabarıklı matkap, aksi durumda çapraz uçlu matkap seçilir.

12. Delici Makina Sayısı Hesabı

Program kullanıcıya çeşitli delici makinalar ve bunlarla ilgili bazı bilgiler veren bir tablo (Tablo 10.2) sunar ve bu tablodan daha önce belirlenen delik çapı ve delici türüne uygun bir delici seçmesini ister. Eğer daha önce belirlenen delici türü delik dibinden darbeli delici ise program sunduğu ikinci bir tablodan (Tablo 10.3) bir delik dibi tabancası seçilmesini ister ve işletme basıncını sorar.

Delici makina sayısı hesabındaki adımlar şunlardır:

I- Delme hızı hesabı:

Bölüm 7' de regresyon analizi yardımıyla geliştirilen delme hızı bağıntılarından seçilen delici türü için delme hızı hesaplanır. Delici türü delik dibinden darbeli delici ise program Schmidt değerinin girilmesini ister. Döner delici olması durumunda ise matkap yükü ve dönme hızı gereklidir. Matkap yükü aşağıdaki formülden hesaplanır (Praillet, 1991).

$$W_{id} = \frac{\sigma_c D}{2} \quad (10.1)$$

Burada,

W_{id} = İdeal Matkap Yükü(kg)

σ_c = Tek Eksenli Basınç Dayanımı(MPa)

D = Matkap Çapı (mm)

Tablo 10.2. Çeşitli Delici Makinalar ve Bunlarla İlgili Bazı Bilgiler.

Delici Türü	Delici Kodu	Model	Çap (mm)	Fiat(\$)
Döner Deliciler	1	Ingersoll-Rand DM30	130-171	400000
	2	” DM45	130-200	480000
	3	” DM50	200-251	510000
	4			
	5	Reeddrill SK35 (Lastik Tek.)	152-200	350000
	6	” SK40	127-178	375000
	7	” SK45	152-200	400000
	8	” SK50	178-250	425000
	9	” SK60	198-270	500000
	10			
Yerüstünden Darbeli Deliciler	11	Böhler DTC 122H	64-127	250000
	12	” DTC 122H/D	64-127	260000
	13	” TC 118	64-127	240000
	14	Frukawa HCR9	65-90	152000
	15	” HCR12	65-90	184000
	16			
	17	Atlas Copco ROC 542 HC	35-76	200000
	18	” ROC 642 HC	48-76	230000
	19	” ROC 742 HC	48-102	265000
	20	” ROC 848 HC	64-127	350000
	21	Tamrock 500	51-89	180000
	22	” CHA660	64-102	210000
	23	” CHA1100	76-152	260000
	24			
25				
26				
27				
28				
29				
Delik Dibinden Darbeli Deliciler	30	Gemsa HPV 22 (Lastik Tek.)	60-80	17000
	31	” HPV 32 ”	85-100	
	32	” HPV 42 ”	105-127	
	33	Gemrock P 32	85-100	60000
	34	” P 42	105-127	
	35	” P52	127-152	

Tablo 10.3. Bullroc Tabancalarının Teknik Özellikleri.

Tabanca Kodu	Modeli	Piston Çapı (cm)	Piston Stroku (cm)	Piston Ağırlığı (kg)
1	BR1	3.6	7.6	1.0
2	BR2	4.3	10.1	1.8
3	BR3	5.1	10.1	2.5
4	BR33	5.7	10.1	3.0
5	BR4	6.8	15.2	4.8

Döner delmede yumuşak formasyonlarda 70-140 dv/dk, orta sert formasyonlarda 60-120 dv/dk ve çok sert formasyonlarda 30-40 dv/dk'lık dönme hızları uygulanır (Bilgin, 1991). Programda delme hızı hesabında $\sigma_c < 80$ MPa için 120 dv/dk, $80 < \sigma_c < 200$ MPa için 80 dv/dk ve $\sigma_c > 200$ MPa için 35 dv/dk dönme hızı değerleri kullanılır.

II - Özgül delme hesabı:

$$b_0 = \frac{H}{BSK} \quad (10.2)$$

Burada,

$$b_0 = \text{Özgül Delme (m/m}^3\text{)}$$

$$H = \text{Delik Uzunluğu (m)}$$

$$B = \text{Dilim Kalınlığı (m)}$$

$$S = \text{Deliklerarası Mesafe (m)}$$

$$K = \text{Basamak yüksekliği (m)}$$

III - Yıllık delinecek delik miktarı hesabı:

$$H_T = b_0 M \quad (10.3)$$

Burada,

$$H_T = \text{Yıllık delik miktarı (m/yıl)}$$

$b_o = \text{Özgöl delme(m/m}^3\text{)}$

$M = \text{Yıllık Üretim(m}^3\text{/yıl)}$

IV - Bir delicinin yılda deleceği delik miktarı hesabı:

$$H_{TD} = VS \times VSA \times \text{ÇG} \times DH \times MFO \times \eta \quad (10.4)$$

Burada,

$H_{TD} = \text{Bir delicinin yılda deleceği delik miktarı(m/yıl)}$

$VS = \text{Vardiya süresi(h)}$

$VSA = \text{Vardiya sayısı}$

$\text{ÇG} = \text{Yılda Çalışılacak gün sayısı}$

$DH = \text{Delme hızı(m/h)}$

$MFO = \text{Makinadan faydalanma oranı(\%)}$

$\eta = \text{Randıman(\%)}$

Makinadan faydalanma oranı % 50-60 civarında (Cummins, 1973) olup, programda % 50 değeri kullanılmaktadır. Programda randıman % 60 alınmaktadır.

V - Delici sayısı hesabı:

$$DS = \frac{H_T}{H_{TD}} \quad (10.5)$$

Burada,

$DS = \text{Delici sayısı}$

$H_T = \text{Yıllık delik miktarı(m/yıl)}$

$H_{TD} = \text{Bir delicinin yılda deleceği delik miktarı(m/yıl)}$

Programda her üç delici için bir de yedek delici hesaba katılmaktadır.

13. Delici Ekibi Sayısının Hesabı

Delici sayısı 5 ve 5' in altında ise 1 formen, 5-10 arasında ise 2 formen, 10' dan fazla ise 3 formen kabul edilir. Operatör ve operatör yardımcısı sayısı ise delici sayısına eşittir.

14. Delme Ekipmanları Tüketimi

Matkap, tij, shank ve coupling tüketimi aşağıdaki şekilde hesaplanır (Naapuri, 1990).

Matkap Tüketimi:

$$N_m = \frac{M}{M\ddot{O}\frac{1}{b_o}} \quad (10.6)$$

Tij Tüketimi:

$$N_t = \frac{M}{T\ddot{O}\frac{1}{b_o}} \quad (10.7)$$

Shank Tüketimi:

$$N_s = \frac{M}{S\ddot{O}\frac{1}{b_o}} \quad (10.8)$$

Coupling Tüketimi:

$$N_c = \frac{M}{C\ddot{O}\frac{1}{b_o}} \quad (10.9)$$

Tüm Bağıntılarda,

$$M = \text{Yıllık Üretim (m}^3\text{)}$$

$$b_o = \text{Özgül delme (m/m}^3\text{)}$$

$$MÖ = \text{Matkap ömrü (m)}$$

$$N_m = \text{Matkap tüketimi(Adet/yıl)}$$

$$TÖ = \text{Tij ömrü (m)}$$

$$N_t = \text{Tij tüketimi(Adet/yıl)}$$

$$SÖ = \text{Shank ömrü (m)}$$

$$N_s = \text{Shank tüketimi(Adet/yıl)}$$

$$CÖ = \text{Coupling ömrü (m)}$$

$$N_c = \text{Coupling tüketimi(Adet/yıl)}$$

10.3. Patlatma

Patlatma bölümünde yapılan işlemler sırayla şöyledir:

1. Patlayıcı Madde Seçimi

51 mm delik çapı üzerinde kuru ortamlarda anfo ucuz ve performansı iyi bir patlayıcıdır. Sulu ortamda ise emülsiyon türü patlayıcılar tercih edilir.

2. Yemleme Miktarı Seçimi

Delik boyu 10 m' den az ise 4-5 adet dinamit yemleme olarak yeterlidir. Delik boyunun 10 m' den büyük olması durumunda ise 5-8 adet dinamit kullanılır (Evergen, 1995). Programda delik boyunun 10 m'den küçük olduğu durumda kayaç basınç dayanımı 100 MPa'dan küçükse 4 dinamit, basınç dayanımı 100 MPa'dan büyükse 5 dinamit seçilir. Delik boyunun 10 m' den büyük olduğu durumda basınç dayanımı $\sigma_c < 80$ MPa için 6 dinamit, $80 < \text{MPa} < \sigma_c < 200$ MPa için 7 dinamit ve $\sigma_c > 200$ MPa için 8 dinamit seçilir. Bu seçim kriterleri genellikle gözlemlere dayanmaktadır.

3. Ateşleme Sistemi Seçimi

Sıralararası gecikme aşağıdaki formülden bulunur (Gustafsson, 1973).

$$t_r = k B \quad (10.10)$$

Burada,

t_r = Sıralararası gecikme (ms)

B = Dilim kalınlığı (m)

k = katsayı; $B > 5m$ ise $k > 5$

$B < 5m$ ise $k = 3-5$

Eğer çevre sınırlaması yoksa ve fazla parçalanma istenmiyorsa deliklerarası gecikme uygulanmaz. Aksi durumda 10-60 ms arasında deliklerarası gecikme uygulanır (Anon, 1987).

4. Özgül Şarj ve Yıllık Patlayıcı Miktarı Hesabı

Burada, Bölüm 9' da verilen çeşitli araştırmacıların bağıntıları kullanılarak hesaplama yapılmıştır. Kayaç basınç dayanımının 200 MPa ve daha büyük olması durumunda dip şarj hesabı da yapılmıştır.

5. Kapsül Sayısı Hesabı

Yıllık delik miktarının delik uzunluğuna bölünmesiyle yıllık delik sayısı bulunur. Delik uzunluğu 10 m' den küçük ise kapsül sayısı delik sayısına eşit alınır. Delik uzunluğu 10 m' den büyük ise çift yemleme daha uygun olacağı için kapsül sayısı delik sayısının iki katı alınır.

6. Patlatma Ekibi Sayısı

İş küçük çaplı taş ocağı veya inşaat işi ise ateşçi sayısı 1, ateşçi yardımcısı sayısı 3 alınır. Eğer iş büyük çaplı ise ateşçi sayısı 2, ateşçi yardımcısı sayısı 5 alınır.

10.4. Maliyet Hesabı

Delme ve patlatma maliyeti konusunda yapılan işlemler ve kullanılan bilgiler aşağıda verilmiştir.

10.4.1. Delme Maliyeti Hesabı

10.4.1.1. Yatırım Maliyeti

Yatırım maliyeti aşağıdaki formüller yardımıyla hesaplanır.

$$YM = \frac{AEG \times AN}{\text{ÇS}} \quad (10.11)$$

$$AEG = DF - (HD + YTF) \quad (10.11a)$$

$$AN = \frac{i}{1 - (1+i)^{-n}} \quad (10.11b)$$

Burada,

YM = Yatırım Maliyeti(\$/h)

AEG = Amorti edilmesi gereken değer(\$)

AN = Anüite faktörü

ÇS = Delicinin yıllık çalışma süresi (h)

DF = Delici fiyatı(\$)

HD = Delici hurda değeri(\$)

YTF = Yürüyüş takımı fiyatı(\$)

i = Faiz oranı (%)

n = Delicinin ekonomik ömrü (yıl)

Yıllık çalışma süresi ortalama 5000 saat alınır. Delicinin hurda değeri genellikle fiyatının % 20' si kadardır. Amortisman hesabında döner ve yerüstünden darbeli delicilerin ekonomik ömrü 5 yıl, delik dibinden darbeli delicilerin ekonomik ömrü 7 yıl alınır. Faiz oranı % 8 olarak alınır.

10.4.1.2. İşletme Maliyeti

İşletme maliyeti aşağıdaki formüller yardımıyla hesaplanır.

$$TİM = SMG + YTM + TBG \quad (10.12)$$

$$SMG = AK + YG + FL + DG \quad (10.12a)$$

$$YTM = \frac{YTF}{YTÖ} \quad (10.12b)$$

Burada,

TİM = Toplam işletme maliyeti(\$/h)

SMG = Sarf malzemeleri gideri(\$/h)

YTM = Yürüyüş takımı maliyeti(\$/h)

TBG = Tamir-bakım giderleri(\$/h) [SMG + YTM'nin %30'u alınabilir]

AK = Akaryakıt gideri(\$/h)

YG = Yağ gideri(\$/h)

FL = Filtre gideri(\$/h) [AK + YG'nin %3'ü alınabilir]

DG = Diğer Giderler(\$/h) [AK + YG'nin %2'si alınabilir]

YTF = Yürüyüş takımı fiyatı(\$)

YTÖ = Yürüyüş takımı ömrü (h)

10.4.1.3. Delme Ekipmanları Maliyeti

Delme ekipmanları maliyeti aşağıdaki formüller yardımıyla hesaplanır.

$$TEM = (MG+TG+SG + CG + DG) \times DH \times MFO \times \eta \quad (10.13)$$

$$MG = MF/MÖ \quad (10.13a)$$

$$TG = TF/TÖ \quad (10.13b)$$

$$SG = SF/SÖ \quad (10.13c)$$

$$CG = CF/CÖ \quad (10.13d)$$

Burada,

TEM = Toplam delme ekipmanları maliyeti (\$/h)

MG = Matkap gideri (\$/m)

TG = Tij gideri(\$/m)

SG = Shank gideri(\$/m)

CG = Coupling gideri(\$/m)

DG = Diğer giderler(\$/m)[MG + TG + SG + CG'nin % 25'i alınabilir]

DH = Net Delme hızı (m/h)

MFO = Makinadan faydalanma oranı

η = Randıman

MF = Matkap fiatı(\$)

TF = Tij fiatı(\$)

SF = Shank fiatı(\$)

CF = Coupling fiatı(\$)

MÖ = Matkap ömrü (m)

TÖ = Tij ömrü (m)

SÖ = Shank ömrü (m)

CÖ = Coupling ömrü (m)

10.4.1.4. Delici Personeli Maliyeti

Delici personeli maliyeti aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanır.

$$DPM = \left(\frac{FÜ}{3} + OÜ + OYÜ \right) \quad (10.14)$$

Burada,

DPM = Delici personeli maliyeti(\$/h)

FÜ = Formen ücreti(\$/h)

OÜ = Operatör ücreti(\$/h)

OYÜ = Operatör yardımcısı ücreti(\$/h)

Her 3 deliciye bir formen düştüğü için formen ücreti 3' e bölünür. Formen ücreti 2 \$/h, operatör ücreti 1.4 \$/h ve operatör yardımcısı ücreti 1 \$/h alınır.

Sonuç olarak delme maliyeti aşağıdaki formülden hesaplanır:

$$DM = \frac{YM + TIM + TEM + DPM}{DH \times MFO \times \eta} \times b_o \quad (10.15)$$

Burada,

DM = Delme maliyeti(\$/m³)

YM = Yatırım maliyeti(\$/h)

TİM = Toplam işletme maliyeti(\$/h)

TEM = Toplam delme ekipmanları maliyeti(\$/h)

DPM = Delici personeli maliyeti(\$/h)

DH = Net delme hızı (m/h)

MFO = Makinadan faydalanma oranı

η = Randıman

b_o = Özgül delme (m/m³)

10.4.2. Patlatma Maliyeti

Patlatma maliyeti aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanır.

$$PM = \frac{KSM + DS + YM + KM + YKM + IM + DG}{M} \quad (10.16)$$

Burada,

PM = Patlatma maliyeti(\$/m³)

KŞM = Kolon şarj miktarı(kg/yıl) x Kolon şarj fiatı(\$/kg)

DŞ = Dip şarj miktarı(kg/yıl) x Dip şarj fiatı(\$/kg)

YM = Yemleme miktarı(kg/yıl) x Yemleme fiatı(\$/kg)

KM = Kapsül sayısı(Adet/yıl) x Kapsül fiatı(\$/Adet)

YKM = Yakıt miktarı(kg/yıl) x Yakıt fiatı(\$/kg)

İM = İşçilik maliyeti(\$/yıl)

DG = Diğer giderler(\$/yıl)[KŞM+DŞ+KM+YKM+İM'nin %15'i alınabilir]

M = Yıllık üretim (m³/yıl)

İşçilik maliyeti ateşçi ve ateşçi yardımcılarının saat ücretleri toplamının patlatma ekibinin günlük çalışma saati ve yıllık çalışma günü ile çarpılmasıyla bulunur. Ateşçi ücreti 2 \$/h, ateşçi yardımcısı ücreti 1.5 \$/h ve günlük çalışma süresi 5 saat olarak alınır.

10.5. Örnek

Veriler:

- Formasyonun basınç dayanımı : 80 MPa
- Formasyonun kuvars içeriği: % 0
- Yıllık üretim: 5 000 000 m³/yıl
- Delikler kuru
- İnce parça isteniyor

- Çalışma zemini bozuk
- Çalışma alanı dağınık

Yukardaki verilere göre program çalıştırıldığında, delici olarak Tamrock CHA 1100 seçilirse ve 8' er saatlik 2 vardiya şeklinde yılda 250 gün çalışıldığı kabul edilirse programın çıktıları sırasıyla Tablo 10.4, 10.5, 10.6 ve 10.7' de görüldüğü gibi olacaktır. Programın çalışması esnasında kullanılan bilgiler EK-N' de verilmiştir.

Tablo 10.4. Delik Düzeni Çıktısı.

Basamak Yüksekliği(m)	12						
Delik Çapı(mm)	Naapuri(Min. -Maks.)	Anon(1987)	Konya(Maks.)				
	60	120	99.6	199.2			
Seçilen Delik Çapı(mm)	89						
Dilim Kalınlığı(m)	Naapuri(Min. -Maks.)	Anon(1987)	(Min.-Maks.)	Ash(Min. -Maks.)			
	2.225	3.56	2.225	3.115	1.246	4.361	
	Konya(Min. -Maks.)	Hagan(Min. -Maks.)		Langefors	Nitro-Nobel	Vut.-Bhanda.	
	1.335	3.293	1.78	3.115	4.005	4.005	2.986
	A.Copco	Rustan	Arioğlu	Langf.ve Kihl. (Min.-Maks.)	Ash ve Pearse (Min.-Maks.)		
	2.91	3.42	2.724	1.246	6.764	1.78	3.56
Seçilen Dilim Kalınlı(m)	3						
Alt Delme(m)	Naapuri(Min. -Maks.)	Anon(1987)	(Min.-Maks.)	Langefors	Gregory (Min.-Maks.)		
	0.9	1.2	0.6	1.5	0.9	0.89	1.335
	Konya	Kennedy					
	0.9	0.9					
Seçilen Alt Delme(m)	1						
Delik Boyu(m)	13						
Delme Hatası(m)	Naapuri	Langefors	Nitro-Nobel				
	0.46	0.44	0.66				
Seçilen Delme Hatası(m)	0.5						
Pratik Dilim Kalınlığı	2.7						
Deliklerarası Mesafe	Naapuri(Min. -Maks.)	Anon(1987)	(Min.-Maks.)	Kennedy (Min.-Maks.)	Langefors		
	2.97	4.05	2.7	4.86	2.7	4.05	3.38
	Vut.-Bhand.	Arioğlu	Konya				
	3.34	2.87	3.78				
Seçilen D.arası Mes.(m)	3.5						
Sıklama Boyu(m)	Langefors	Naapuri (Min.-Maks.)	Anon(1987) (Min.-Maks.)	Kennedy(Min. -Maks.)			
	2.7	1.89	2.7	1.89	3.51	1.35	1.89
	Konya						
	2.7						

Tablo 10.5. Delici Makina Çıktısı.

Altyapı Türü	Paletli
Delici Türü	Yerüstünden Darbeli Hidrolik
Matkap Çeşidi	Kabaralı Matkap
Delici Sayısı	9
Formen Sayısı	2
Operatör Sayısı	9
Operatör Yardımcısı Sayısı	9
Matkap Tüketimi(Adet/Yıl)	143
Tij Tüketimi(Adet/Yıl)	188
Shank Tüketimi(Adet/Yıl)	92
Coupling Tüketimi(Adet/Yıl)	216
Delme Hızı(m/dk)	0.91

Tablo 10.6. Patlayıcı Madde Çıktısı.

Patlayıcı Türü	Anfo					
Yemleme Miktarı(Adet/delik)	7					
	Langefors	Naapuri	Konya	Anon (1987)	Belidor	Kennedy
YıllıkKol.Ş.Mik.(kg)	1587343.25	2489950.20	2476255.48	2488954.22	2492128.91	2493398.78
YıllıkDipŞ.Mik.(kg)	1225869.05	0.00	0.00	0.00	0	0
Yıllık Yeml.Mik.(kg)	41666.67					
Yıl.Kapsül Say.(Adet)	88183					
Sır.ArasıGecikme(ms)	11					
Del.ArasıGecikme(ms)	10-60					
Ateşçi Sayısı	2					
Ateşçi Yrd.Say.	5					

Tablo 10.7. Maliyet Hesabı Çıktısı.

Yatırım Maliyeti(\$/h)	9.42	
İşletme Maliyeti(\$/h)	25.83	
Ekipman Maliyeti(\$/h)	6.54	
Personel Maliyeti(\$/h)	2.61	
Delme Maliyeti(\$/m ³)	0.31	
	Naapuri ve Diğer Araştırmacılar	Langefors
Kolon Şarj Maliyeti(\$/yıl)	995980.08	634937.30
Dip Şarj Maliyeti(\$/yıl)	0.00	2083977.38
Yemleme Maliyeti(\$/yıl)	83333.33	83333.33
Kapsül Maliyeti(\$/yıl)	97001.76	97001.76
Yakıt Maliyeti(\$/yıl)	70963.58	45239.28
İşçilik Maliyeti(\$/yıl)	14375.00	14375.00
Diğer Maliyeti(\$/yıl)	189248.0638	443829.6093
Patlatma Maliyeti(\$/m ³)	0.29	0.68
TOPLAM MALİYET(\$/m³)	0.60	

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Açık işletmelerde uygun delme - patlatma şartlarını veren bir model geliştirmek amacıyla yapılan bu çalışmada 16 farklı şantiye ve 27 değişik formasyonda yerüstünden darbeli hidrolik, delik dibinden darbeli ve döner delici üzerinde performans ölçümleri yapılmıştır. Şantiyelerde yerinde Schmidt çekici deneyleri yapılmış ve buralardan toplanan kayaç numuneleri üzerinde laboratuarda çeşitli mekanik ve fiziksel deneyler yapılmıştır. Bu veriler yardımıyla da çeşitli delici türleri için delme hızı modelleri geliştirilmiştir. Sonra basamak patlatması detaylı olarak incelenmiş, delik düzeni parametreleri ve deliklerin şarjı konusunda literatürde bulunan bağıntılar derlenmiş ve ülkemizdeki uygulamaların bu bağıntılarla uyumlu olup-olmadığı araştırılmıştır. Daha sonra da bir üreticinin delme - patlatma ile ilgili tüm problemlerine hızlı bir şekilde çözüm getirecek bir bilgisayar programı yazılmıştır. Çalışmadan çıkarılabilecek sonuçlar aşağıda anlatılmıştır.

Penetrasyon deneyleri sonucu elde edilen delinebilirlik indeksi matkap dişinin uç açısı ve kayaç özelliklerinden etkilenmektedir . Uç açısı arttıkça penetrasyon kuvvetleri de artmaktadır. Benzer şekilde kayaçların mekanik ve fiziksel özelliklerinin artmasıyla delinebilirlik indeksi de artmaktadır

Delinebilirlik indeksi yardımıyla matkap yükü, dönme hızı, matkap çapı ve delinebilirlik indeksinin fonksiyonu olan bir delme hızı modeli geliştirilmiş ve bu modelden elde edilen hız değerleri ile gerçek hız değerleri karşılaştırılmıştır. Modelin sadece, basınç dayanımı 40 MPa'ın üzerindeki formasyonlar için geçerli olduğu sonucuna varılmıştır. Ayrıca, basınç dayanımı 40 MPa'ın altındaki formasyonlar için yarım uç açısı (θ) 30° den küçük dişe sahip matkapların uygun olacağı sonucu da elde edilmiştir. Modeldeki k katsayısı kayaç özellikleri ve matkap dişinin uç açısına bağlı olarak değişmektedir. Kayaç basınç dayanımı ve matkap dişinin uç açısı arttıkça k'nın değeri de artmaktadır.

Çok katlı regresyon analizi yardımıyla üç tür delici (Yerüstünden darbeli hidrolik, delik dibinden darbeli ve döner delici) için regresyon modelleri geliştirilmiştir. Yerüstünden darbeli hidrolik delicilerin modeline işletme parametrelerinden darbe frekansı, kayaç özelliklerinden de basınç dayanımı ve kuvars miktarı girmiştir. Model 76-102 mm çap, 14-17.5 kW tabanca gücü, 60-75 bar baskı basıncı, 100-120 bar darbe basıncı ve 50-65 bar döndürme basıncı değerleri için geçerlidir. Delik dibinden darbeli deliciler için geliştirilen modele (işletme basıncı x piston çapı) ile Schmidt değeri girmiştir. Model 90-100 mm çap, 13-22 bar baskı basıncı, 40-60 bar döndürme basıncı ve 5-8 bar hava basıncı değerleri için geçerlidir. Yalnız, Schmidt değerinin belirlenemediği durumlarda bu model kullanılamamaktadır. Bu nedenle (işletme basıncı x piston çapı) ile darbe dayanım değerinin değişkenleri oluşturduğu diğer bir model de geliştirilmiştir. Döner delicilerin regresyon modeline ise matkap çapı, matkap yükü, dönme hızı ve kayaç özelliklerinden basınç dayanımı girmiştir. Modellerin geçerli oldukları çeşitli istatistik test yöntemleri ile ispatlanmıştır.

Ülkemizdeki basamak patlatmalarında uygulanan delik düzeni parametrelerinin birbirleri ile olan ilişkilerinin ve özgül şarjın literatürde bulunan bağıntılarla karşılaştırılmasıyla aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

- Ülkemizde uygulanan delik düzeni parametrelerinin birbirleri ile olan ilişkilerinin incelenmesi sonucu sadece dilim kalınlığı - delik çapı ilişkisinin literatürdeki bağıntılarla iyi uyumlu olduğu görülmüştür. Diğer ilişkiler ya uyumsuz ya da az uyumludur. Uyumsuzluk bazı durumlarda delik düzeni parametrelerinin yanlış seçiminden kaynaklanırken, bazı durumlarda çalışma şartlarının özelliğinden ya da kullanım amacına göre kazılacak malzemedan farklı boyutlar istenmesinden kaynaklanmaktadır. Örneğin, otoyol şantiyelerinde çalışma şartları maden ocaklarına göre daha farklıdır ve kazılacak malzemedan istenen parça boyutu zaman zaman değişmektedir.
- Literatürde kayacın dayanım özellikleri ile spesifik şarj arasında anlamlı ilişkiler olduğu ifade edilmektedir. Burada, maden ocakları için çekme dayanımı ile özgül şarj arasında lineer bir ilişki bulunmuş ve gerçek özgül şarjın teorik özgül şarj ile iyi uyumlu olduğu görülmüştür. Otoyol şantiyeleri ve taş ocakları için kayacın

dayanım özellikleri ile özgül şarj arasında anlamlı bir ilişki bulunamamıştır. Bunun nedeni büyük ihtimalle özellikle otoyol şantiyelerinde kazılacak malzemeden istenilen parça boyutunun sık sık değişmesi ve dolayısıyla özgül şarjın da değişmesidir. Zaten gerçek ve teorik özgül şarj arasında da iyi bir uyum bulunamamıştır. Diğer bir neden bazı şantiyelerde özgül şarjın yanlış uygulanması olabilir.

Buradan çıkarılabilecek diğer bir sonuç ülkemizde bazı maden ve taş ocaklarında delme - patlatmanın yeterince ehil kişiler tarafından yapılmadığıdır. Delme - patlatmanın üretimin ilk aşaması olduğu ve diğer aşamaların randımanının delme-patlatma randımanına bağlı olduğu düşünüldüğünde bu konu üzerinde durulması gereği ortaya çıkmaktadır.

Excel ortamında Visual Basic dilinde geliştirilen bilgisayar modeli kullanıcıya çok kısa sürede farklı alternatifleri deneyerek optimum sonuca ulaşma imkânını sağlar. Program delme, patlatma ve maliyet olmak üzere başlıca üç bölüm olup delme bölümünde önce yükleyici ve basamak yüksekliği seçimi, delik çapı, dilim kalınlığı, deliklerarası mesafe, alt delme, delik boyu ve sıkılama boyu hesabı yapılır. Sonra da delici makina ve matkap seçimi yapılır ve delici sayısı, delme ekibi sayısı ve yıllık delme ekipmanı (matkap, tij, shank ve coupling) sayısı hesaplanır. Patlatma bölümünde patlayıcı ve ateşleme sistemi seçimi yapılır, patlatma ekibi sayısı ve çeşitli araştırmacılara göre patlayıcı madde miktarı ve yemleme miktarı hesaplanır. Maliyet bölümünde ise programın delme ve patlatma bölümlerinde yapılan seçim ve hesaplara ve programın yazılımına yerleştirilen diğer bilgilere göre delme ve patlatma maliyetleri hesaplanır.

KAYNAKLAR

- ALTUN, S., (1993), Patlatmanın İşletme Ekonomisine Etkileri, 1. Delme ve Patlatma Sempozyumu, 2-3 Aralık, Ankara, s.41-56.
- ANON, (1985), Suggested Method for Determining Point Load Strength, Int. J. R. Mech. Min. Sci. & Geomech. Abstr., 22, 2, pp.53-60.
- ANON, (1986), Blasthole Drilling (DTH), Colliery Guardian, April, pp. 170-171.
- ANON, (1987), Explosives and Rock Blasting, Atlas Powder Company, Dallas, 662p.
- ARIOĞLU, E., (1990), Açık İşletmelerde Patlatma Tasarımında Dilim Kalınlığının Belirlenmesinde İşletme ve Jeomekanik Büyüklükleri Gözeten Yarı-Analitik Yaklaşım, 2. Ulusal Kaya Mekaniği Sempozyumu, 5-7 Kasım, Ankara, s. 55-78.
- BAIER, W.H., CAMPBELL, J.A., (1962), Lunar Drilling Study, Fifth Symp. on Rock Mech., The Univ. of Minnesota, May, pp.205-227.
- BAILEY, J.J., (1967), On The Performance of Percussive Drills, Ninth Symp. on Rock Mech., Colorado Sch. of Mines, 17-19 April, pp.377-400.
- BAKER HUGHES TOOL COMPANY KATALOKLARI.
- BENJUMEA, R., SIKARSKIE, D.L., (1969), A Note on The Penetration of A Rigid Wedge into a Nonisotropic Brittle Material, , Int. J. R. Mech. Min. Sci. & Geomech. Abstr., V.6, pp.343-352.
- BERRY, P.M., (1966), Rock Penetration at Oblique Incidence by A Yawed Bit-Tooth, ISRM, Proc. of The First Cong., Lisbon, V.2, pp.115-118.
- BİLGİN, A., PAŞAMEHMETOĞLU, G., (1986), Kayaların Patlatılabilirlikleri ve Delinebilirlikleri Üzerine Bir Çalışma, 1. Ulusal Kaya Mekaniği Sempozyumu, 13-15 Ekim, Ankara, s. 113-125.
- BİLGİN, N., SHAHRIAR, K., (1986), Kayaçların ve Kömür Damarlarının Bazı Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesinde Kullanılan Dolaylı Yöntemlerin Değerlendirilmesi, 1. Ulusal Kaya Mekaniği Sempozyumu, 13-15 Ekim, Ankara, s. 127-137.

- BİLGİN, ÇELEBİ, N., PAŞAMEHMETOĞLU, A. G., (1988), A Model for Drilling Machine Selection, Mine Planning and Equipment Selection, Balkema, pp.383-388.
- BİLGİN, N., AKGÜN, İ. S., SHAHRIAR, K., (1988), Amasra Karbonifer Havzasındaki Damarların Mekanik Dayanımları Açısından Sınıflandırılması, Türkiye 6. Kömür Kongresi, 23-27 Mayıs, Zonguldak, s.411-425.
- BİLGİN, N., (1989), İnşaat ve Maden Mühendisleri İçin Uygulamalı Kazı Mekaniği, Birsen Yayınevi, İstanbul, 192s.
- BİLGİN, N., (1991), Maden İşletmelerinde Kullanılan Deliciler, Çalışma Şartları ve Ekonomisi, İTÜ Maden Fak., Maden Müh. Böl., Mayıs, 49s.
- BİLGİN, A., (1993), Patlatma Bilim ve Teknolojisinde Son Gelişmeler, 1. Delme ve Patlatma Sempozyumu, 2-3 Aralık, Ankara, s.19-26.
- BİLGİN, N., ESKİKAYA, Ş., EVERGEN, T., (1993), The Effect of Rock Mass Properties on The Efficient Design of Blasting Operations in An Open Pit Mine in Turkey, The Fourth Symp. on Rock Fragmentation by Blasting, 5-8 July, Vienna, Austria, pp.479-484.
- BROCH, E., FRANKLIN, J.A., (1972), The Point Load Strength Test, Int. J. R. Mech. Min. Sci., V.9, pp.669-697.
- BROWN, E.T., ed., (1981), Rock Characterization Testing and Monitoring, ISRM Suggested Methods, Oxford.
- CEYLANOĞLU, A., KAHRİMAN, A., DEMİRCİ, A., (1993), Delme ve Patlatmanın Kullanıldığı Alanlar, Önemi ve Maden Mühendisliği İle İlgisi, 1. Delme ve Patlatma Sempozyumu, 2-3 Aralık, Ankara, s.127-138.
- CHEATHAM, J.B., (1958), An Analytical Study of Rock Penetration by A Single Bit- Tooth, Eighth Annual Drilling and Blasting Symp., Univ. of Minnesota, pp.1-21.
- CHEATHAM, J.B., PITTMAN, R.W., (1966), Plastic Limit Analysis Applied to A Simplified Drilling Problem, ISRM, Proc. of The First Cong., Lisbon, V.2, pp.93-97.
- CLARK, G.B., (1979), Principles of Rock Drilling, Colorado Sch. of Mines Quarterly, April, p.91.
- COATES, D.F., (1970), Rock Mechanics Principles.
- COOK, N.G.W., HOOD, M., TSAI, F., (1984), Observation of Crack Growth in Hard Rock Loaded an Indenter, , Int. J. R. Mech. Min. Sci. & Geomech. Abstr., V.21, pp.97-107.

- CUMMINS, A. B. (1973), SME Mining Engineering Handbook, The American Institute of Mining, Metallurgical and Petroleum Eng., New York.
- DAVIS, J.C., (1986), Statistics and Data Analysis in Geology, John Wiley & Sons Inc., New York.
- DRAGER, N.R., SMITH, H., (1981), Applied Regression Analysis, Second Edition, John Wiley & Sons Inc., New York.
- DUTTA, P.K., (1972), A Theory of Percussive Drill Bit Penetration, Int. J. R. Mech. Min. Sci. V.9, pp.543-567.
- ERKOÇ, Ö.Y., (1990), Kaya Patlatma Tekniği, İstanbul, 164s.
- ESKİKAYA, Ş., BİLGİN, N., (1993), Delinebilirlik ve Optimum Matkap Kullanım Etüdü, TKİ Projesi, Nihai Rapor Cilt 1, İTÜ Maden Fakültesi, Maden Müh. Bölümü.
- ESKİKAYA, Ş., EVERGEN, T., BİLGİN, N., (1994), A Nonconventional Way of Efficient Blasting Design in ELİ Open Pit Mines, 16th World Mining Congress, 12-16 September, Sofia, pp.369-378.
- EVERGEN, T., (1995), Kişisel Görüşme.
- FAIRHURST, C., LACABANNE, W.D., (1957), Hard Rock Drilling Techniques, Mine & Quarry Engineering, April, pp.157-161.
- GEMSA FİRMASI BROŞÜRLERİ
- GNIRK, P.F., (1966), An Experimental Study of Indexed Single Bit-Tooth Penetration into Dry Rock at Confining Pressures of 0 to 7500psi, ISRM, Proc. of The First Cong., Lisbon, V.2, pp.121-129.
- GNIRK, P.F., MUSSELMAN, J.A., (1967), An Experimental Study of Indexed Dull Bit-Tooth Penetration into Dry Rock Under Confining Pressure, JPT, September, pp. 1225-1233.
- GNIRK, P.F., CHEATHAM, J.B., (1963), Indentation Experiments on Dry Rocks Under Pressure, JPT, September, pp.1031-1039.
- GÖKTAN, M., (1992), Kayaç Kırılma Oranı ve Darbeli Delme Performans Analizlerinde Kullanılabilirliği, Anadolu Üniv., Müh. Mim. Fak. Dergisi, C.VIII, S.1, s.88-89.
- GÖKTAN, M., AYDAY, C., (1993), A Suggested Improvement to The Schmidt Rebound Hardness ISRM Suggested Method with Particular Reference to Rock Machineability, Int. J. R. Mech. Min. Sci. & Geomech. Abstr., V.30, No.3, pp. 321-22.

- GÖKTEKİN, A., (1983), Sondaj Tekniği, İTÜ Maden Fak., 431s.
- GUSTAFSSON, R., (1973), Swedish Blasting Technique, Gothenburg, 323p.
- HARAMY, K.Y., DeMARCO, M.J., (1985), Use of Schmidt Hammer for Rock and Coal Testing, 26th US Symp. on Rock Mech., 26-28 June, pp.549-555.
- HARTMAN, H.L., (1962), Crater Geometry Relations in Percussive Drilling, Mine & Quarry Engineering, December, pp.530-536.
- HARTMAN, H.L., (1966), The Effectiveness of Indexing in Percussion and Rotary Drilling, Int. J. R. Mech. Min. Sci. & Geomech. Abstr., V.6, pp.265-278.
- HOWART, D.F., (1986), Review of Rock Drillability and Borability Assessment Methods, Trans. Ins. Min. Metall., Sec. A, October, pp.191-201.
- HOWART, D.F., ROWLAND, J.C., (1987), Quantitive Assessment of Rock Texture and Correlation with Drillability and Strength Properties, Rock Mech. And Rock Eng., 20, pp.57-85.
- HUSTRULID, W.A, FAIRHURST, J., (1971), A Theoretical and Experimental Study of The Percussive Drilling of Rock, Part-1: Theory of Percussive Drilling, Int. J. R. Mech. Min. Sci., V.8, pp.311-333.
- INGERSOLL-RAND BROŞÜRÜ
- JONES, M.P., (1987), Applied Mineralogy, A Quantitative Approach, Prited by Graham & Trotman, London.
- KARPUZ, C., PAŞAMEHMETOĞLU, A.G., DİNÇER, T., (1990), Drillability Studies on The Rotary Blasthole Drilling of Lignite Overburden Series, Int. J. Surface Min. Reclamation, 4, pp.89-93.
- KENNEDY, B.A., (1990), Surface Mining, 2nd Edition, Littleton, Colorado.
- KNOWLES, D., (1989), Emulsion Explosives, WME, September, pp.39.
- KONYA, J.A., WALTER, E.J., (1990), Surface Blast Design, Printed by Prentice-Hall, New Jersey, 292p.
- KOU, S., RUSTAN, A., (1992), Burden Related to Blasthole Diameter in Rock Blasting, Int. J. R. Mech. Min. Sci. & Geomech. Abstr., V.29, pp.543-553.
- KÖKSAL, B.A., (1994), İstatistik Analiz Metotları, 4. Baskı, Çağlayan Kitabevi, İstanbul.
- LARSON, D.A., MORREL, J.R., MADES, J.F., (1987), An Investigation of Crack Propagation with A Wedge Indenter to Improve Rock Fragmentation Efficiency, BuMines, RI/9106, 27p.

- LILLY, P. A., (1992), The Use of Blastability Index in The Design of Blasts for Open Pit Mines, Proc. of The Western Australia Conference on Mining Geomechanics, Kalgoorlie, Western Australia, pp. 421-423.
- LINDQVIST, P.A., HAI-HUI, L., (1983), Behaviour of The Crushed Zone in Rock Indentation, Rock Mech. and Rock Eng., 16, pp. 199-207.
- LINDQVIST, P.A., (1984), Stress Field and Subsurface Crack Propagation of A Single and Multiple Rock Indentation and Disc Cutting, Rock Mech. and Rock Eng., 17, pp.97-112.
- LUNDBERG, B., (1974), Penetration of Rock by Conical Indentors, Int. J. R. Mech. Min. Sci. & Geomech. Abstr., V.11, pp.209-214.
- MARTIN, J.W., MARTIN, T.J., BENNET, T.P., MARTIN, K.M., (1982), Surface Mining Equipment, Colorado.
- MAURER, W.C., (1965), Bit-Tooth Penetration Under Simulated Borehole Conditions, JPT, December, pp.1433-1442.
- MIRANDA, A.M., MENDES, F.M., (1983), Drillability and Drilling Methods, ISRM, Proc. of The Fifth Cong., Melbourne, V.2, pp.195-200.
- MILLER, M.H., SIKARSKIE, D.L., (1968), On The Penetration of Rock by Three-Dimensional Indentors, Int. J. R. Mech. Min. Sci., V.5, pp.375-398.
- MOORE, P.L., (1986), Drilling Practices Manuel, Second Edition, Oklahoma, USA.
- MORRIS, R.I., (1969), Rock Drillability Related to A Roller Cone Bit, SPE 2389, pp. 79-83.
- MÜFTÜOĞLU, Y. V., SCOBLE, M. J., (1985), Kömür Açık İşletmeciliğinde Kazılabilirliği Belirleme Yöntemleri, Türkiye Madencilik Bilimsel ve Teknik 9. Kongresi, s. 29-37.
- MÜFTÜOĞLU, Y. V., (1990), Sismik Hız İle Eklem Tipi Süreksizliklerin Saptanabilirliği, Kaya Mekaniği Bülteni, 4, s.19-36.
- NAAPURI, J., (1990), Surface Drilling and Blasting, Tamrock.
- NETER, J., WASSERMAN, W., WHITMORE, G.A., (1982), Applied Statistics, Second Edition, Printed by Allyn and Bacon Inc., London.
- OLOFSON, S., (1988), Applied Explosives Technology for Construction and Mining, Printed by Nora Boktryckeri AB, Sweden, 303p.
- ÖZDOĞAN, M., (1986), Kayalarda Delme ve Patlatma, Madencilik, Cilt. XXV, Sayı. 3, s. 41-48.

- PANDEY, A.K., JAIN, A.K., SIGNH, D.P., (1991), An Investigation into Rock Drilling, *Int. J. Surface Min. Reclamation*, 5, pp.135-141.
- PANG, S.S., GOLSMITH, W., HOOD, M., (1989), A Force-Indentation Model for Brittle Rocks, *Rock Mech. and Rock Eng.*, 22, pp.127-148.
- PANG, S.S., GOLDSMITH, W., (1990), Investigation of Crack Formation During Loading of Brittle Rock, *Rock Mech. and Rock Eng.*, 23, pp.53-63.
- PATHINKAR, A.G., MISRA, G.B., (1980), Drillability of Rocks in Percussive Drilling from 'Energy per Unit Volume' as Determined with A Microbit, *Mining Engineering*, September, pp.1407-1410.
- PAUL, B., SIKARSKIE, D.L., (1965), A Preliminary Theory of Static Penetration by A Rigid Wedge into A Brittle Material, *Seventh Symp. on Rock Mech., The Pennsylvania State Univ.*, pp.119-148.
- PEARSE, G., (1986), Blasthole Drills, *Mining Magazine*, December, pp.588-599.
- POOL, R.W., FARMER, I.W., (1980), Consistency and Repeatability of Schmidt Hammer Rebound Data During Field Testing, *Int. J. R. Mech. Min. Sci. & Geomech. Abstr.*, V.17, pp.167-171.
- PRAILLET, R., (1990), Blasthole Drilling, Rotary Drilling and The Four Kingdoms, *WME*, September, pp.20-22.
- PROTODYAKONOV, M. M., (1962), Mechanical Properties and Drillability of Rocks, *Fifth Symp. on Rock Mech., The Univ. of Minnesota*, May, pp. 103-107.
- RABIA, H., BROOK, N., (1980), An Empirical Equation for Drill Performance Prediction, *The State of The Art in Rock Mech., Proc. 21st US Symp. on Rock Mech., Univ. of Missouri-Rolla*, pp.103-111.
- RANMAN, K.E., (1985), A Model Describing Rock Cutting with Conical Pics, *Rock Mech. and Rock Eng.*, 18, pp.131-140.
- RAWLINGS, J.O., (1988), *Applied Regression Analysis, A Research Tool*, Wadsworth & Brook, Cole Advanced Books & Software.
- ROLLOW, A.G., (1962), Estimating Drillability in The Laboratory, *Fifth Symp. on Rock Mech., The Univ. of Minnesota*, May, pp.93-100.
- RUSTAN, A., (1992), Burden, Spacing and Borehole Diameter at Rock Blasting *Int. J. Surface Min. Reclamation*, 3, pp.107-110.
- SALGIR, H., (1993), Türkiye'de ve Dünyada Üretilen ve Kullanılan Patlayıcılar ve Kullanım Alanları, 1. Delme ve Patlatma Sempozyumu, 2-3 Aralık, Ankara, s.27-40.

- SCHMIDT, R.L., (1972), Drillability Studies-Percussive Drilling in The Field, BuMines, RI/7684, 20p.
- SCOBLE, M. J., MÜFTÜOĞLU, Y. V., (1984), Kömür Madenciliği Kayaç Kütle Sınıflandırması, Türkiye 4. Kömür Kongresi, Zonguldak, s. 147-157.
- S-OLSEN, R., BLINDHEIM, O.T., (1970), On The Drillability of Rocks by Percussive Drilling, ISRM, Proc. of The Second Cong., Beograd, V.3, 21-26 September, pp.65-70.
- SWAIN, M.V., LAWN, B.R., (1976), Indentation Fracture in Brittle Rocks and Glasses, Int. J. R. Mech. Min. Sci. & Geomech. Abstr., V.13, pp.311-319.
- ŞIŞMAN, H., ALTINTAŞ, M., ÖZTÜRK, İ., (1990), Kaya Mekanikinde Sismik Dalga Hızları İle Bazı Kayaç Parametreleri Arasındaki İlişkiler, 2. Ulusal Kaya Mekanik Sempozyumu, 5-7 Kasım, Ankara, s.221-237.
- TANDANAND, S., UNGER, H.F., (1975), Drillability Determination-Drillability Index for Percussion Drills, BuMines, RI/8073, 20p.
- TEALE, R., (1965), The Concept of Specific Energy in Rock Drilling, Int. J. R. Mech. Min. Sci., V.2, pp.57-73.
- THURO, K., SPAUN, G., (1996), Introducing The 'Desruction Work' as A New Rock Property of Toughness Referring to Drillability in Conventional Drill and Blast Tunnelling, Eurock'96, Prediction and Performance in Rock Mechanics, and Rock Engineering, V.2, 2-5 September, Torino, pp.707-713.
- TOSUN, S., (1992), Açık İşletmelerde Maliyete İlişkin Bazı Delme-Patlatma Parametrelerine Genel Bir Bakış, Madencilik, C.XXXI, No.4, s.5-11.
- ÜNVER, Ö., (1995), Uygulamalı İstatistik Yöntemler, Siyasal Kitabevi, 545s.
- WIJK, G., (1989), The Stamp Test for Rock Drillability Classification, Int. J. R. Mech. Min. Sci. & Geomech. Abstr., V.26, pp.37-44.
- WIJK, G., (1991), Rotary Drilling Prediction, Int. J. R. Mech. Min. Sci. & Geomech. Abstr., V.28, pp.35-42.



EKLER

Tablo A.1. Yerüstünden Darbeli Hidrolik Delicinin Pozantı / Kireçtaşı' nda Performans Formu.

Tarih: 30.04.1993		Delik Eğimi: 20°		
Yer: Pozantı		Delik Uzunluğu: 12 m		
Formasyon: Kireçtaşı		Matkap Markası: Rocbo		
Delici Markası: Böhler DTC 122 HC		Matkap Türü: Kabaralı		
Delici Kapı no: S 765		Matkap Çapı: 76 mm		
Delici Türü: Top Hammer		Baskı Basıncı: 60 bar		
Delici Motor Saati: 5871		Darbe Basıncı: 150 bar		
Tabanca Modeli/Gücü: HS464/14 kW		Döndürme Basıncı: 50 bar		
Tabanca Darbe Frekansı: 2520 darbe/dk		Hava Basıncı: 5-6 bar		
Delik No	Tij No	Net Delme Hızı (m/dk)	Ortalama Net Delme Hızı (m/dk)	Deligi Tamamlama Süresi (dk)
1	1	0.80	0.66	20.5
	2	0.80		
	3	0.55		
	4	0.51		
2	1	0.93	0.62	25
	2	0.55		
	3	0.60		
	4	0.40		
3	1	0.93	0.83	17.5
	2	0.90		
	3	1.03		
	4	0.45		
4	1	0.80	0.71	21.5
	2	1.03		
	3	0.55		
	4	0.45		
5	1	0.62	0.60	27
	2	0.65		
	3	0.60		
	4	0.51		
		Ortalama	0.68 ± 0.09	

Tablo A.2. Yerüstünden Darbeli Hidrolik Delicinin Pozantı / Kireçtaşı' nda Performans Formu.

Tarih: 1.05.1993		Delik Eğimi: 0°		
Yer: Pozantı		Delik Uzunluğu: 2 m		
Formasyon: Kireçtaşı		Matkap Markası: Rocbo		
Delici Markası: Atlas Copco ROC 722 HC-00		Matkap Türü: Kabaralı		
Delici Kapı no: S 634		Matkap Çapı: 76 mm		
Delici Türü: Top Hammer		Baskı Basıncı: 60 bar		
Delici Motor Saati: 9410		Darbe Basıncı: 110 bar		
Tabanca Modeli/Gücü: COP1238ME/15kW		Döndürme Basıncı: 60 bar		
Tabanca Darbe Frekansı: 3000 darbe/dk		Hava Basıncı: 4 bar		
Delik No	Tij No	Net Delme Hızı (m/dk)	Ortalama Net Delme Hızı (m/dk)	Deligi Tamamlama Süresi (dk)
1	1	0.61	0.61	4.0
2	1	0.91	0.91	2.5
3	1	0.78	0.78	3.0
4	1	0.68	0.68	3.5
5	1	0.60	0.60	4.0
		Ortalama	0.71 ± 0.13	

Tablo A.3. Yerüstünden Darbeli Hidrolik Delicinin Pozantı / Kireçtaşı' nda Performans Formu.

Tarih: 6.06.1993		Delik Eğimi: 0°		
Yer: Pozantı		Delik Uzunluğu: 2 m		
Formasyon: Kireçtaşı		Matkap Markası: Rocbo		
Delici Markası: A.Copco Roc 722 HC-00		Matkap Türü: Kabaralı		
Delici Kapı no: S 632		Matkap Çapı: 76 mm		
Delici Türü: Top Hammer		Baskı Basıncı: 60 bar		
Delici Motor Saati: 9577		Darbe Basıncı: 110 bar		
Tabanca Modeli/Gücü: COP1238ME/15kW		Döndürme Basıncı: 60 bar		
Tabanca Darbe Frekansı:3000 darbe/dk		Hava Basıncı: 4 bar		
Delik No	Tij No	Net Delme Hızı (m/dk)	Ortalama Net Delme Hızı (m/dk)	Deligi Tamamlama Süresi (dk)
1	1	0.67	0.67	3.0
2	1	0.80	0.80	2.5
3	1	1.00	1.00	2.0
4	1	1.00	1.00	2.0
5	1	0.80	0.80	2.5
6	1	0.67	0.67	3.0
7	1	1.00	1.00	2.0
8	1	0.67	0.67	3.0
		Ortalama	0.82 ± 0.15	

Tablo A.4. Yerüstünden Darbeli Hidrolik Delicinin Bahçe / Altere Kumtaşı' nda Performans Formu.

Tarih: 27.7.1993		Delik Eğimi: 20°		
Yer: Bahçe		Delik Uzunluğu: 3.2 m		
Formasyon: Altere Kumtaşı		Matkap Markası: Sandvik		
Delici Markası: Tamrock DHA 500 S		Matkap Türü: Kabaralı		
Delici Kapı no: 088-615		Matkap Çapı: 76 mm		
Delici Türü: Top Hammer		Baskı Basıncı: 70 bar		
Delici Motor Saati: 3022		Darbe Basıncı: 120 bar		
Tabanca Modeli/Gücü: HL500/15.5 kw		Döndürme Basıncı: 60 bar		
Tabanca Darbe Frekansı: 3600 darbe/dk		Hava Basıncı: 6 bar		
Delik No	Tij No	Net Delme Hızı (m/dk)	Ortalama Net Delme Hızı (m/dk)	Deligi Tamamlama Süresi (dk)
1	1	1.48	1.48	2.5
2	1	1.80	1.80	2.0
3	1	1.67	1.67	2.2
4	1	1.80	1.80	2.0
5	1	1.80	1.80	2.0
6	1	1.70	1.70	2.13
7	1	1.75	1.75	2.10
8	1	1.50	1.50	2.5
9	1	1.77	1.77	2.0
10	1	1.80	1.80	2.0
11	1	1.72	1.72	2.11
12	1	1.53	1.53	2.40
13	1	1.68	1.68	2.16
14	1	1.80	1.80	2.0
15	1	1.80	1.80	2.0
		Ortalama	1.70± 0.11	

Tablo A.5. Yerüstünden Darbeli Hidrolik Delicinin Bahçe / Altere Kumtaşı' nda Performans Formu.

Tarih: 27.7.1993		Delik Eğimi: 20°		
Yer: Bahçe		Delik Uzunluğu: 7 m		
Formasyon: Altere Kumtaşı		Matkap Markası: Sandvik		
Delici Markası: Tamrock DHA 500 S		Matkap Türü: Kabaralı		
Delici Kapı no: 088-615		Matkap Çapı: 76 mm		
Delici Türü: Top Hammer		Baskı Basıncı: 70 bar		
Delici Motor Saati: 3026		Darbe Basıncı: 120 bar		
Tabanca Modeli/Gücü: HL500 /15.5 kW		Döndürme Basıncı: 60 bar		
Tabanca Darbe Frekansı: 3600 darbe/dk		Hava Basıncı: 6 bar		
Delik No	Tij No	Net Delme Hızı (m/dk)	Ortalama Net Delme Hızı (m/dk)	Deligi Tamamlama Süresi (dk)
1	1	1.66	1.62	5.4
	2	1.58		
2	1	1.43	1.44	5.9
	2	1.46		
3	1	1.76	1.69	5.2
	2	1.63		
4	1	1.68	1.64	5.2
	2	1.61		
5	1	1.71	1.61	5.5
	2	1.51		
6	1	1.64	1.56	5.6
	2	1.48		
7	1	1.51	1.49	5.8
	2	1.46		
		Ortalama	1.58 ± 0.09	

Tablo A.6. Yerüstünden Darbeli Hidrolik Delicinin Bahçe / Kumtaşı-2' de Performans Formu.

Tarih: 27.07.1993		Delik Eğimi: 20°		
Yer: Bahçe		Delik Uzunluğu: 7 m		
Formasyon: Kumtaşı-2		Matkap Markası: Manley		
Delici Markası: Tamrock DHA 500S		Matkap Türü: Kabaralı		
Delici Kapı no: 088-606		Matkap Çapı: 76 mm		
Delici Türü: Top Hammer		Baskı Basıncı: 60 bar		
Delici Motor Saati: 8541		Darbe Basıncı: 100 bar		
Tabanca Modeli/Gücü: HL500/15.5 kW		Döndürme Basıncı: 50 bar		
Tabanca Darbe Frekansı: 3600 darbe/dk		Hava Basıncı: 6 bar		
Delik No	Tij No	Net Delme Hızı (m/dk)	Ortalama Net Delme Hızı (m/dk)	Delikli Tamamlama Süresi (dk)
1	1	0.70	0.55	13.0
	2	0.40		
2	1	0.64	0.58	12.4
	2	0.53		
3	1	0.95	0.70	11.0
	2	0.45		
4	1	0.71	0.67	11.5
	2	0.64		
5	1	0.75	0.77	10.0
	2	0.80		
6	1	0.90	0.80	9.2
	2	0.69		
7	1	0.69	0.62	12.0
	2	0.55		
8	1	0.76	0.54	13.1
	2	0.32		
		Ortalama	0.65 ± 0.9	

Tablo A.7. Yerüstünden Darbeli Hidrolik Delicinin Bahçe / Kumtaşı-1' de Performans Formu.

Tarih: 31.07.1993		Delik Eğimi: 10°		
Yer: Bahçe		Delik Uzunluğu: 7 m		
Formasyon: Kumtaşı-1		Matkap Markası: Manley		
Delici Markası: Tamrock DHA 500 S		Matkap Türü: Kabaralı		
Delici Kapı no: 088-605		Matkap Çapı: 76 mm		
Delici Türü: Top Hammer		Baskı Basıncı: 80 bar		
Delici Motor Saati: 7310		Darbe Basıncı: 100 bar		
Tabanca Modeli/Gücü: HL500 /15.5 kW		Döndürme Basıncı: 60 bar		
Tabanca Darbe Frekansı: 3600 darbe/dk		Hava Basıncı: 7 bar		
Delik No	Tij No	Net Delme Hızı (m/dk)	Ortalama Net Delme Hızı (m/dk)	Deligi Tamamlama Süresi (dk)
1	1	0.42	0.39	19.0
	2	0.36		
2	1	0.21	0.30	24.0
	2	0.39		
3	1	0.55	0.46	15.5
	2	0.47		
4	1	0.41	0.36	20.0
	2	0.30		
5	1	0.51	0.49	15.0
	2	0.46		
6	1	0.38	0.41	18.0
	2	0.45		
		Ortalama	0.40 ± 0.07	

Tablo A.8. Yerüstünden Darbeli Hidrolik Delicinin Bahçe / Dolomit' te Performans Formu.

Tarih: 31.07.1993		Delik Eğimi: 25°		
Yer: Bahçe		Delik Uzunluğu: 7 m		
Formasyon: Dolomit		Matkap Markası: Manley		
Delici Markası: Tamrock DHA 500S		Matkap Türü: Kabaralı		
Delici Kapı no: 088-606		Matkap Çapı: 76 mm		
Delici Türü: Top Hammer		Baskı Basıncı: 60 bar		
Delici Motor Saati: 8563		Darbe Basıncı: 100 bar		
Tabanca Modeli/Gücü: HL500/15.5kW		Döndürme Basıncı: 50 bar		
Tabanca Darbe Frekansı: 3600 darbe/dk		Hava Basıncı: 6 bar		
Delik No	Tij No	Net Delme Hızı (m/dk)	Ortalama Net Delme Hızı (m/dk)	Deligi Tamamlama Süresi (dk)
1	1	1.23	1.19	6.5
	2	1.15		
2	1	1.05	1.19	6.0
	2	1.33		
3	1	1.18	1.28	5.0
	2	1.39		
4	1	0.75	0.95	8.0
	2	1.15		
5	1	1.23	1.39	6.0
	2	1.55		
6	1	0.80	0.89	8.5
	2	0.98		
		Ortalama	1.15 ± 0.19	

Tablo A.9. Yerüstünden Darbeli Hidrolik Delicinin Bahçe / Dolomit' te Performans Formu.

Tarih: 5.08.1993		Delik Eğimi: 30°		
Yer: Bahçe		Delik Uzunluğu: 3 m		
Formasyon: Dolomit		Matkap Markası: Sandvik		
Delici Markası: Tamrock DHA 500S		Matkap Türü: Kabaralı		
Delici Kapı no: 088-607		Matkap Çapı: 76 mm		
Delici Türü: Top Hammer		Baskı Basıncı: 80 bar		
Delici Motor Saati: 8507		Darbe Basıncı: 130 bar		
Tabanca Modeli/Gücü: HL500 /15.5 kW		Döndürme Basıncı: 60 bar		
Tabanca Darbe Frekansı: 3600 darbe/dk		Hava Basıncı: 6 bar		
Delik No	Tij No	Net Delme Hızı (m/dk)	Ortalama Net Delme Hızı (m/dk)	Deligi Tamamlama Süresi (dk)
1	1	1.12	1.12	3.0
2	1	1.12	1.12	3.0
3	1	0.92	0.92	3.5
4	1	1.07	1.07	3.1
5	1	1.02	1.02	3.2
6	1	1.32	1.32	2.6
7	1	0.90	0.90	3.6
8	1	1.17	1.17	2.9
9	1	1.12	1.12	3.0
10	1	1.22	1.22	2.8
11	1	1.22	1.22	2.8
12	1	1.02	1.02	3.2
		Ortalama	1.10 ± 0.12	

Tablo A.10. Yerüstünden Darbeli Hidrolik Delicinin Bahçe / Dolomit' te Performans Formu.

Tarih: 31.07.1993		Delik Eğimi: 25°		
Yer: Bahçe		Delik Uzunluğu: 7 m		
Formasyon: Dolomit		Matkap Markası: Manley		
Delici Markası: Tamrock DHA 500S		Matkap Türü: Kabaralı		
Delici Kapı no: 088-615		Matkap Çapı: 76 mm		
Delici Türü: Top Hammer		Baskı Basıncı: 70 bar		
Delici Motor Saati: 3071		Darbe Basıncı: 120 bar		
Tabanca Modeli/Gücü: HL500 /15.5 Kw		Döndürme Basıncı: 60 bar		
Tabanca Darbe Frekansı: 3600 darbe/dk		Hava Basıncı: 6 bar		
Delik No	Tij No	Net Delme Hızı (m/dk)	Ortalama Net Delme Hızı (m/dk)	Deligi Tamamlama Süresi (dk)
1	1	1.55	1.37	5.5
	2	1.20		
2	1	0.92	0.93	8.0
	2	0.94		
3	1	1.52	1.01	7.5
	2	1.10		
4	1	1.10	1.01	7.0
	2	0.92		
5	1	1.22	1.19	6.7
	2	1.15		
6	1	1.01	1.03	8.0
	2	1.04		
7	1	1.09	1.02	7.5
	2	0.94		
Ortalama			1.08 ± 0.15	

Tablo A.11. Yerüstünden Darbeli Hidrolik Delicinin Erikli / Kireçtaşı' nda Performans Formu.

Tarih: 24.08.1993		Delik Eğimi: 20°		
Yer: Erikli		Delik Uzunluğu: 3 m		
Formasyon: Kireçtaşı		Matkap Markası: Manley		
Delici Markası: Tamrock DHA 500		Matkap Türü: Kabaralı		
Delici Kapı no: 088-602		Matkap Çapı: 76 mm		
Delici Türü: Top Hammer		Baskı Basıncı: 60 bar		
Delici Motor Saati: 6311		Darbe Basıncı: 100 bar		
Tabanca Modeli/Gücü: HL500/15.5 kW		Döndürme Basıncı: 65 bar		
Tabanca Darbe Frekansı: 3600 darbe/dk		Hava Basıncı: 6 bar		
Delik No	Tij No	Net Delme Hızı (m/dk)	Ortalama Net Delme Hızı (m/dk)	Deligi Tamamlama Süresi (dk)
1	1	1.1	1.1	3.0
2	1	1.3	1.3	2.5
3	1	1.1	1.1	3.0
4	1	1.3	1.3	2.5
5	1	1.3	1.3	2.5
		Ortalama	1.21 ± 0.11	

Tablo A.12. Yerüstünden Darbeli Hidrolik Delicinin Erikli / Kireçtaşı' nda Performans Formu.

Tarih: 24.08.1993		Delik Eğimi: 20°		
Yer: Erikli		Delik Uzunluğu: 3 m		
Formasyon: Kireçtaşı		Matkap Markası: Sandvik		
Delici Markası: Tamrock DHA 500		Matkap Türü: Kabaralı		
Delici Kapı no: 088-612		Matkap Çapı: 76 mm		
Delici Türü: Top Hammer		Baskı Basıncı: 60 bar		
Delici Motor Saati: 7809		Darbe Basıncı: 100 bar		
Tabanca Modeli/Gücü: HL500 /15.5 kW		Döndürme Basıncı: 60 bar		
Tabanca Darbe Frekansı: 3600 darbe/dk		Hava Basıncı: 6 bar		
Delik No	Tij No	Net Delme Hızı (m/dk)	Ortalama Net Delme Hızı (m/dk)	Deligi Tamamlama Süresi (dk)
1	1	1.2	1.2	2.5
2	1	0.9	0.9	3.5
3	1	1.0	1.0	3.0
4	1	1.0	1.0	3.0
5	1	1.2	1.2	2.5
6	1	1.2	1.2	2.5
		Ortalama	1.08 ± 0.13	

Tablo A.13. Yerüstünden Darbeli Hidrolik Delicinin Erikli / Kireçtaşı' nda Performans Formu.

Tarih: 24.08.1993		Delik Eğimi: 20°		
Yer: Erikli		Delik Uzunluğu: 10 m		
Formasyon: Kireçtaşı		Matkap Markası: Sandvik		
Delici Markası: Tamrock DHA 500		Matkap Türü: Kabaralı		
Delici Kapı no: 088-612		Matkap Çapı: 76 mm		
Delici Türü: Top Hammer		Baskı Basıncı: 60 bar		
Delici Motor Saati: 7809		Darbe Basıncı: 100 bar		
Tabanca Modeli/Gücü: HL500/15.5 kW		Döndürme Basıncı: 60 bar		
Tabanca Darbe Frekansı: 3600 darbe/dk		Hava Basıncı: 6 bar		
Delik No	Tij No	Net Delme Hızı (m/dk)	Ortalama Net Delme Hızı (m/dk)	Deligi Tamamlama Süresi (dk)
1	1	1.46	1.25	10.0
	2	1.14		
	3	1.16		
2	1	1.11	1.14	12.0
	2	1.26		
	3	1.06		
3	1	1.16	1.22	10.5
	2	1.31		
	3	1.21		
4	1	1.26	1.22	11.0
	2	1.31		
	3	1.10		
5	1	1.36	1.18	10.0
	2	1.03		
	3	1.16		
6	1	1.31	1.18	10.5
	2	1.16		
	3	1.08		
7	1	1.13	1.12	11.3
	2	1.21		
	3	1.01		
		Ortalama	1.19 ± 0.05	

Tablo A.14. Yerüstünden Darbeli Hidrolik Delicinin Erikli / Serpantin' de Performans Formu.

Tarih: 25.08.1993		Delik Eğimi: 0°		
Yer: Erikli		Delik Uzunluğu: 3.2 m		
Formasyon: Serpantin		Matkap Markası: Sandvik		
Delici Markası: Frukawa HCR9-S		Matkap Türü: Kabaralı		
Delici Kapı no: -		Matkap Çapı: 76 mm		
Delici Türü: Top Hammer		Baskı Basıncı: 30 kg/cm ²		
Delici Motor Saati: 1056		Darbe Basıncı: 100 kg/cm ²		
Tabanca Modeli/Gücü: HD609/11.5kW		Döndürme Basıncı: 60 kg/cm ²		
Tabanca Darbe Frekansı: 2350 darbe/dk		Hava Basıncı: 4 kg/cm ²		
Delik No	Tij No	Net Delme Hızı (m/dk)	Ortalama Net Delme Hızı (m/dk)	Deligi Tamamlama Süresi (dk)
1	1	1.10	1.10	1.8
2	1	0.84	0.84	2.2
3	1	0.96	0.96	2.0
4	1	0.88	0.88	2.1
5	1	0.96	0.96	2.0
		Ortalama	0.95 ± 0.09	

Tablo A.15. Yerüstünden Darbeli Hidrolik Delicinin Erikli / Serpantin' de Performans Formu.

Tarih: 25.08.1993		Delik Eğimi: 20°		
Yer: Erikli		Delik Uzunluğu: 7 m		
Formasyon: Serpantin		Matkap Markası: Sandvik		
Delici Markası: Frukawa HCR9-S		Matkap Türü: Kabaralı		
Delici Kapı no: -		Matkap Çapı: 76 mm		
Delici Türü: Top Hammer		Baskı Basıncı: 30 kg/cm ²		
Delici Motor Saati: 1059		Darbe Basıncı: 100 kg/cm ²		
Tabanca Modeli/Gücü: HD609/11.5kW		Döndürme Basıncı: 60 kg/cm ²		
Tabanca Darbe Frekansı: 2350 darbe/dk		Hava Basıncı: 5 kg/cm ²		
Delik No	Tij No	Net Delme Hızı (m/dk)	Ortalama Net Delme Hızı (m/dk)	Deligi Tamamlama Süresi (dk)
1	1	0.91	0.89	8.2
	2	0.86		
2	1	1.06	0.99	8.0
	2	0.93		
3	1	0.80	0.81	8.5
	2	0.81		
4	1	1.11	1.07	7.0
	2	1.03		
5	1	1.01	0.97	8.0
	2	0.94		
6	1	0.83	0.81	8.5
	2	0.79		
7	1	0.96	0.86	8.3
	2	0.77		
		Ortalama	0.91 ± 0.09	

Tablo A.16. Yerüstünden Darbeli Hidrolik Delicinin Erikli / Diyabaz' da Performans Formu.

Tarih: 05.09.1993		Delik Eğimi: 20°		
Yer: Erikli		Delik Uzunluğu: 7 m		
Formasyon: Diyabaz		Matkap Markası: Secoroc		
Delici Markası: Tamrock DHA500S		Matkap Türü: Kabaralı		
Delici Kapı no: -		Matkap Çapı: 76 mm		
Delici Türü: Top Hammer		Baskı Basıncı: 100 bar		
Delici Motor Saati: 6327		Darbe Basıncı: 120 bar		
Tabanca Modeli/Gücü: HL500 /15.5 kW		Döndürme Basıncı: Gösterge bozuk		
Tabanca Darbe Frekansı: 3600 darbe/dk		Hava Basıncı: 5 bar		
Delik No	Tij No	Net Delme Hızı (m/dk)	Ortalama Net Delme Hızı (m/dk)	Deligi Tamamlama Süresi (dk)
1	1	1.33	1.01	7.3
	2	0.70		
2	1	1.10	0.90	8.0
	2	0.70		
3	1	1.20	0.92	8.5
	2	0.65		
4	1	0.80	0.65	10.0
	2	0.50		
5	1	0.93	0.56	9.5
	2	0.60		
6	1	1.05	0.87	8.5
	2	0.70		
7	1	1.12	0.83	8.5
	2	0.55		
		Ortalama	0.85 ± 0.12	

Tablo A.17. Yerüstünden Darbeli Hidrolik Delicinin Erikli / Diyabaz' da Performans Formu.

Tarih: 05.09.1993		Delik Eğimi: 0°		
Yer: Erikli		Delik Uzunluğu: 7 m		
Formasyon: Diyabaz		Matkap Markası: Secoroc		
Delici Markası: Tamrock DHA500S		Matkap Türü: Kabaralı		
Delici Kapı no: -		Matkap Çapı: 76 mm		
Delici Türü: Top Hammer		Baskı Basıncı: 100 bar		
Delici Motor Saati: 6332		Darbe Basıncı: 120 bar		
Tabanca Modeli/Gücü: HL500 /15.5 kW		Döndürme Basıncı: Gösterge bozuk		
Tabanca Darbe Frekansı: 3600 darbe/dk		Hava Basıncı: 6 bar		
Delik No	Tij No	Net Delme Hızı (m/dk)	Ortalama Net Delme Hızı (m/dk)	Deligi Tamamlama Süresi (dk)
1	1	1.14	0.94	8.0
	2	0.74		
2	1	0.84	0.71	10.0
	2	0.59		
3	1	0.94	0.86	8.5
	2	0.79		
4	1	0.74	0.64	11.3
	2	0.54		
5	1	0.79	0.73	10.0
	2	0.49		
6	1	0.99	0.79	9.3
	2	0.59		
		Ortalama	0.78 ± 0.11	

Tablo A.18. Yerüstünden Darbeli Hidrolik Delicinin Erikli / Marn' da Performans Formu.

Tarih: 09.09.1993		Delik Eğimi: 20°		
Yer: Erikli		Delik Uzunluğu: 7 m		
Formasyon: Marn		Matkap Markası: Secoroc		
Delici Markası: Tamrock DHA 500S		Matkap Türü: Kabaralı		
Delici Kapı no: -		Matkap Çapı: 76 mm		
Delici Türü: Top Hammer		Baskı Basıncı: 75 bar		
Delici Motor Saati: 6388		Darbe Basıncı: 100 bar		
Tabanca Modeli/Gücü: HL500 /15.5 kW		Döndürme Basıncı: Gösterge bozuk		
Tabanca Darbe Frekansı: 3600 darbe/dk		Hava Basıncı: 6 bar		
Delik No	Tij No	Net Delme Hızı (m/dk)	Ortalama Net Delme Hızı (m/dk)	Deligi Tamamlama Süresi (dk)
1	1	1.48	1.40	6.4
	2	1.33		
2	1	1.42	1.40	6.6
	2	1.38		
3	1	1.43	1.35	6.5
	2	1.28		
4	1	1.58	1.51	5.6
	2	1.45		
5	1	1.57	1.46	5.9
	2	1.35		
6	1	1.35	1.36	6.3
	2	1.38		
		Ortalama	1.41 ± 0.06	

Tablo A.19. Yerüstünden Darbeli Hidrolik Delicinin Pozantı / Killi Kireçtaşı' nda Performans Formu.

Tarih: 30.04.1993		Delik Eğimi: 0° (dik)		
Yer: Pozantı		Delik Uzunluğu: 2 m		
Formasyon: Killi Kireçtaşı		Matkap Markası: Sandvik		
Delici Markası: Frukawa HCR9-S		Matkap Türü: Kabaralı		
Delici Kapı no: -		Matkap Çapı: 89 mm		
Delici Türü: Top Hammer		Baskı Basıncı: 10 kg/cm ²		
Delici Motor Saati:4984		Darbe Basıncı: 100 kg/cm ²		
Tabanca Modeli/Gücü:HD609/11.5kW		Döndürme Basıncı: 10 kg/cm ²		
Tabanca Darbe Frekansı: 2350 darbe/dk		Hava Basıncı: 5 kg/cm ²		
Delik No	Tij No	Net Delme Hızı (m/dk)	Ortalama Net Delme Hızı (m/dk)	Deligi Tamamlama Süresi (dk)
1	1	0.73	0.73	3.5
2	1	0.96	0.96	2.5
3	1	0.82	0.82	3.0
4	1	0.96	0.96	2.5
5	1	0.82	0.82	3.0
6	1	1.16	1.16	2.0
7	1	1.16	1.16	2.0
8	1	0.96	0.96	2.5
9	1	1.16	1.16	2.0
		Ortalama	0.97 ± 0.16	

Tablo A.20. Yerüstünden Darbeli Hidrolik Delicinin Pozantı / Killi Kireçtaşı' nda Performans Formu.

Tarih: 21.05.1993		Delik Eğimi: 35°		
Yer: Pozantı		Delik Uzunluğu: 13 m		
Formasyon: Killi Kireçtaşı		Matkap Markası: Sandvik		
Delici Markası: Böhler DTC 122 HC		Matkap Türü: Kabaralı		
Delici Kapı no: S 768		Matkap Çapı: 89 mm		
Delici Türü: Top Hammer		Baskı Basıncı: 60 bar		
Delici Motor Saati: 5318		Darbe Basıncı: 150 bar		
Tabanca Modeli/Gücü: HS464/14 kW		Döndürme Basıncı: 50 bar		
Tabanca Darbe Frekansı: 2520 darbe/dk		Hava Basıncı: 5-6 bar		
Delik No	Tij No	Net Delme Hızı (m/dk)	Ortalama Net Delme Hızı (m/dk)	Deligi Tamamlama Süresi (dk)
1	1	1.44	1.18	13.0
	2	1.22		
	3	1.12		
	4	0.95		
2	1	0.94	1.06	14.0
	2	0.92		
	3	1.22		
	4	1.15		
3	1	1.32	1.18	12.5
	2	1.17		
	3	1.22		
	4	1.04		
4	1	1.21	1.11	14.5
	2	1.22		
	3	1.07		
	4	0.96		
5	1	1.04	0.98	13.0
	2	0.97		
	3	1.02		
	4	0.92		
		Ortalama	1.10 ± 0.08	

Tablo A.21. Yerüstünden Darbeli Hidrolik Delicinin Pozantı / Killi Kireçtaşı' nda Performans Formu.

Tarih: 15.07.1993		Delik Eğimi: 20°		
Yer: Pozantı		Delik Uzunluğu: 5 m		
Formasyon: Killi Kireçtaşı		Matkap Markası: Sandvik		
Delici Markası: Böhler DTC 122 HC		Matkap Türü: Kabaralı		
Delici Kapı no: S 765		Matkap Çapı: 89 mm		
Delici Türü: Top Hammer		Baskı Basıncı: 60 bar		
Delici Motor Saati: 5940		Darbe Basıncı: 150 bar		
Tabanca Modeli/Gücü: HS464 /14 kW		Döndürme Basıncı: 50 bar		
Tabanca Darbe Frekansı: 2520 darbe/dk		Hava Basıncı: 5-6 bar		
Delik No	Tij No	Net Delme Hızı (m/dk)	Ortalama Net Delme Hızı (m/dk)	Deligi Tamamlama Süresi (dk)
1	1	1.20	1.05	4.5
	2	0.90		
2	1	1.40	1.20	5.0
	2	1.00		
3	1	1.40	1.10	5.0
	2	0.80		
4	1	1.50	1.30	5.5
	2	1.10		
5	1	1.40	1.20	4.0
	2	1.00		
		Ortalama	1.17 ± 0.09	

Tablo A.22. Yerüstünden Darbeli Hidrolik Delicinin Erikli / Marn' da Performans Formu.

Tarih: 09.09.1993		Delik Eğimi: 10°		
Yer: Erikli		Delik Uzunluğu: 7 m		
Formasyon: Marn		Matkap Markası: Secoroc		
Delici Markası: Tamrock DHA500S		Matkap Türü: Kabaralı		
Delici Kapı no: -		Matkap Çapı: 89 mm		
Delici Türü: Top Hammer		Baskı Basıncı: 75 bar		
Delici Motor Saati: 6381		Darbe Basıncı: 100 bar		
Tabanca Modeli/Gücü: HL600/15.5 kW		Döndürme Basıncı: Gösterge bozuk		
Tabanca Darbe Frekansı: 3200 darbe/dk		Hava Basıncı: 5 bar		
Delik No	Tij No	Net Delme Hızı (m/dk)	Ortalama Net Delme Hızı (m/dk)	Deligi Tamamlama Süresi (dk)
1	1	1.28	1.21	6.5
	2	1.15		
2	1	1.42	1.41	6.0
	2	1.40		
3	1	1.30	1.20	6.0
	2	1.10		
4	1	1.25	1.13	6.6
	2	1.00		
5	1	1.45	1.36	5.8
	2	1.27		
6	1	1.40	1.37	6.0
	2	1.34		
7	1	1.27	1.24	6.5
	2	1.22		
		Ortalama	1.27 ± 0.11	

Tablo A.23. Yerüstünden Darbeli Hidrolik Delicinin Yahyalı / Metakumtaşı' nda Performans Formu.

Tarih: 26.06.1995		Delik Eğimi: 20°		
Yer: Yahyalı		Delik Uzunluğu: 10 m		
Formasyon: Metakumtaşı		Matkap Markası: Sandvik		
Delici Markası: Tamrock DHA 600 S		Matkap Türü: Button		
Delici Kapı no: -		Matkap Çapı: 89 mm		
Delici Türü: Top Hammer		Baskı Basıncı: 60 bar		
Delici Motor Saati: 19226		Darbe Basıncı: 90 bar		
Tabanca Modeli/Gücü: HL600/17.5 kW		Döndürme Basıncı: 60 bar		
Tabanca Darbe Frekansı: 3200 darbe/dk		Hava Basıncı: 6 bar		
Delik No	Tij No	Net Delme Hızı (m/dk)	Ortalama Net Delme Hızı (m/dk)	Deligi Tamamlama Süresi (dk)
1	1	1.50	1.58	8
	2	1.80		
	3	1.44		
2	1	1.55	1.55	9
	2	1.70		
	3	1.40		
3	1	1.25	1.18	10
	2	1.30		
	3	1.00		
4	1	1.35	1.28	7.5
	2	1.30		
	3	1.20		
5	1	1.50	1.53	9
	2	1.75		
	3	1.35		
		Ortalama	1.42 ±0.18	

Tablo A.24. Yerüstünden Darbeli Hidrolik Delicinin Konya / Serpantin' de Performans Formu.

Tarih: 21.08.1995		Delik Eğimi: 0°		
Yer: Konya		Delik Uzunluğu: 3.2 m		
Formasyon: Serpantin		Matkap Markası: Rockbit		
Delici Markası: Tamrock DHA 600 S		Matkap Türü: Button		
Delici Kapı no: -		Matkap Çapı: 89 mm		
Delici Türü: Top Hammer		Baskı Basıncı: 100 bar		
Delici Motor Saati: 1911		Darbe Basıncı: 110 bar		
Tabanca Modeli/Gücü: HL600/17.5 kW		Döndürme Basıncı: 75 bar		
Tabanca Darbe Frekansı: 3200 darbe/dk		Hava Basıncı: 5 bar		
Delik No	Tij No	Net Delme Hızı (m/dk)	Ortalama Net Delme Hızı (m/dk)	Delici Tamamlama Süresi (dk)
1	1	1.09	1.10	7.4
	2	1.12		
2	1	1.21	1.16	7.7
	2	1.11		
3	1	1.06	1.07	7.2
	2	1.09		
4	1	1.18	1.15	7.7
	2	1.13		
5	1	1.17	1.13	7.6
	2	1.09		
		Ortalama	1.12 ± 0.04	

Tablo A. 25. Yerüstünden Darbeli Hidrolik Delicinin Pozantı / Kireçtaşı' nda Performans Formu.

Tarih: 24.04.1993		Delik Eğimi: 20°		
Yer: Pozantı		Delik Uzunluğu: 10 m		
Formasyon: Kireçtaşı		Matkap Markası: Rocbo		
Delici Markası: Böhler DTC 122 HC		Matkap Türü: Kabaralı		
Delici Kapı no: S 764		Matkap Çapı: 102 mm		
Delici Türü: Top Hammer		Baskı Basıncı: 60 bar		
Delici Motor Saati: 6172		Darbe Basıncı: 150 bar		
Tabanca Modeli/Gücü: HS464/14 kW		Döndürme Basıncı: 50 bar		
Tabanca Darbe Frekansı: 2520 darbe/dk		Hava Basıncı: 5-6 bar		
Delik No	Tij No	Net Delme Hızı (m/dk)	Ortalama Net Delme Hızı (m/dk)	Deligi Tamamlama Süresi (dk)
1	1	0.69	0.67	14.5
	2	0.70		
	3	0.62		
2	1	0.92	0.77	12
	2	0.70		
	3	0.70		
3	1	0.92	0.80	13.5
	2	0.70		
	3	0.80		
4	1	0.73	0.68	14
	2	0.60		
	3	0.70		
		Ortalama	0.73 ± 0.07	

Tablo A. 26. Yerüstünden Darbeli Hidrolik Delicinin Pozantı / Killi Kireçtaşı' nda Performans Formu.

Tarih: 22.5.1993		Delik Eğimi: 0°		
Yer: Pozantı		Delik Uzunluğu: 2 m		
Formasyon: Killi Kireçtaşı		Matkap Markası: Sandvik		
Delici Markası: Böhler DTC 122 HC		Matkap Türü: Kabaralı		
Delici Kapı no: S 765		Matkap Çapı: 102 mm		
Delici Türü: Top Hammer		Baskı Basıncı: 60 bar		
Delici Motor Saati: 5913		Darbe Basıncı: 150 bar		
Tabanca Modeli/Gücü: HS464/14kW		Döndürme Basıncı: 50 bar		
Tabanca Darbe Frekansı: 2520 darbe/dk		Hava Basıncı: 5-6 bar		
Delik No	Tij No	Net Delme Hızı (m/dk)	Ortalama Net Delme Hızı (m/dk)	Deligi Tamamlama Süresi (dk)
1	1	1.36	1.36	1.6
2	1	1.34	1.34	1.5
3	1	1.06	1.06	1.8
4	1	1.26	1.26	1.6
5	1	0.96	0.96	2.2
		Ortalama	1.20 ± 0.18	

Tablo A. 27. Yerüstünden Darbeli Hidrolik Delicinin Pozantı / Killi Kireçtaşı' nda Performans Formu.

Tarih: 22.5.1993		Delik Eğimi: 10°		
Yer: Pozantı		Delik Uzunluğu: 4.5 m		
Formasyon: Killi Kireçtaşı		Matkap Markası: Sandvik		
Delici Markası: Böhler DTC122HC		Matkap Türü: Kabaralı		
Delici Kapı no: S 765		Matkap Çapı: 102 mm		
Delici Türü: Top Hammer		Baskı Basıncı: 60 bar		
Delici Motor Saati: 5913		Darbe Basıncı: 150 bar		
Tabanca Modeli/Gücü: HS464/14 kW		Döndürme Basıncı: 50 bar		
Tabanca Darbe Frekansı: 2520 Darbe/dk		Hava Basıncı: 5-6 bar		
Delik No	Tij No	Net Delme Hızı (m/dk)	Ortalama Net Delme Hızı (m/dk)	Deligi Tamamlama Süresi (dk)
1	1	1.26	1.09	5.0
	2	0.91		
2	1	1.26	1.09	5.0
	2	0.91		
3	1	1.56	1.31	4.0
	2	1.06		
4	1	1.26	1.06	5.5
	2	0.86		
5	1	1.26	1.13	5.0
	2	1.01		
6	1	1.26	1.09	5.5
	2	0.91		
7	1	1.56	1.26	4.0
	2	0.96		
		Ortalama	1.15 ± 0.1	

Tablo A. 28. Yerüstünden Darbeli Hidrolik Delicinin Yahyalı / Hematit' de Performans Formu.

Tarih: 26.06.1995		Delik Eğimi: 20°		
Yer: Yahyalı		Delik Uzunluğu: 10 m		
Formasyon: Hematit		Matkap Markası: Sandvik		
Delici Markası: Tamrock CHA 1100		Matkap Türü: Button		
Delici Kapı no: -		Matkap Çapı: 102 mm		
Delici Türü: Top Hammer		Baskı Basıncı: 110 bar		
Delici Motor Saati: 2692		Darbe Basıncı: 100 bar		
Tabanca Modeli/Gücü: HL1000/25 kW		Döndürme Basıncı: 110 bar		
Tabanca Darbe Frekansı: 2040 darbe/dk		Hava Basıncı: 6 bar		
Delik No	Tij No	Net Delme Hızı (m/dk)	Ortalama Net Delme Hızı (m/dk)	Delici Tamamlama Süresi (dk)
1	1	1.78	0.98	13
	2	0.58		
	3	0.58		
2	1	1.28	0.69	21
	2	0.50		
	3	0.29		
3	1	0.63	0.61	18
	2	0.68		
	3	0.51		
4	1	1.38	0.93	12
	2	0.78		
	3	0.64		
5	1	0.78	0.66	16
	2	0.73		
	3	0.46		
6	1	0.60	0.62	19
	2	0.74		
	3	0.53		
		Ortalama	0.75 ± 0.16	

Tablo B. 1. Delik Dibinden Darbeli Delicinin Adana / Kireçtaşı' nda Performans Formu.

Tarih: 11.07.1995		Delik Eğimi: 20°		
Yer: Adana		Delik Uzunluğu: 10m		
Formasyon: Kireçtaşı		Matkap Markası: Gemsa		
Delici Markası: Gemsa HPV-32		Matkap Türü: Kabaralı		
Delici Kapı no: -		Matkap Çapı: 89 mm		
Delici Türü: Delik Dibinden Darbeli		Baskı Basıncı: 10-15 kg/cm ²		
Delici Motor Saati: -		İşletme Basıncı: 6 kg/cm ²		
Tabanca Modeli/Gücü: BR33		Döndürme Basıncı: 40 kg/cm ²		
Tabanca Darbe Frekansı: -		Hava Basıncı: 7 kg/cm ²		
Delik No	Tij No	Net Delme Hızı (m/dk)	Ortalama Net Delme Hızı (m/dk)	Delici Tamamlama Süresi (dk)
1	1	0.30	0.33	30
	2	0.33		
	3	0.37		
2	1	0.35	0.37	29
	2	0.39		
	3	0.37		
3	1	0.30	0.35	33
	2	0.37		
	3	0.37		
4	1	0.36	0.38	27
	2	0.40		
	3	0.39		
5	1	0.29	0.33	32
	2	0.33		
	3	0.36		
		Ortalama	0.35 ± 0.02	

Tablo B. 2. Delik Dibinden Darbeli Delicinin Misis / Kireçtaşı' nda Performans Formu.

Tarih: 13.07.1995		Delik Eğimi: 20°		
Yer: Misis		Delik Uzunluğu: 3 m		
Formasyon: Kireçtaşı		Matkap Markası: Gemsa		
Delici Markası: Gemsa Gemrok-32		Matkap Türü: Kabaralı		
Delici Kapı no: -		Matkap Çapı: 89 mm		
Delici Türü: Delik Dibinden Darbeli		Baskı Basıncı: 80 kg/cm ²		
Delici Motor Saati:		İşletme Basıncı: 6 kg/cm ²		
Tabanca Modeli/Gücü: BR33		Döndürme Basıncı: 60 kg/cm ²		
Tabanca Darbe Frekansı: -		Hava Basıncı: 5 kg/cm ²		
Delik No	Tij No	Net Delme Hızı (m/dk)	Ortalama Net Delme Hızı (m/dk)	Deligi Tamamlama Süresi (dk)
1	1	0.15	0.15	20
2	1	0.13	0.13	23
3	1	0.16	0.16	19
4	1	0.15	0.15	20
5	1	0.14	0.14	21
6	1	0.13	0.13	23
7	1	0.13	0.13	24
		Ortalama	0.14 ± 0.01	

Tablo B. 3. Delik Dibinden Darbeli Delicinin Tarsus / Dolomit' de Performans Formu.

Tarih: 16.08.1996		Delik Eğimi: 0°		
Yer: Tarsus		Delik Uzunluğu: 10m		
Formasyon: Dolomit		Matkap Markası: -		
Delici Markası: Gemsa HPV-32		Matkap Türü: Kabaralı		
Delici Kapı no: -		Matkap Çapı: 90 mm		
Delici Türü: Delik Dibinden Darbeli		Baskı Basıncı: 15 kg/cm ²		
Delici Motor Saati:		İşletme Basıncı: 7 kg/cm ²		
Tabanca Modeli/Gücü: BR33		Döndürme Basıncı: 50 kg/cm ²		
Tabanca Darbe Frekansı: -		Hava Basıncı: 7 kg/cm ²		
Delik No	Tij No	Net Delme Hızı (m/dk)	Ortalama Net Delme Hızı (m/dk)	Deligi Tamamlama Süresi (dk)
1	1	0.27	0.25	45
	2	0.26		
	3	0.22		
2	1	0.24	0.23	48
	2	0.20		
	3	0.26		
3	1	0.31	0.33	35
	2	0.33		
	3	0.35		
4	1	0.25	0.26	43
	2	0.25		
	3	0.27		
5	1	0.38	0.35	33
	2	0.36		
	3	0.32		
Ortalama			0.28± 0.05	

Tablo B. 4. Delik Dibinden Darbeli Delicinin Mersin / Kireçtaşı' da Performans Formu.

Tarih: 21.08.1996		Delik Eğimi: 0°		
Yer: Mersin		Delik Uzunluğu: 7m		
Formasyon: Kireçtaşı		Matkap Markası: -		
Delici Markası: Gemsa HPV-32		Matkap Türü: Kabaralı		
Delici Kapı no: -		Matkap Çapı: 90 mm		
Delici Türü: Delik Dibinden Darbeli		Baskı Basıncı: 12 kg/cm ²		
Delici Motor Saati:		İşletme Basıncı: 8 kg/cm ²		
Tabanca Modeli/Gücü: BR2		Döndürme Basıncı: 40 kg/cm ²		
Tabanca Darbe Frekanst: -		Hava Basıncı: 8 kg/cm ²		
Delik No	Tij No	Net Delme Hızı (m/dk)	Ortalama Net Delme Hızı (m/dk)	Delici Tamamlama Süresi (dk)
1	1	0.16	0.15	51
	2	0.14		
2	1	0.20	0.20	40
	2	0.20		
3	1	0.20	0.23	35
	2	0.26		
4	1	0.23	0.24	34
	2	0.24		
5	1	0.20	0.19	41
	2	0.18		
6	1	0.18	0.22	38
	2	0.24		
		Ortalama	0.20± 0.05	

Tablo B. 5. Delik Dibinden Darbeli Delicinin Ceyhan / Kireçtaşı' da Performans Formu.

Tarih: 29.08.1996		Delik Eğimi: 0°		
Yer: Ceyhan		Delik Uzunluğu: 5m		
Formasyon: Kireçtaşı		Matkap Markası: -		
Delici Markası: Gemsa HPV-42		Matkap Türü: Kabaralı		
Delici Kapı no: -		Matkap Çapı: 100 mm		
Delici Türü: Delik Dibinden Darbeli		Baskı Basıncı: 17 kg/cm ²		
Delici Motor Saati:		İşletme Basıncı: 6 kg/cm ²		
Tabanca Modeli/Gücü: BR1		Döndürme Basıncı: 50 kg/cm ²		
Tabanca Darbe Frekansı: -		Hava Basıncı: 7 kg/cm ²		
Delik No	Tij No	Net Delme Hızı (m/dk)	Ortalama Net Delme Hızı (m/dk)	Deligi Tamamlama Süresi (dk)
1	1	0.07	0.08	66
	2	0.08		
2	1	0.12	0.11	50
	2	0.10		
3	1	0.16	0.16	36
	2	0.16		
4	1	0.12	0.12	47
	2	0.11		
5	1	0.16	0.14	41
	2	0.12		
6	1	0.10	0.10	55
	2	0.09		
Ortalama			0.12± 0.03	

Tablo B. 6. Delik Dibinden Darbeli Delicinin Ceyhan / Çakıllı Kireçtaşı' nda Performans Formu.

Tarih: 29.08.1996		Delik Eğimi: 0°		
Yer: Ceyhan		Delik Uzunluğu: 5m		
Formasyon: Çakıllı Kireçtaşı		Matkap Markası: -		
Delici Markası: Gemsa HPV-42		Matkap Türü: Kabaralı		
Delici Kapı no: -		Matkap Çapı: 100 mm		
Delici Türü: Delik Dibinden Darbeli		Baskı Basıncı: 22 kg/cm ²		
Delici Motor Saati:		İşletme Basıncı: 5 kg/cm ²		
Tabanca Modeli/Gücü: BR1		Döndürme Basıncı: 45 kg/cm ²		
Tabanca Darbe Frekansı: -		Hava Basıncı: 6 kg/cm ²		
Delik No	Tij No	Net Delme Hızı (m/dk)	Ortalama Net Delme Hızı (m/dk)	Deligi Tamamlama Süresi (dk)
1	1	0.24	0.24	26
	2	0.23		
2	1	0.18	0.15	39
	2	0.12		
3	1	0.30	0.26	24
	2	0.22		
4	1	0.25	0.25	26
	2	0.25		
5	1	0.28	0.26	25
	2	0.24		
		Ortalama	0.23± 0.04	

Tablo B. 7. Delik Dibinden Darbeli Delicinin Yumurtalık / Kireçtaşı' nda Performans Formu.

Tarih: 5.09.1996		Delik Eğimi: 0°		
Yer: Yumurtalık		Delik Uzunluğu: 7m		
Formasyon: Kireçtaşı		Matkap Markası: -		
Delici Markası: Gemsa HPV-32		Matkap Türü: Kabaralı		
Delici Kapı no: -		Matkap Çapı: 90 mm		
Delici Türü: Delik Dibinden Darbeli		Baskı Basıncı: 20 kg/cm ²		
Delici Motor Saati:		İşletme Basıncı: 6 kg/cm ²		
Tabanca Modeli/Gücü: BR2		Döndürme Basıncı: 50 kg/cm ²		
Tabanca Darbe Frekansı: -		Hava Basıncı: 6 kg/cm ²		
Delik No	Tij No	Net Delme Hızı (m/dk)	Ortalama Net Delme Hızı (m/dk)	Deligi Tamamlama Süresi (dk)
1	1	0.17	0.15	52
	2	0.13		
2	1	0.19	0.20	39
	2	0.20		
3	1	0.18	0.18	45
	2	0.18		
4	1	0.20	0.19	43
	2	0.18		
5	1	0.22	0.22	35
	2	0.22		
6	1	0.17	0.17	48
	2	0.16		
Ortalama			0.18± 0.03	

Tablo C. 1. Döner Delicinin Soma-Işıklar / Marn' da Performans Formu.

Tarih: 23.03.1996		Matkap Çapı: 251mm		
Yer: Soma/Işıklar		Delik Uzunluğu: 15m		
Formasyon: Marn		Baskı Basıncı: 75-80kg/cm ²		
Delici Markası: Ing.Rand DM45		Baskı: 5935kg		
Delici Kapı no: 10		Döndürme Basıncı: 110kg/cm ²		
Delici Türü: Döner		Dönme: 120 dv/dk		
Matkap Türü: Üç Konili (TC dişli)		Hava Basıncı: 5 kg/cm ²		
Delik No	Tij No	Net Delme Hızı (m/dk)	Ortalama Net Delme Hızı (m/dk)	Deligi Tamamlama Süresi (dk)
1	1	1.00	1.04	16.0
	2	1.08		
2	1	0.74	0.84	18.0
	2	0.95		
3	1	1.00	0.97	16.5
	2	0.95		
4	1	0.87	0.90	17.5
	2	0.93		
5	1	0.78	0.94	17.0
	2	1.10		
		Ortalama	0.94 ± 0.07	

Tablo C. 2. Döner Delicinin Soma-Işıklar / Marn' da Performans Formu.

Tarih: 24.03.1996		Matkap Çapı: 251mm		
Yer: Soma/Işıklar		Delik Uzunluğu: 15m		
Formasyon: Marn		Baskı Basıncı: 75kg/cm ²		
Delici Markası: Reedrill SK-50-C		Baskı: 5744kg		
Delici Kapı no: 17		Döndürme Basıncı: 100kg/cm ²		
Delici Türü: Döner		Dönme: 119 dv/dk		
Matkap Türü: Üç Konili (TC dişli)		Hava Basıncı: 4 kg/cm ²		
Delik No	Tij No	Net Delme Hızı (m/dk)	Ortalama Net Delme Hızı (m/dk)	Deligi Tamamlama Süresi (dk)
1	1	0.83	0.66	14.0
	2	0.50		
2	1	0.70	0.62	12.0
	2	0.55		
3	1	0.90	0.83	11.5
	2	0.75		
4	1	0.82	0.68	13.0
	2	0.55		
5	1	0.60	0.63	14.0
	2	0.65		
6	1	0.78	0.69	14.5
	2	0.60		
7	1	0.80	0.76	11.0
	2	0.83		
Ortalama			0.69 ± 0.07	

Tablo C. 3. Döner Delicinin Soma-Işıklar / Marn' da Performans Formu.

Tarih: 25.03.1996		Matkap Çapı: 251mm		
Yer: Soma/Işıklar		Delik Uzunluğu: 15m		
Formasyon: Marn		Baskı Basıncı: 65kg/cm ²		
Delici Markası: Ing. Rand DM-50		Baskı: 4595kg		
Delici Kapı no: 13		Döndürme Basıncı: 100kg/cm ²		
Delici Türü: Döner		Dönme: 119 dv/dk		
Matkap Türü: Üç Konili (TC dişli)		Hava Basıncı: 5 kg/cm ²		
Delik No	Tij No	Net Delme Hızı (m/dk)	Ortalama Net Delme Hızı (m/dk)	Deligi Tamamlama Süresi (dk)
1	1	1.20	0.86	23.0
	2	0.76		
	3	0.62		
2	1	0.85	0.75	24.0
	2	0.76		
	3	0.65		
3	1	0.98	0.78	22.0
	2	0.65		
	3	0.70		
4	1	1.00	0.81	23.0
	2	0.80		
	3	0.63		
5	1	1.20	0.88	21.5
	2	1.00		
	3			
6	1	0.80	0.79	22.5
	2	0.85		
	3	0.73		
Ortalama			0.81 ± 0.05	

Tablo C.4. Döner Delicinin Soma-Işıklar / Marn' da Performans Formu.

Tarih: 25.03.1996		Matkap Çapı: 251mm		
Yer: Soma/Işıklar		Delik Uzunluğu: 15m		
Formasyon: Marn		Baskı Basıncı: 75-80cm ²		
Delici Markası: Re드릴 SK-50-T		Baskı: 5935kg		
Delici Kapı no: 8		Döndürme Basıncı: 100kg/cm ²		
Delici Türü: Döner		Dönme: 119 dv/dk		
Matkap Türü: Üç Konili (TC dişli)		Hava Basıncı: 6 kg/cm ²		
Delik No	Tij No	Net Delme Hızı (m/dk)	Ortalama Net Delme Hızı (m/dk)	Deligi Tamamlama Süresi (dk)
1	1	1.00	1.10	14.5
	2	1.17		
2	1	0.93	0.90	16.5
	2	0.95		
3	1	0.87	0.81	16.0
	2	0.75		
4	1	1.10	1.00	14.0
	2	0.90		
5	1	0.92	0.81	15.0
	2	0.70		
6	1	0.87	0.91	13.5
	2	0.95		
7	1	0.83	0.82	15.0
	2	0.80		
Ortalama			0.91 ± 0.1	

Tablo C. 5. Döner Delicinin Soma-Işıklar / Marn' da Performans Formu.

Tarih: 25.03.1996		Matkap Çapı: 251mm		
Yer: Soma/Işıklar		Delik Uzunluğu: 15m		
Formasyon: Marn		Baskı Basıncı: 70kg/cm ²		
Delici Markası: Ing. Rand DM-50		Baskı: 5361kg		
Delici Kapı no: 2		Döndürme Basıncı: 100kg/cm ²		
Delici Türü: Döner		Dönme: 119 dv/dk		
Matkap Türü: Üç Konili (TC dişli)		Hava Basıncı: 5 kg/cm ²		
Delik No	Tij No	Net Delme Hızı (m/dk)	Ortalama Net Delme Hızı (m/dk)	Deligi Tamamlama Süresi (dk)
1	1	0.58	0.70	23.0
	2	0.80		
2	1	0.87	0.97	16.0
	2	1.08		
3	1	0.74	0.77	20.0
	2	0.80		
4	1	1.00	0.92	17.0
	2	0.84		
5	1	0.92	0.83	18.5
	2	0.75		
6	1	0.67	0.70	21.0
	2	0.73		
		Ortalama	0.81 ± 0.1	

Tablo C. 6. Döner Delicinin Soma-Işıklar / Marn' da Performans Formu.

Tarih: 26.03.1996		Matkap Çapı: 251mm		
Yer: Soma/Işıklar		Delik Uzunluğu: 15m		
Formasyon: Marn		Baskı Basıncı: 70kg/cm ²		
Delici Markası: Ing. Rand DM-50		Baskı: 5361kg		
Delici Kapı no: 13		Döndürme Basıncı: 110kg/cm ²		
Delici Türü: Döner		Dönme: 120 dv/dk		
Matkap Türü: Üç Konili (TC dişli)		Hava Basıncı: 5 kg/cm ²		
Delik No	Tij No	Net Delme Hızı (m/dk)	Ortalama Net Delme Hızı (m/dk)	Deligi Tamamlama Süresi (dk)
1	1	0.96	0.83	21.0
	2	0.70		
2	1	0.77	0.93	19.0
	2	1.10		
3	1	0.87	0.83	20.0
	2	0.80		
4	1	1.00	0.96	18.5
	2	0.92		
5	1	0.78	0.76	21.5
	2	0.73		
6	1	0.89	0.90	18.0
	2	0.90		
		Ortalama	0.87 ± 0.07	

Tablo C. 7. Döner Delicinin Seyitömer / Marn' da Performans Formu.

Tarih: 27.07.1996		Matkap Çapı: 251mm		
Yer: Seyitömer		Delik Uzunluğu: 15m		
Formasyon: Marn		Baskı Basıncı: 80kg/cm ²		
Delici Markası: Ing. Rand DM-50		Baskı: 6127kg		
Delici Kapı no: 518		Döndürme Basıncı: 100kg/cm ²		
Delici Türü: Döner		Dönme: 119dv/dk		
Matkap Türü: Üç Konili (TC dişli)		Hava Basıncı: 4 kg/cm ²		
Delik No	Tij No	Net Delme Hızı (m/dk)	Ortalama Net Delme Hızı (m/dk)	Deligi Tamamlama Süresi (dk)
1	1	3.30	2.90	7.0
	2	2.53		
2	1	2.80	2.90	6.5
	2	3.00		
3	1	3.10	2.96	7.0
	2	2.82		
4	1	2.50	2.70	8.0
	2	2.90		
		Ortalama	2.86±0.11	

Tablo C. 8. Döner Delicinin Seyitömer / Marn' da Performans Formu.

Tarih: 28.07.1996		Matkap Çapı: 251mm		
Yer: Seyitömer		Delik Uzunluğu: 15m		
Formasyon: Marn		Baskı Basıncı: 60kg/cm ²		
Delici Markası: Ing. Rand DM-50		Baskı: 4595kg		
Delici Kapı no: 521		Döndürme Basıncı: 100kg/cm ²		
Delici Türü: Döner		Dönme: 119dv/dk		
Matkap Türü: Üç Konili (TC dişli)		Hava Basıncı: 4 kg/cm ²		
Delik No	Tij No	Net Delme Hızı (m/dk)	Ortalama Net Delme Hızı (m/dk)	Deligi Tamamlama Süresi (dk)
1	1	2.70	2.90	8.5
	2	2.53		
2	1	2.92	2.90	7.5
	2	2.75		
3	1	3.00	2.96	7.0
	2	2.65		
4	1	2.20	2.70	9.0
	2	2.69		
5	1	2.80	2.95	6.0
	2	3.10		
		Ortalama	2.73±0.2	

Tablo C. 9. Döner Delicinin Tunçbilek-36 Pano / Marn' da Performans Formu.

Tarih: 29.07.1996		Matkap Çapı: 251mm		
Yer: Tunçbilek/36 Pano		Delik Uzunluğu: 15m		
Formasyon: Marn		Baskı Basıncı: 40kg/cm ²		
Delici Markası: Reedrill SK-50T		Baskı: 3063kg		
Delici Kapı no: 533		Döndürme Basıncı: 110kg/cm ²		
Delici Türü: Döner		Dönme: 120dv/dk		
Matkap Türü: Üç Konili (TC dişli)		Hava Basıncı: 4 kg/cm ²		
Delik No	Tij No	Net Delme Hızı (m/dk)	Ortalama Net Delme Hızı (m/dk)	Deligi Tamamlama Süresi (dk)
1	1	1.80	1.76	9.5
	2	1.73		
2	1	2.88	2.30	8.5
	2	1.73		
3	1	2.10	2.17	9.0
	2	2.25		
4	1	1.95	1.97	9.5
	2	2.00		
		Ortalama	2.05±0.2	

Tablo C. 10. Döner Delicinin Tunçbilek-36 Pano / Marn' da Performans Formu.

Tarih: 29.07.1996		Matkap Çapı: 228mm		
Yer: Tunçbilek/36 Pano		Delik Uzunluğu: 15m		
Formasyon: Marn		Baskı Basıncı: 80kg/cm ²		
Delici Markası: Ing.Rand DM-50		Baskı: 5089kg		
Delici Kapı no: 522		Döndürme Basıncı: 100kg/cm ²		
Delici Türü: Döner		Dönme: 119dv/dk		
Matkap Türü: Üç Konili (TC dişli)		Hava Basıncı: 5 kg/cm ²		
Delik No	Tij No	Net Delme Hızı (m/dk)	Ortalama Net Delme Hızı (m/dk)	Deligi Tamamlama Süresi (dk)
1	1	1.30	1.43	12.0
	2	1.56		
2	1	1.44	1.69	12.5
	2	1.95		
3	1	1.83	1.71	9.5
	2	1.59		
4	1	1.71	1.66	11.0
	2	1.62		
5	1	2.05	1.84	11.0
	2	1.63		
		Ortalama	1.67±0.1	

Tablo C. 11. Döner Delicinin Tunçbilek-Beke / Marn' da Performans Formu.

Tarih: 30.07.1996		Matkap Çapı: 251mm		
Yer: Tunçbilek/Beke		Delik Uzunluğu: 15m		
Formasyon: Marn		Baskı Basıncı: 65kg/cm ²		
Delici Markası: Ing.Rand DM-45		Baskı: 4978kg		
Delici Kapı no: 528		Döndürme Basıncı: 100kg/cm ²		
Delici Türü: Döner		Dönme: 119dv/dk		
Matkap Türü: Üç Konili (TC dişli)		Hava Basıncı: 5 kg/cm ²		
Delik No	Tij No	Net Delme Hızı (m/dk)	Ortalama Net Delme Hızı (m/dk)	Deligi Tamamlama Süresi (dk)
1	1	2.06	1.66	10.0
	2	1.27		
2	1	1.80	1.59	10.5
	2	1.38		
3	1	2.25	1.81	10.5
	2	1.38		
4	1	1.63	1.92	9.0
	2	1.78		
5	1	1.90	1.70	11.0
	2	1.95		
		Ortalama	1.74±0.1	

Tablo C.12. Döner Delicinin Tunçbilek-Beke / Marn' da Performans Formu.

Tarih: 30.07.1996		Matkap Çapı: 251mm		
Yer: Tunçbilek/Beke		Delik Uzunluğu:15m		
Formasyon: Marn		Baskı Basıncı: 50kg/cm ²		
Delici Markası: Ing.Rand DM-50		Baskı: 3829kg		
Delici Kapı no: 524		Döndürme Basıncı: 100kg/cm ²		
Delici Türü: Döner		Dönme: 119dv/dk		
Matkap Türü: Üç Konili (TC dişli)		Hava Basıncı: 5 kg/cm ²		
Delik No	Tij No	Net Delme Hızı (m/dk)	Ortalama Net Delme Hızı (m/dk)	Deligi Tamamlama Süresi (dk)
1	1	1.20	1.15	14.0
	2	1.11		
2	1	1.31	1.30	12.5
	2	1.30		
3	1	1.45	1.39	12.0
	2	1.33		
4	1	1.19	1.28	15.0
	2	1.37		
5	1	1.50	1.43	13.0
	2	1.35		
		Ortalama	1.32±0.1	

Tablo C. 13. Döner Delicinin Orhaneli / Tüf' de Performans Formu.

Tarih: 31.7.1996		Matkap Çapı: 251mm		
Yer: Orhaneli		Delik Uzunluğu: 13m		
Formasyon: Tüf		Baskı Basıncı: 50kg/cm ²		
Delici Markası: Ing. Rand DM-50		Baskı: 3180kg		
Delici Kapı no: -		Döndürme Basıncı: 100kg/cm ²		
Delici Türü: Döner		Dönme: 119 dv/dk		
Matkap Türü: Üç Konili (TC dişli)		Hava Basıncı: 5 kg/cm ²		
Delik No	Tij No	Net Delme Hızı (m/dk)	Ortalama Net Delme Hızı (m/dk)	Deligi Tamamlama Süresi (dk)
1	1	2.12	1.93	9.5
	2	1.73		
2	1	2.06	1.96	12.5
	2	1.86		
3	1	1.80	1.81	10.0
	2	1.81		
4	1	2.00	1.95	10.0
	2	1.91		
5	1	1.95	1.83	9.5
	2	1.72		
6	1	1.75	1.77	12.0
	2	1.80		
		Ortalama	1.87 ± 0.08	

Tablo C. 14. Döner Delicinin Orhaneli / Tüf' de Performans Formu.

Tarih: 31.7.1996		Matkap Çapı: 251mm		
Yer: Orhaneli		Delik Uzunluğu: 13m		
Formasyon: Tüf		Baskı Basıncı: 50kg/cm ²		
Delici Markası: Reedrill SK-50T		Baskı: 3180kg		
Delici Kapı no: -		Döndürme Basıncı: 130kg/cm ²		
Delici Türü: Döner		Dönme: 122 dv/dk		
Matkap Türü: Üç Konili (TC dişli)		Hava Basıncı: 5 kg/cm ²		
Delik No	Tij No	Net Delme Hızı (m/dk)	Ortalama Net Delme Hızı (m/dk)	Deligi Tamamlama Süresi (dk)
1	1	1.69	1.70	11.5
	2	1.71		
2	1	1.89	1.87	12.0
	2	1.85		
3	1	2.17	2.09	8.5
	2	2.01		
4	1	1.83	1.89	11.0
	2	1.95		
5	1	1.83	1.94	12.5
	2	2.05		
Ortalama			1.90 ± 0.1	

Tablo C. 15. Döner Delicinin Orhaneli / Tüf' de Performans Formu.

Tarih: 31.7.1996		Matkap Çapı: 251mm		
Yer: Orhaneli		Delik Uzunluğu: 7.2m		
Formasyon: Tüf		Baskı Basıncı: 60kg/cm ²		
Delici Markası: Ing. Rand DM-50		Baskı: 4595kg		
Delici Kapı no: 02-404		Döndürme Basıncı: 60kg/cm ²		
Delici Türü: Döner		Dönme: 72dv/dk		
Matkap Türü: Üç Konili (TC dişli)		Hava Basıncı: 4 kg/cm ²		
Delik No	Tij No	Net Delme Hızı (m/dk)	Ortalama Net Delme Hızı (m/dk)	Deligi Tamamlama Süresi (dk)
1	1	0.80	0.80	9.0
2	1	0.96	0.96	7.5
3	1	1.03	1.03	7.0
4	1	0.89	0.89	8.0
5	1	1.10	1.10	6.5
6	1	0.83	0.83	8.5
		Ortalama	0.94 ± 0.1	

Tablo C. 16. Döner Delicinin Pozantı / Killi Kireçtaşı' nda Performans Formu.

Tarih: 22.05.1996		Matkap Çapı: 165mm		
Yer: Pozantı		Delik Uzunluğu: 11m/5m		
Formasyon: Killi Kireçtaşı		Baskı Basıncı: 120kg/cm ²		
Delici Markası: Ing.Rand DM30		Baskı: 3981kg		
Delici Kapı no: -		Döndürme Basıncı: 65kg/cm ²		
Delici Türü: Döner		Dönme: 62 dv/dk		
Matkap Türü: Üç Konili (TC dişli)		Hava Basıncı: 6kg/cm ²		
Delik No	Tij No	Net Delme Hızı (m/dk)	Ortalama Net Delme Hızı (m/dk)	Deligi Tamamlama Süresi (dk)
1	1	0.80	0.67	17
	2	0.54		
2	1	0.73	0.64	18.5
	2	0.54		
3	1	0.80	0.83	15
	2	0.85		
4	1	1.67	1.67	3
5	1	1.43	1.43	3.5
6	1	1.43	1.43	3.5
7	1	1.25	1.25	4
8	1	1.25	1.43	3.5
		Ortalama	1.17 ± 0.40	

Tablo C. 17. Döner Delicinin Emet / Kumtaşı' nda Performans Formu.

Tarih: 30.7.1996		Matkap Çapı: 165mm		
Yer: Emet		Delik Uzunluğu:7.5m		
Formasyon:Kumtaşı		Baskı Basıncı: 45kg/cm ²		
Delici Markası: Ing. Rand DM-30		Baskı: 1493kg		
Delici Kapı no: -		Döndürme Basıncı: 60kg/cm ²		
Delici Türü: Döner		Dönme: 72dv/dk		
Matkap Türü: Üç Konili (TC dişli)		Hava Basıncı: 4 kg/cm ²		
Delik No	Tij No	Net Delme Hızı (m/dk)	Ortalama Net Delme Hızı (m/dk)	Deligi Tamamlama Süresi (dk)
1	1	0.37	0.37	21.0
2	1	0.53	0.53	20.5
3	1	0.40	0.40	22.0
4	1	0.35	0.35	21.5
5	1	0.36	0.36	23.0
6	1	0.41	0.41	19.5
7	1	0.46	0.46	20.0
		Ortalama	0.41 ± 0.06	

Tablo C. 18. Döner Delicinin Emet / Kireçtaşı' nda Performans Formu.

Tarih: 30.7.1996		Matkap Çapı: 165mm		
Yer: Emet		Delik Uzunluğu:7.5m		
Formasyon:Kireçtaşı		Baskı Basıncı: 25kg/cm ²		
Delici Markası: Ing. Rand DM-25		Baskı: 829kg		
Delici Kapı no: -		Döndürme Basıncı: 65kg/cm ²		
Delici Türü: Döner		Dönme: 75dv/dk		
Matkap Türü: Üç Konili (TC dişli)		Hava Basıncı: 5 kg/cm ²		
Delik No	Tij No	Net Delme Hızı (m/dk)	Ortalama Net Delme Hızı (m/dk)	Deligi Tamamlama Süresi (dk)
1	1	0.17	0.17	41.0
2	1	0.21	0.21	57.0
3	1	0.23	0.23	46.5
4	1	0.18	0.18	49.0
5	1	0.16	0.16	43.0
6	1	0.24	0.24	35.5
7	1	0.20	0.20	38.0
		Ortalama	0.20± 0.04	

Tablo D.1. Tek Eksenli Basınç Dayanımı Deney Sonuçları.

Tarih	Yer	Formasyon	Basınç Dayanımı (kg/cm ²)	Ortalama ± S.S
05.06.1994	Bahçe	Dolomit	688.9, 701.0, 681.3, 706.5, 538.8, 735.4, 715.6, 671.3	679.8 ± 60.4
05.06.1994	Erikli	Kireçtaşı	506.3, 546.2, 482.4, 453.7, 537.4, 499.6, 518.3, 523.0	513.4 ± 22.0
05.06.1994	Bahçe	Kumtaşı-1	1502.3, 1473.3, 1510.1, 1486.8, 1471.6, 1497.6, 1500.5	1491.7 ± 14.8
05.06.1994	Erikli	Marn	388.9, 396.5, 401.2, 397.6, 384.8, 390.3, 404.5, 395.4	394.9 ± 6.5
05.06.1994	Erikli	Diyabaz	1160.5, 1100.3, 1169.6, 1096.9, 997.8, 1085.3, 1155.3	1109.4 ± 60.0
05.06.1994	Bahçe	Kumtaşı-2	451.3, 456.1, 415.3, 497.6, 460.3, 446.2, 439.8, 449.3	452.0 ± 23.0
05.06.1994	Bahçe	Altere Kumtaşı	205.3, 185.7, 211.6, 200.3, 196.3, 207.8	201.2 ± 9.3
05.06.1994	Erikli	Serpantin	683.8, 711.5, 659.7, 723.8, 699.3, 671.5, 688.3	691.1 ± 22.3
05.06.1994	Pozantı	Kireçtaşı	1196.2, 1250.0, 1243.0, 1206.3, 1298.2, 1220.5, 1287.3, 1206.2	1238 ± 38.3
05.06.1994	Pozantı	Killi kireçtaşı	450.7, 427.3, 471.7, 436.9, 465.8, 452.7	450.8 ± 16.8
16.08.1995	Yahyalı	Hematit	631.1, 552.0, 653.8, 615.2, 623.3, 639.7	618 ± 35
16.08.1995	Yahyalı	Metakumtaşı	261.3, 243.7, 249.1, 266.6, 258.9, 261.4	256.8 ± 8.6
16.08.1995	Konya	Serpantin	549.7, 549.7, 576.3, 496.7, 537.8, 550.0, 541.1	543.0 ± 23.9
16.08.1995	Darıca	Dolomit	1870.3, 2003.7, 1799.3, 1906.7, 1915.3, 1893.1	1898.1 ± 66.4
16.08.1995	Darıca	Kireçtaşı	719.3, 693.6, 700.5, 713.5, 698.6, 708.4	705.6 ± 9.8
16.08.1995	Adana	Kireçtaşı	157.9, 160.2, 148.7, 152.5, 163.7, 160.1, 155.2	156.9 ± 5.1
16.08.1995	Misis	Kireçtaşı	837.4, 842.1, 876.3, 816.7, 851.5, 866.9, 871.7	851.8 ± 21.4
06.08.1996	Soma	Marn	650.3, 637.8, 661.2, 652.7, 643.9, 650.3	649.4 ± 7.9
06.08.1996	Seyitömer	Marn	122.5, 111.7, 110.8, 115.1, 108.7	113.8 ± 5.4
06.08.1996	Tunçbilek	Marn	232.2, 204.5, 198.7, 213.9, 221.6, 215.6	214.4 ± 11.6
06.08.1996	Tunçbilek	Marn	137.8, 123.9, 130.1, 149.6, 133.3	134.9 ± 9.6
06.08.1996	Orhaneli	Tüf	103.2, 95.6, 100.5, 93.8, 105.7	100.6 ± 6.3
06.08.1996	Emet	Kumtaşı	691.2, 709.9, 721.3, 701.6, 700.8	704.9 ± 11.3
06.08.1996	Emet	Kireçtaşı	386.2, 463.1, 422.8, 403.6, 419.7, 430.0	420.9 ± 25.9
17.08.1996	Tarsus	Dolomit	975.3, 945.9, 970.6, 951.7, 960.3, 969, 971.5	963 ± 11.1
17.08.1996	Mersin	Kireçtaşı	536.7, 405.6, 421.3, 543.8, 526.7, 513.5, 530.0, 516.5	499.3 ± 54
17.08.1996	Ceyhan	Kireçtaşı	746.0, 753.8, 771.5, 769.8, 756.3, 770.6, 761.5	761.3 ± 9.8
17.08.1996	Ceyhan	Çakıllı kireçtaşı	355.0, 369.5, 350.3, 361.8, 365.7, 357.6, 370.4, 363.8	361.8 ± 7.1
17.08.1996	Yumurtalık	Kireçtaşı	674.2, 686.3, 695.7, 675.7, 689.5, 690.6, 676.8, 685.0	684.2 ± 7.9

Tablo E.1. Çekme Dayanımı Deney Sonuçları.

Tarih	Yer	Formasyon	Çekme Dayanımı (kg/cm ²)	Ortalama ±S.S
06.06.1994	Bahçe	Dolomit	47.3, 75.1, 48, 48.3, 75.8, 57, 71.4, 61.2,	60.5 ± 12.3
06.06.1994	Erikli	Kireçtaşı	55.1, 66.3, 56.7, 82.0, 87.0, 70.8	69.6 ± 13.6
06.06.1994	Bahçe	Kumtaşı-1	147.3, 165.8, 165.0, 164, 170.6, 155.7	161.4 ± 8.4
06.06.1994	Erikli	Marn	57.0, 49.6, 42.9, 51.0, 55.0, 55.4	51.8 ± 5.2
06.06.1994	Erikli	Diyabaz	97.3, 108.8, 103.1, 91.6, 87.4, 113.4, 105.0	101.0 ± 9.1
06.06.1994	Bahçe	Kumtaşı-2	66.3, 39.5, 52.0, 72.6, 82.2, 40.2, 54.0	58.2 ± 16.3
06.06.1994	Bahçe	Altere Kumtaşı	8.0, 11.1, 18.7, 9.5, 10, 12.8	11.7 ± 4.6
06.06.1994	Erikli	Serpantin	69.0, 60.3, 93.6, 66.0, 75.8, 85.2	75.0 ± 12.7
06.06.1994	Pozantı	Kireçtaşı	82.3, 79.6, 53.5, 52.0, 59.6, 64.4, 73.0	66.3 ± 12.1
06.06.1994	Pozantı	Killi kireçtaşı	59.5, 48.7, 66.1, 63.6, 60.9, 61.9	60.1 ± 6.0
18.08.1995	Yahyalı	Hematit	60.0, 72.0, 57.0, 72.0, 65.0, 61.0, 75.0	66.0 ± 7.0
18.08.1995	Yahyalı	Metakumtaşı	73.0, 66.3, 48.0, 57.0, 51.0, 50.0, 60.0	57.9 ± 9.2
18.08.1995	Konya	Serpantin	99.0, 120.0, 105.0, 126.0, 138.0, 111.0, 123.0	117.4 ± 13.3
18.08.1995	Darıca	Dolomit	78.0, 100.6, 114.0, 111.0, 99.0, 96.0, 85.0, 115.0	99.8 ± 13.0
18.08.1995	Darıca	Kireçtaşı	60.0, 51.0, 63.0, 54.0, 48.0, 49.5, 57.0	54.6 ± 5.6
18.08.1995	Adana	Kireçtaşı	9.0, 6.6, 7.5, 6.0, 6.0, 9.0, 10.8, 16.8, 12.6, 6.0	9.0 ± 3.5
18.08.1995	Misis	Kireçtaşı	90.0, 99.0, 96.0, 109.0, 81.0, 79.0, 86.3	91.5 ± 10.1
07.08.1996	Soma	Marn	42.4, 40.0, 46.0, 46.6, 43.0, 43.8, 45.0, 42.1	43.6 ± 2.2
07.08.1996	Seyitömer	Marn	10.3, 8.9, 12.1, 9.6, 9.8, 10.0, 11.0	10.2 ± 1.0
07.08.1996	Tunçbilek	Marn	23.2, 19.6, 21.0, 21.6, 23.9, 22.7, 23.0	22.1 ± 1.5
07.08.1996	Tunçbilek	Marn	16.3, 15.0, 15.1, 13.7, 14.2, 14.0, 15.7, 13.0	14.6 ± 1.1
07.08.1996	Orhaneli	Tüf	8.7, 10.5, 11.5, 7.9, 7.0, 11.0, 9.6, 8.0	9.3 ± 1.6
07.08.1996	Emet	Kumtaşı	55.2, 47.4, 59.9, 54.3, 50.1, 61.8	54.8 ± 5.3
07.08.1996	Emet	Kireçtaşı	63.0, 63.6, 60.6, 48.0, 57.5, 64.7	59.6 ± 6.5
20.08.1996	Tarsus	Dolomit	110.3, 98.7, 108.6, 105.3, 110.0, 107.9, 104.6, 108.0	106.7 ± 3.8
20.08.1996	Mersin	Kireçtaşı	38.7, 45.6, 36.3, 40.7, 41.9, 37.6, 40.0	40.1 ± 3.1
20.08.1996	Ceyhan	Kireçtaşı	73.7, 70.8, 79.3, 75.0, 77.1, 72.6, 78.0, 74.9	75.2 ± 2.8
20.08.1996	Ceyhan	Çakıllı kireçtaşı	23.5, 29.6, 28.7, 26.3, 24.7, 30.9, 26.0, 27.3	27.1 ± 2.5
20.08.1996	Yumurtalık	Kireçtaşı	76.7, 68.3, 79.6, 70.3, 75.0, 77.0, 72.5, 78.2, 78.6	75.1 ± 3.9

Tablo F.1. Schmidt Çekici Deney Sonuçları.

Tarih	Yer	Formasyon	Ölçümler	Schmidt Değeri	Ortalama
5.8.1993	Bahçe	Dolomit	43,47,50,56,57,57,58,59,60,60,60,60 45,49,50,52,55,56,56,57,57,56,57 46,50,49,53,57,59,60,61,61,60,61,61	60 57 61	59
24.8.1993	Erikli	Kireçtaşı	44,45,45,47,48,48,47,54,54,55,55,56,55,54 40,41,42,45,46,49,51,53,54,55,55,55,55 44,47,48,48,49,50,51,52,52,53,54,54,54,54	55 55 54	55
30.7.1993	Bahçe	Kumtaşı-1	54,59,59,62,63,69,70,71,71,70,70,70 60,64,66,67,65,67,69,70,71,71,71,71 58,61,63,65,66,68,70,69,70,70,70,69	70 71 70	70
15.9.1993	Erikli	Marn	33,37,39,38,44,46,49,48,51,53,54,55,57,57,57 29,35,41,44,49,48,53,53,55,58,58,57,58,57,57 35,40,43,47,44,48,49,52,53,55,55,54,54,54	57 57 54	56
27.8.1993	Erikli	Diyabaz	52,55,57,58,60,61,62,63,64,64,63,64,64 55,59,60,61,62,63,65,65,65,64,65 69,62,63,62,63,64,64,63,62,63,63	64 65 63	64
27.7.1993	Bahçe	Kumtaşı-2	40,43,42,43,47,48,49,51,50,50,51,50,50 36,40,43,47,49,52,53,54,56,56,55,56,56 42,44,45,47,46,47,49,49,51,52,52,52,51	50 56 52	53
7.8.1993	Bahçe	Altere Kumtaşı	27,30,32,33,33,34,35,36,36,36,36 29,31,31,30,32,33,35,35,34,35,35 26,27,30,32,32,33,35,36,35,36,36,36	36 35 36	36
25.8.1993	Erikli	Serpantin	48,49,49,51,54,56,57,59,60,59,62,62,63,62,61 48,50,50,53,55,56,59,59,60,59,59,58 43,47,49,55,58,61,62,63,64,64,64,64,64	62 59 64	62
24.4.1993	Pozantı	Kireçtaşı	58,60,60,61,62,62,62,62,62,62 55,56,56,58,59,60,60,61,61,61,61 56,59,59,60,60,60,60,60,59,60	62 61 60	61
24.4.1993	Pozantı	Killi kireçtaşı	49,52,55,56,57,59,60,60,59,60,60,60 52,55,56,57,56,57,58,58,56,58,58,58 50,51,52,54,57,58,58,58,58,58,58	60 58 58	58
26.6.1995	Yahyalı	Hematit	32,34,38,39,41,40,43,44,46,47,48,48,48 29,35,37,39,40,39,42,43,45,46,45,46,46,46 33,39,41,44,43,45,47,48,49,49,49,49 22,29,32,34,36,37,39,39,41,42,41,42,42	48 46 49 42	46
26.6.1995	Yahyalı	Metakumtaşı	56,57,58,58,58,58,58,58,58 51,52,53,52,53,54,56,55,56,56,56,56 38,40,42,44,43,45,46,48,48,48,48 46,49,50,51,51,53,54,54,55,54,54,54,53	58 56 48 54	
21.8.1995	Konya	Serpantin	61,62,63,62,58,64,63,64,64,64,64 60,60,59,61,62,63,62,63,63,63 46,55,56,56,57,57,57,57,57,57 48,50,51,52,53,54,54,55,54,54,54	64 63 57 54	59
19.7.1996	Darıca	Dolomit	47,49,51,52,52,53,55,55,56,56,56,56 43,46,44,47,49,48,48,50,52,53,53,53,53 50,54,55,56,57,57,58,58,58,58,58	56 53 58	56

Tablo F. 1 'den devam

19.7.1996	Darıca	Kireçtaşı	29,34,36,37,35,37,38,39,41,43,44,45,45,45,45 35,39,43,41,43,44,46,47,48,49,49,49,49 40,41,41,42,43,45,46,46,48,48,48,48,48 35,41,43,45,47,48,48,49,50,51,50,50,50,50	45 49 48 50	48
11.7.1995	Adana	Kireçtaşı	25,30,38,39,41,43,44,44,43,42,42 23,34,38,39,41,40,42,44,44,44,44,43 26,30,32,34,33,35,37,39,40,40,40,40,40	43 44 40	42
13.7.1995	Misis	Kireçtaşı	46,64,65,67,66,68,70,70,71,72,72,72,72 58,63,64,66,65,66,67,69,69,69,70,69 63,65,66,67,68,68,68,68,68,68	72 69 68	69
23.3.1996	Soma	Marn	56,56,58,60,60,60,60,60,60 60,61,61,62,62,63,63,63,63,62 49,49,50,51,53,55,56,57,58,58,58,58 56,58,59,59,60,60,60,60,60,60	60 63 58 60	60
27.7.1996	Seyitömer	Marn	28,35,36,40,41,41,42,42,42,42 32,39,43,45,46,45,45,45,45 28,37,37,38,37,37,37,36	42 45 37	41
19.7.1996	Tunçbilek	Marn	43,45,48,46,46,48,50,50,51,51,51,51 42,50,52,53,53,54,54,54,54,54 38,46,43,45,48,48,48,50,51,53,53,53	51 54 53	53
30.7.1996	Tunçbilek	Marn	48,52,52,52,55,56,56,56,56 43,49,52,49,49,50,49,49,49,49 36,44,46,48,48,48,48,50,51,50,51,51,51	56 49 51	52
31.7.1996	Orhaneli	Tüf	30,35,35,37,39,41,41,43,44,44,44,44 26,29,30,30,31,32,33,35,35,35,35 32,33,35,35,34,34,34,34,34 19,25,24,27,28,30,33,32,35,36,36,36,36 18,20,21,22,22,23,24,24,26,28,29,29,29	44 35 34 36 29	35
30.7.1996	Emet	Kumtaşı	32,35,36,35,38,38,40,40,40,40 26,27,30,32,0,34,36,36,35,36,36 23,28,30,28,31,34,36,37,39,39,39,38 28,32,35,33,34,36,36,37,36,37,37,37	40 36 39 37	38
30.7.1996	Emet	Kireçtaşı	35,41,45,46,49,53,51,54,55,55,54,55,55 45,46,49,51,52,50,53,54,56,56,56,56 51,56,56,57,58,57,59,60,62,62,62,62 48,52,53,50,51,53,55,56,58,57,58,58,58	55 56 62 58	58
05.05.1996	Tarsus	Dolomit	51,53,54,53,54,54,55,55,55,55,55 48,49,49,51,52,53,55,55,56,56,56,56 50,53,54,54,55,55,55,54,55,55,55	55 56 55	55
21.05.1996	Mersin	Kireçtaşı	38,44,45,44,45,47,48,48,50,50,50,50 35,40,42,46,44,47,49,49,49,49,48 41,46,48,49,50,50,52,52,52,52,52 45,47,49,46,48,49,50,52,53,53,53,53	50 49 52 53	51
09.06.1996	Ceyhan	Kireçtaşı	42,48,51,53,54,56,56,56,56,56 45,52,53,55,53,55,56,57,57,57,57 50,53,54,56,57,59,60,60,60,60,60 49,55,56,56,57,57,57,57,57,57	56 57 60 57	58
15.06.1996	Ceyhan	Çakıllı kireçtaşı	30,37,39,43,44,46,46,45,46,46,46 33,41,44,45,46,47,48,48,48,48,47 35,39,40,41,43,44,46,46,46,46,46	46 48 46	47
29.06.1996	Yumurtalık	Kireçtaşı	37,41,44,47,48,40,50,50,50,50,50 43,46,47,48,49,48,49,50,50,50,50,50 46,49,52,52,53,53,54,53,53,53 38,43,45,44,47,48,46,48,48,48,48	50 50 53 48	50

Tablo G.1. Darbe Dayanımı Deney Sonuçları.

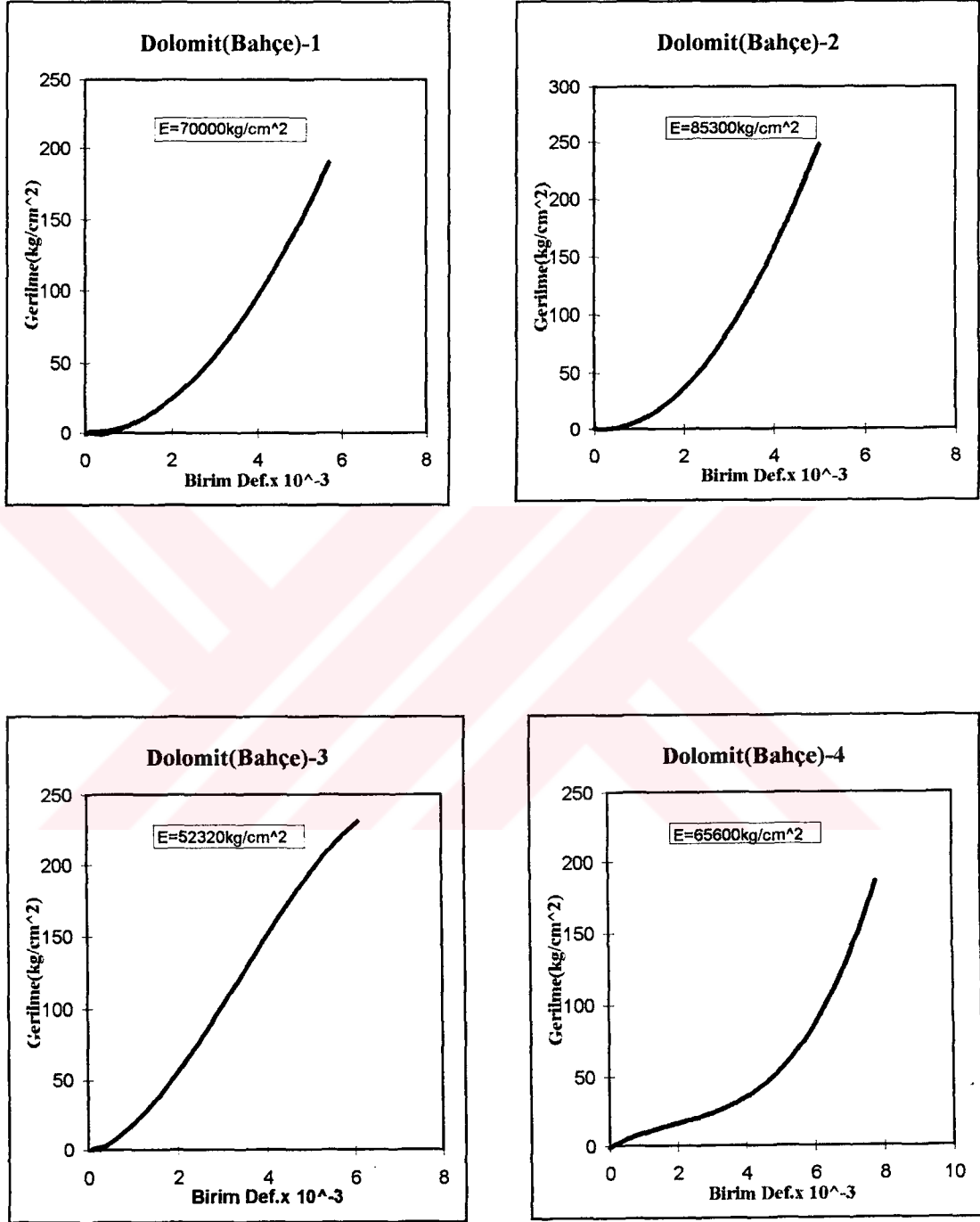
Tarih	Yer	Formasyon	Darbe Dayanımı	Ortalama \pm S.S
08.06.1994	Bahçe	Dolomit	84.0, 82.7, 83.5	83.4 \pm 0.6
08.06.1994	Erikli	Kireçtaşı	82.3, 82.3, 82.1	82.2 \pm 0.1
08.06.1994	Bahçe	Kumtaşı-1	87.9, 87.4, 88.0	87.8 \pm 0.3
08.06.1994	Erikli	Marn	75.2, 76.7, 76.4	76.1 \pm 0.8
08.06.1994	Erikli	Diyabaz	88.9, 89.5, 90.1	89.5 \pm 0.6
08.06.1994	Bahçe	Kumtaşı-2	79.9, 80.5, 80.4	80.3 \pm 0.3
08.06.1994	Bahçe	Altere Kumtaşı	69.9, 71.2, 70.0	70.4 \pm 0.7
08.06.1994	Erikli	Serpantin	81.4, 81.2, 81.0	81.2 \pm 0.2
08.06.1994	Pozantı	Kireçtaşı	83.0, 82.7, 83.0	82.9 \pm 0.2
08.06.1994	Pozantı	Killi kireçtaşı	81.3, 79.8, 80.5	80.5 \pm 0.7
08.06.1994	Yahyalı	Hematit	84.7, 84.2, 84.1	84.3 \pm 0.3
19.08.1995	Yahyalı	Metakumtaşı	84.8, 85.5, 84.7	85.0 \pm 0.4
19.08.1995	Konya	Serpantin	90.7, 90.1, 90.0	90.3 \pm 0.4
19.08.1995	Darica	Dolomit	86.2, 85.5, 85.8	85.8 \pm 0.3
19.08.1995	Darica	Kireçtaşı	78.0, 79.5, 79.8	79.1 \pm 0.9
19.08.1995	Adana	Kireçtaşı	71.9, 73.2, 72.5	72.5 \pm 0.6
19.08.1995	Misis	Kireçtaşı	84.0, 84.0, 84.2	84.1 \pm 0.1
08.08.1996	Soma	Marn	75.3, 75.5, 74.9	75.2 \pm 0.3
08.08.1996	Seyitömer	Marn	66.9, 67.5, 68.0	67.5 \pm 0.5
08.08.1996	Tunçbilek	Marn	70.0, 69.0, 70.6	69.9 \pm 0.8
08.08.1996	Tunçbilek	Marn	70.1, 69.7, 71.3	70.4 \pm 0.8
08.08.1996	Orhaneli	Tüf	70.0, 69.0, 68.8	69.3 \pm 0.6
08.08.1996	Emet	Kumtaşı	76.4, 76.5, 74.6	75.8 \pm 1.1
08.08.1996	Emet	Kireçtaşı	80.4, 83.0, 82.6	82.0 \pm 1.4
21.08.1996	Tarsus	Dolomit	80.2, 80.0, 81.6	80.6 \pm 0.9
21.08.1996	Mersin	Kireçtaşı	78.3, 80.3, 78.1	78.9 \pm 1.2
21.08.1996	Ceyhan	Kireçtaşı	81.6, 80.3, 82.7	81.5 \pm 1.2
21.08.1996	Ceyhan	Çakıllı kireçtaşı	76.7, 75.0, 76.0	75.9 \pm 0.8
21.08.1996	Yumurtalık	Kireçtaşı	83.6, 84.0, 83.1	83.6 \pm 0.4

Tablo H.1. Nokta Yük Dayanımı Deney Sonuçları.

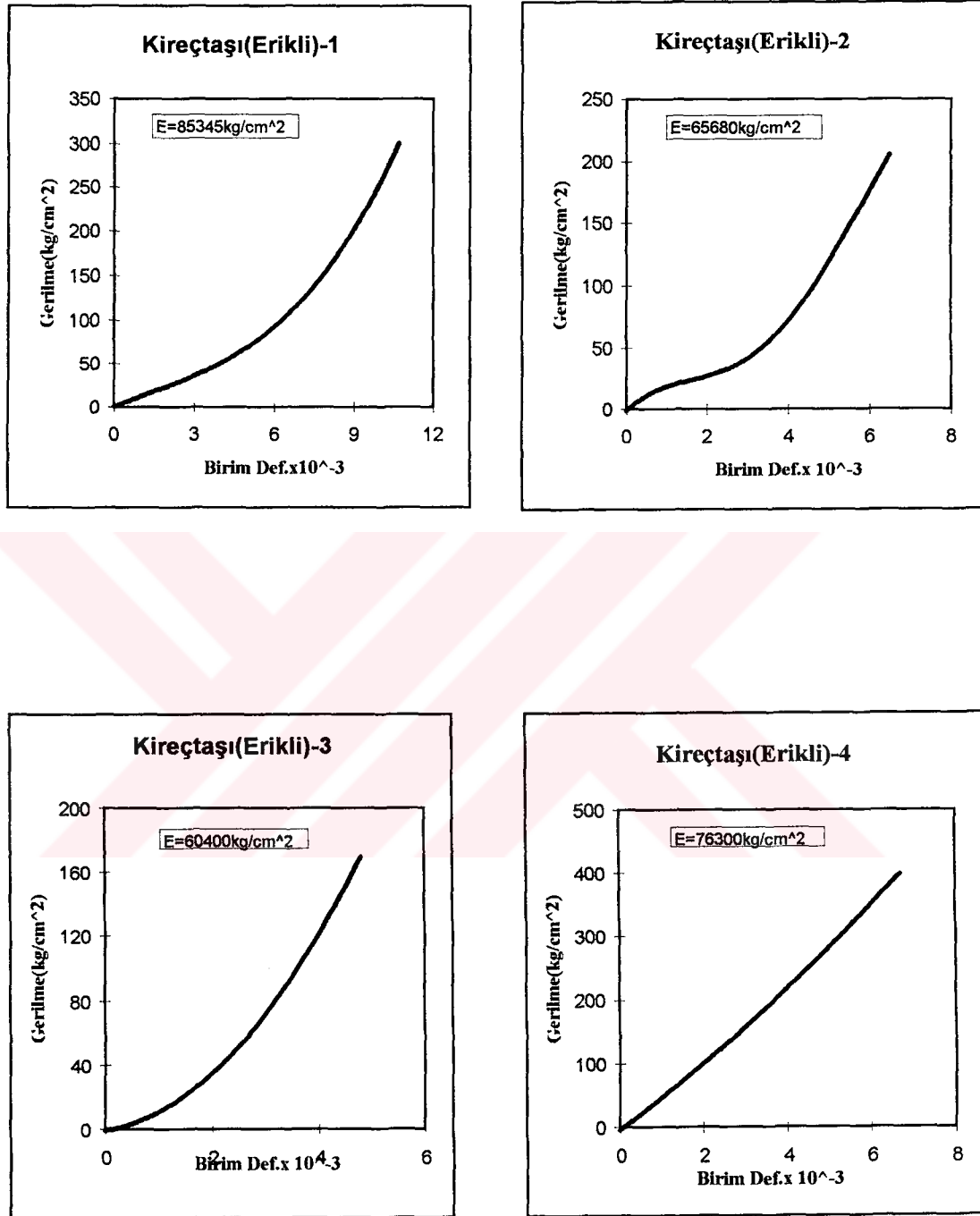
Tarih	Yer	Formasyon	Nokta Yük Dayanımı (kg/cm ²)	Ortalama ± S.S
09.06.1994	Bahçe	Dolomit	43.1, 38.6, 46.3, 51.0, 36.7, 45.9, 32.0, 50.5	43.0 ± 6.8
09.06.1994	Erikli	Kireçtaşı	63.5, 48.9, 57.5, 55.1, 64.3, 55.1, 50.5	56.4 ± 5.9
09.06.1994	Bahçe	Kumtaşı-1	128.3, 137.7, 133.1, 141.9, 146.9	137.6 ± 6.5
09.06.1994	Erikli	Marn	39.7, 28.6, 31.5, 36.7, 27.5, 32.0, 33.9	32.9 ± 4.3
09.06.1994	Erikli	Dişbaz	115.6, 133.9, 137.7, 124.0, 119.4, 128.5	126.5 ± 8.5
09.06.1994	Bahçe	Kumtaşı-2	38.5, 60.3, 46.7, 23.0, 50.5, 45.9, 50.5	45.1 ± 11.7
09.06.1994	Bahçe	Altere Kumtaşı	9.8, 12.3, 10.5, 13.7, 16.1, 19.3, 14.2, 12.4	13.5 ± 3.1
09.06.1994	Erikli	Serpantin	68.9, 60.5, 71.7, 64.0, 74.4, 79.6, 80.3	71.4 ± 7.4
09.06.1994	Pozantı	Kireçtaşı	77.0, 77.5, 51.6, 56.8, 60.9, 58.7, 68.9, 76.1	65.9 ± 10.2
09.06.1994	Pozantı	Killi kireçtaşı	46.0, 51.6, 64.0, 64.0, 49.7, 58.9, 55.0, 66.8	57.0 ± 7.6
21.05.1995	Yahyalı	Hematit	82.6, 78.1, 76.2, 87.2, 85.5, 79.8, 86.3	82.2 ± 4.3
21.05.1995	Yahyalı	Metakumtaşı	40.1, 55.1, 53.3, 55.1, 49.6, 52.7, 55.0	51.6 ± 5.4
21.05.1995	Konya	Serpantin	165.3, 168.0, 161.3, 146.9, 160.7, 169.9	162.0 ± 8.2
21.05.1995	Darıca	Dolomit	192.8, 183.6, 179, 186.4, 181.8, 177.6	183.5 ± 5.5
21.05.1995	Darıca	Kireçtaşı	55.1, 38.9, 46.2, 50.6, 55.0, 51.3, 36.0	47.6 ± 7.6
21.05.1995	Adana	Kireçtaşı	20.0, 9.7, 11.9, 17.4, 9.7, 15.6, 14.0	14.0 ± 3.9
21.05.1995	Misis	Kireçtaşı	82.6, 101.0, 109.3, 99.2, 112.9, 84.5	98.2 ± 12.5
18.08.1996	Soma	Marn	34.0, 36.7, 45.9, 32.5, 40.1, 35.8, 30.6	36.5 ± 5.1
18.08.1996	Seyitömer	Marn	8.7, 10.0, 12.1, 9.6, 9.5, 11.5, 10.0, 9.7	10.1 ± 1.1
18.08.1996	Tunçbilek	Marn	20.7, 25.1, 17.6, 23.9, 20.0, 18.1, 24.6	21.4 ± 3.1
18.08.1996	Tunçbilek	Marn	17.4, 17.4, 18.3, 16.5, 15.0, 16.9, 16.0	16.8 ± 1.1
18.08.1996	Orhaneli	Tüf	13.6, 16.5, 12.7, 15.0, 14.9, 16.0, 13.0	14.5 ± 1.5
18.08.1996	Emet	Kumtaşı	82.6, 80.3, 66.3, 73.7, 79.3, 82.7	77.5 ± 6.4
18.08.1996	Emet	Kireçtaşı	63.5, 56.9, 48.6, 51.5, 48.3, 56.0	54.1 ± 5.8
22.08.1996	Tarsus	Dolomit	120.0, 114.2, 118.6, 127.0, 121.6, 117.3, 123.8	120.3 ± 4.2
22.08.1996	Mersin	Kireçtaşı	33.0, 36.2, 28.7, 31.9, 37.0, 27.0, 38.8, 33.5	33.3 ± 4.1
22.08.1996	Ceyhan	Kireçtaşı	89.7, 72.0, 91.0, 85.6, 93.3, 88.6, 82.4, 98.0	87.6 ± 7.8
22.08.1996	Ceyhan	Çakıllı kireçtaşı	30.0, 29.2, 34.8, 20.1, 27.6, 36.8, 40.0, 30.8	31.2 ± 6.1
22.08.1996	Yumurtalık	Kireçtaşı	69.3, 59.2, 63.7, 86.8, 65.0, 70.6, 78.7, 66.3	69.9 ± 8.9

Tablo I.1. Sismik Hız Deney Sonuçları.

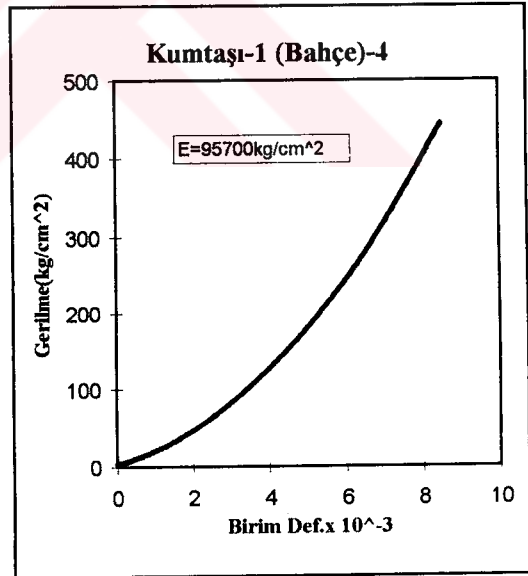
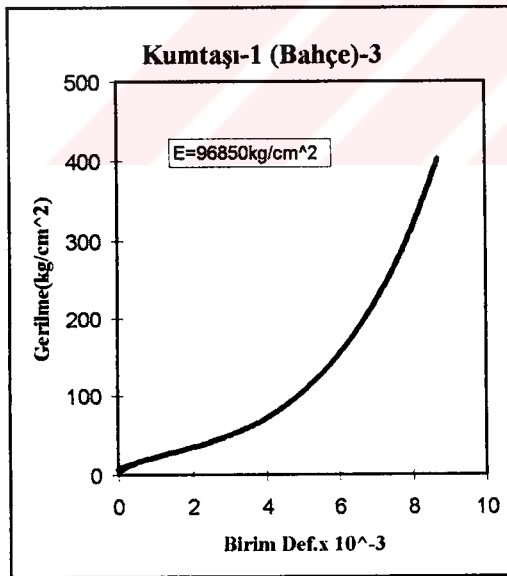
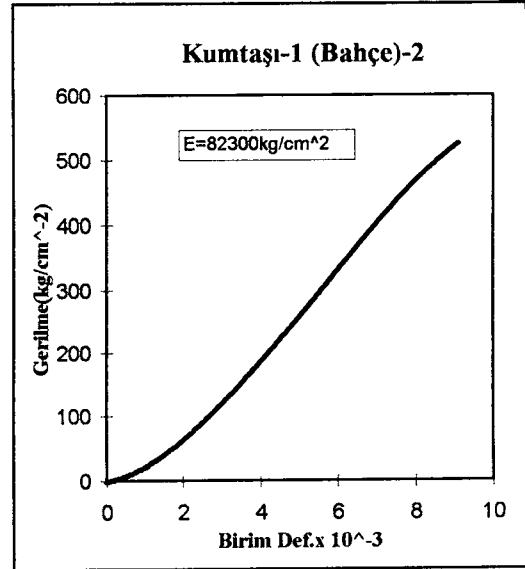
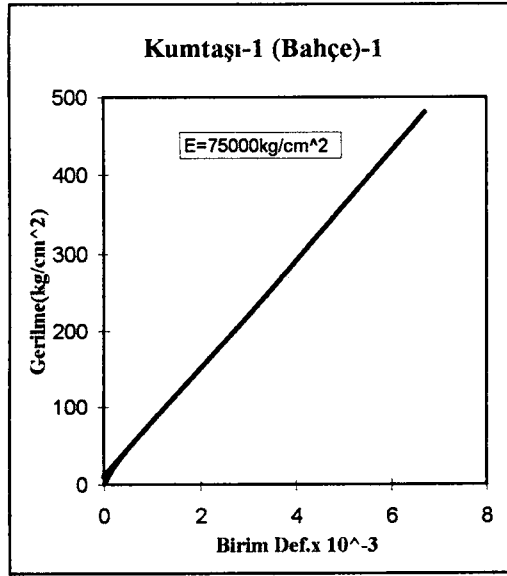
Tarih	Yer	Formasyon	Sismik Hız (km/sn)	Ortalama \pm S.S
12.06.1994	Bahçe	Dolomit	6.5, 6.1, 6.4	6.3 \pm 0.1
12.06.1994	Erikli	Kireçtaşı	5.6, 5.0, 5.7	5.4 \pm 0.3
12.06.1994	Bahçe	Kumtaşı-1	4.4, 4.7, 4.8	4.6 \pm 0.2
12.06.1994	Erikli	Marn	3.2, 3.1, 3.1	3.1 \pm 0.2
12.06.1994	Erikli	Dişbaz	5.1, 5.3, 5.3	5.2 \pm 0.1
12.06.1994	Bahçe	Kumtaşı-2	4.6, 4.4, 4.6	4.5 \pm 0.1
12.06.1994	Bahçe	Altere Kumtaşı	2.2, 1.8, 2.0	2.0 \pm 0.2
12.06.1994	Erikli	Serpantin	3.1, 3.2, 2.5	5.6 \pm 0.2
12.06.1994	Pozantı	Kireçtaşı	5.1, 5.6, 5.1	5.3 \pm 0.3
12.06.1994	Pozantı	Killi kireçtaşı	3.3, 2.9, 3.7	5.3 \pm 0.3
26.08.1995	Soma	Marn	3.5, 3.2, 3.6	3.4 \pm 0.2
26.08.1995	Adana	Kireçtaşı	1.9, 2.4, 2.2	2.2 \pm 0.2
26.08.1995	Misis	Kireçtaşı	5.5, 5.7, 5.2	5.5 \pm 0.3
26.08.1995	Darıca	Kireçtaşı	4.1, 4.0, 4.0	4.0 \pm 0.1
26.08.1995	Darıca	Dolomit	4.7, 5.5, 5.1	5.1 \pm 0.4
26.08.1995	Konya	Serpantin	4.9, 5.0, 5.3	5.0 \pm 0.1
26.08.1995	Yahyalı	Metakumtaşı	5.8, 4.9, 5.0	5.2 \pm 0.5
26.08.1995	Yahyalı	Hematit	2.5, 3.2, 2.7	2.8 \pm 0.4
12.08.1996	Seyitömer	Marn	0.9, 1.1, 1.0	1.0 \pm 0.1
12.08.1996	Tunçbilek	Marn	1.9, 2.0, 1.9	1.9 \pm 0.1
12.08.1996	Tunçbilek	Marn	1.4, 1.5, 1.7	1.5 \pm 0.2
12.08.1996	Orhaneli	Tüf	1.1, 1.2, 1.2	1.2 \pm 0.1
12.08.1996	Emet	Kumtaşı	3.6, 3.8, 3.6	3.7 \pm 0.1
12.08.1996	Emet	Kireçtaşı	4.5, 4.9, 4.6	4.7 \pm 0.2
22.08.1996	Tarsus	Dolomit	5.7, 5.6, 5.5	5.6 \pm 0.1
22.08.1996	Mersin	Kireçtaşı	4.0, 4.2, 4.0	4.1 \pm 0.1
22.08.1996	Ceyhan	Kireçtaşı	5.5, 5.4, 5.8	5.6 \pm 0.2
22.08.1996	Ceyhan	Çakıllı kireçtaşı	3.0, 3.6, 3.4	3.3 \pm 0.3
22.08.1996	Yumurtalık	Kireçtaşı	5.0, 4.8, 5.2	5.0 \pm 0.2



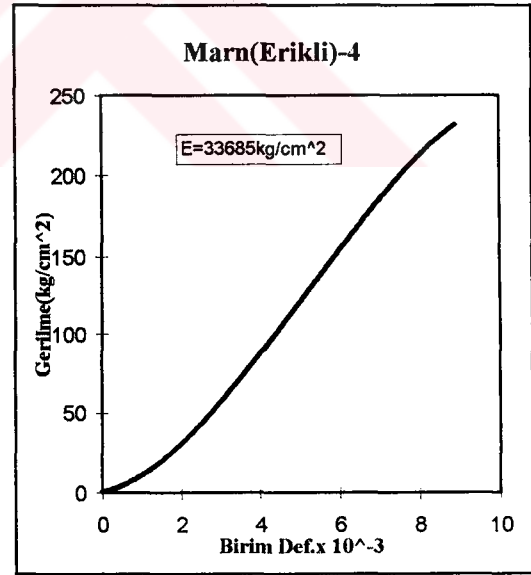
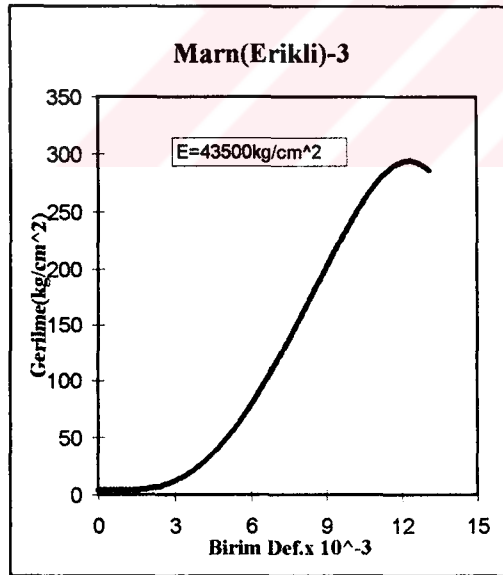
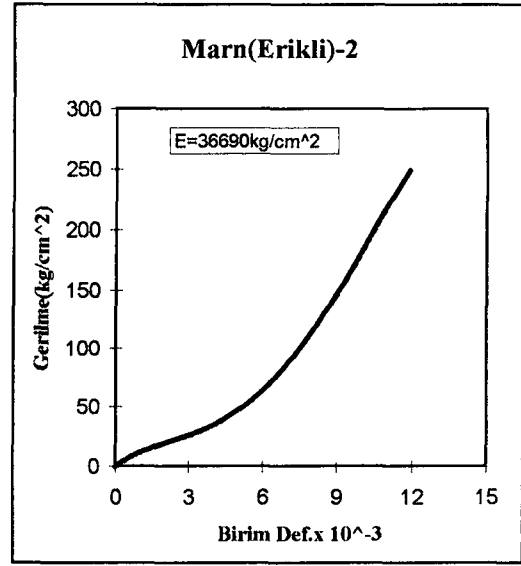
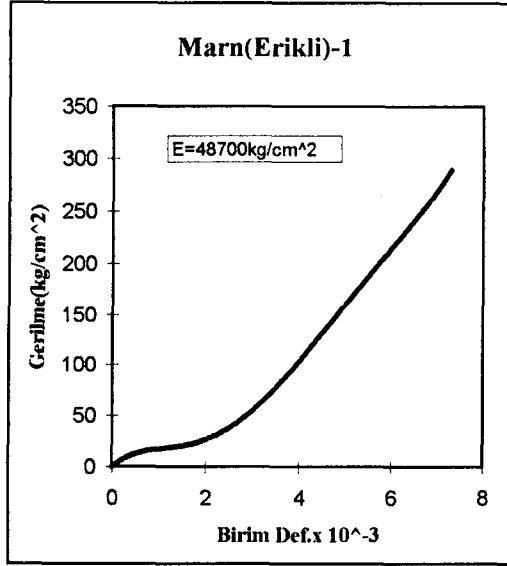
Şekil J.1. Dolomit (Bahçe) İçin Gerilme-Birim Deformasyon Grafikleri.



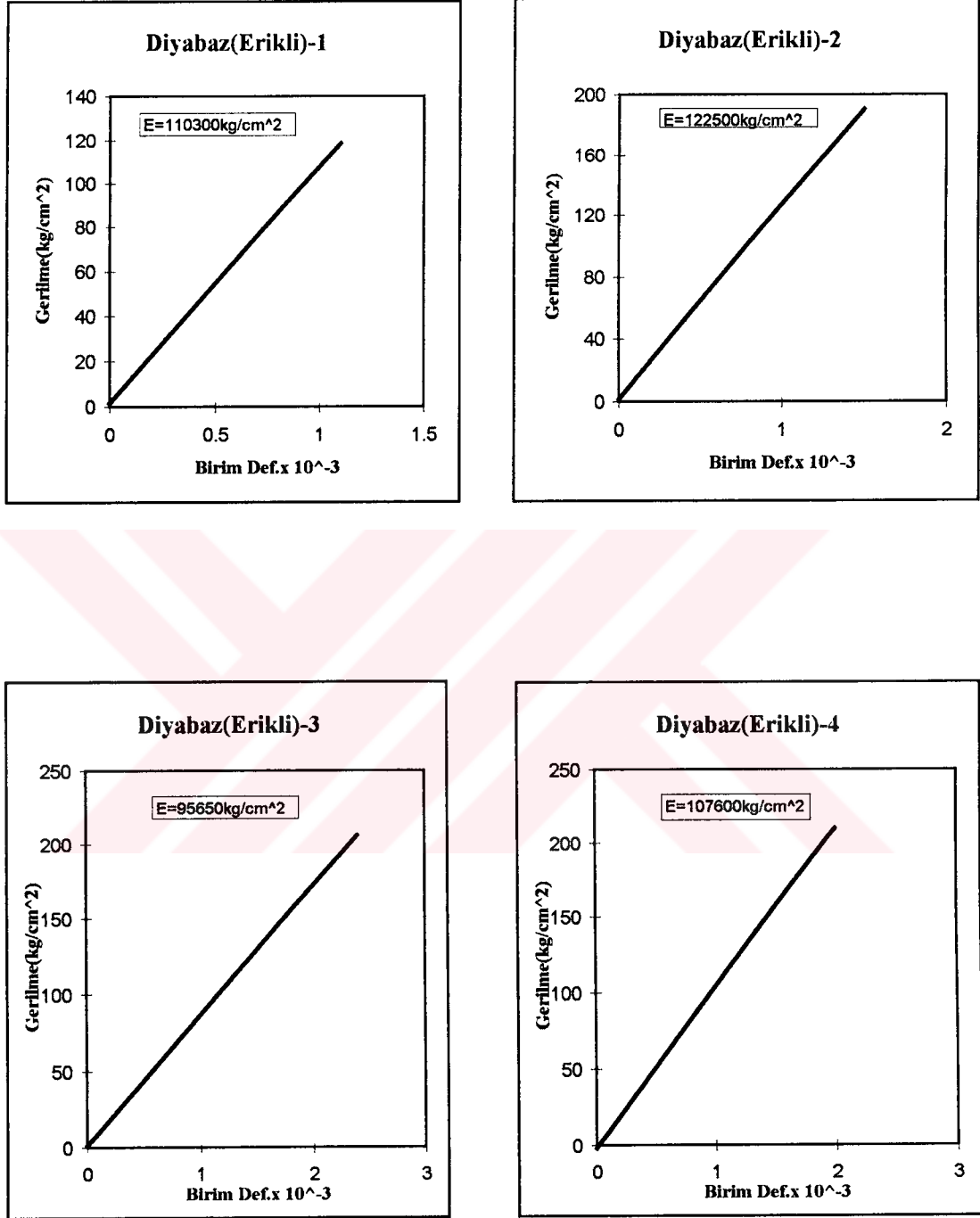
Şekil J.2. Kireçtaşı (Erikli) İçin Gerilme-Birim Deformasyon Grafikleri.



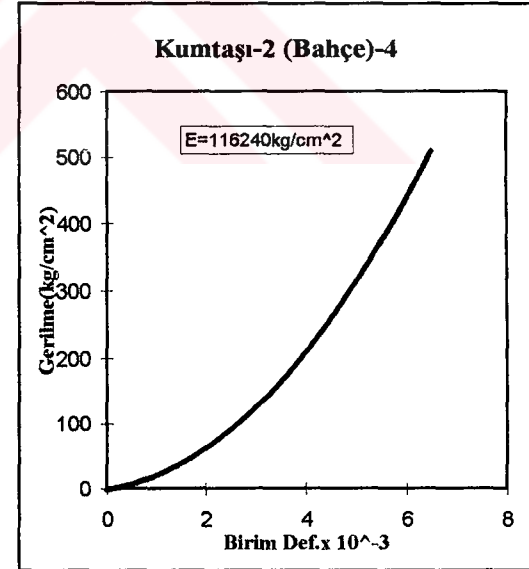
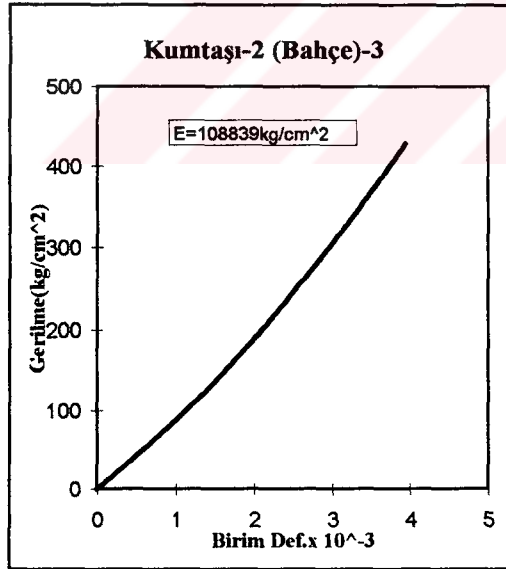
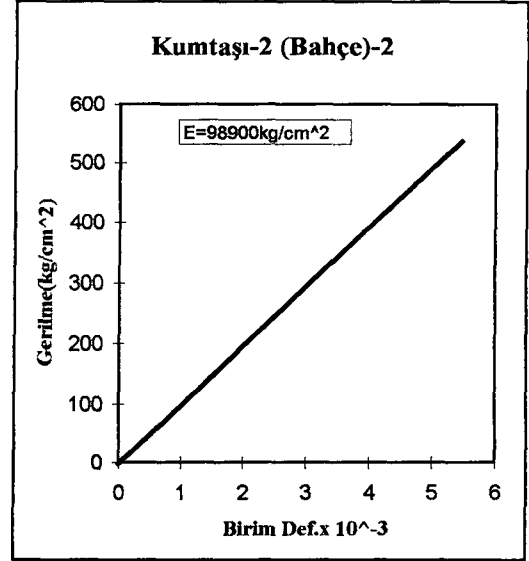
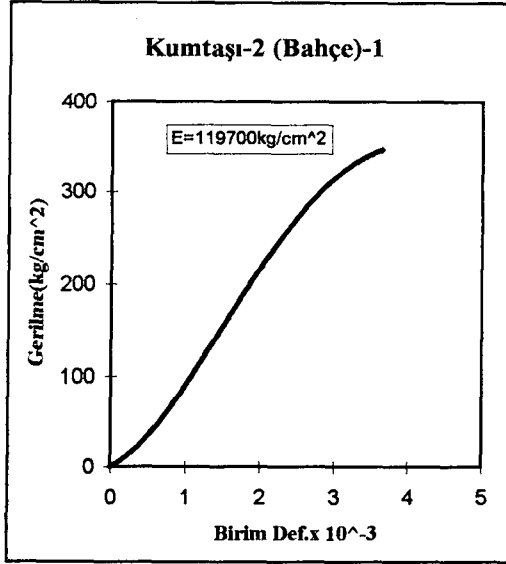
Şekil J.3. Kumtaşı-1 (Bahçe) İçin Gerilme-Birim Defomasyon Grafikleri



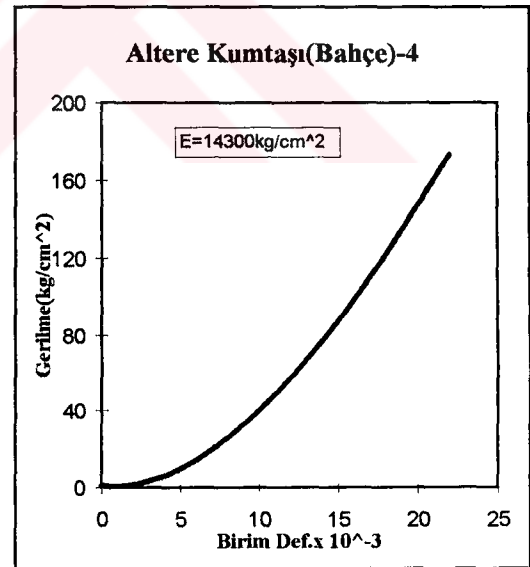
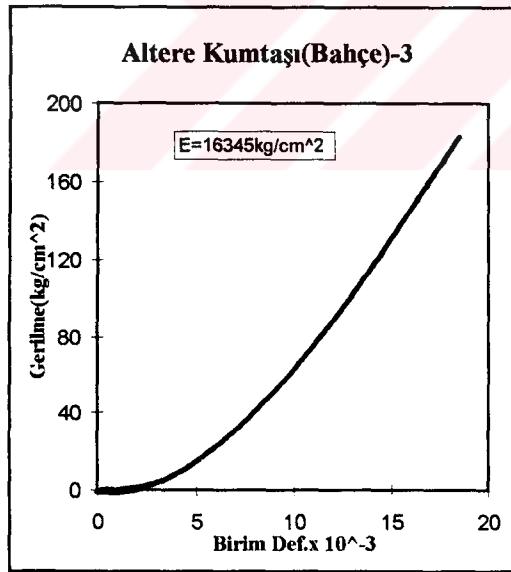
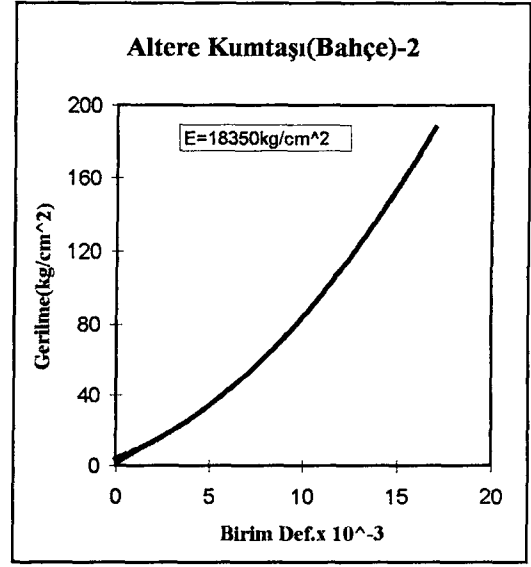
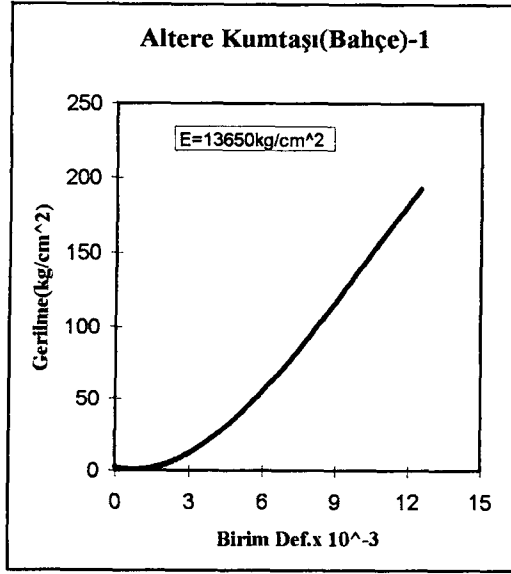
Şekil J.4. Marn (Erikli) İçin Gerilme-Birim Deformasyon Grafikleri.



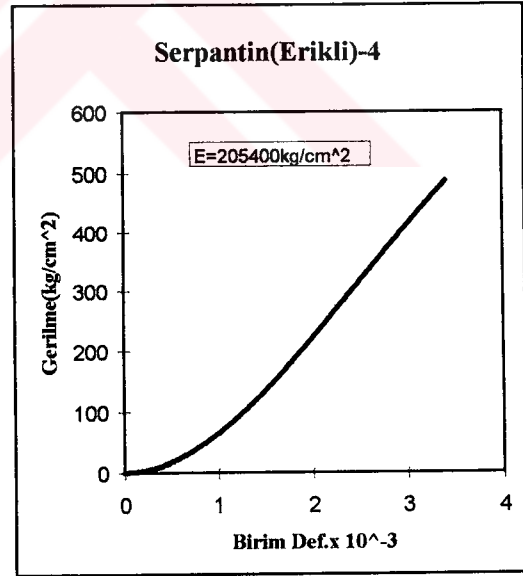
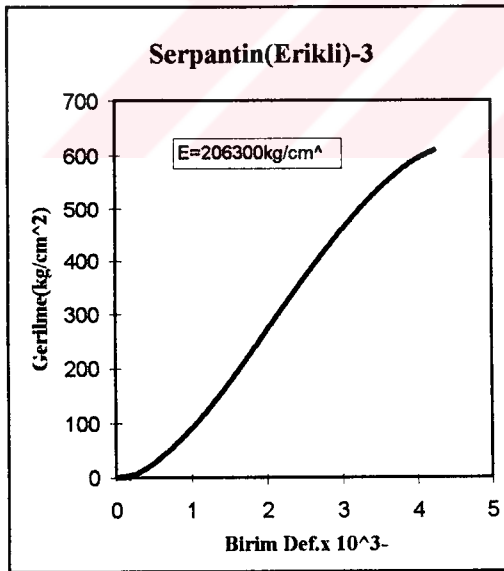
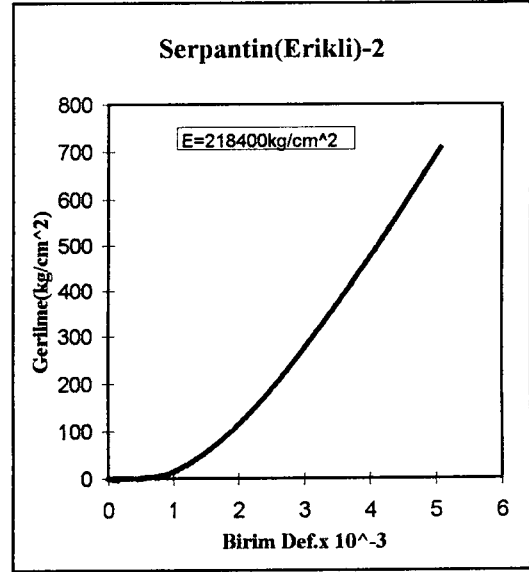
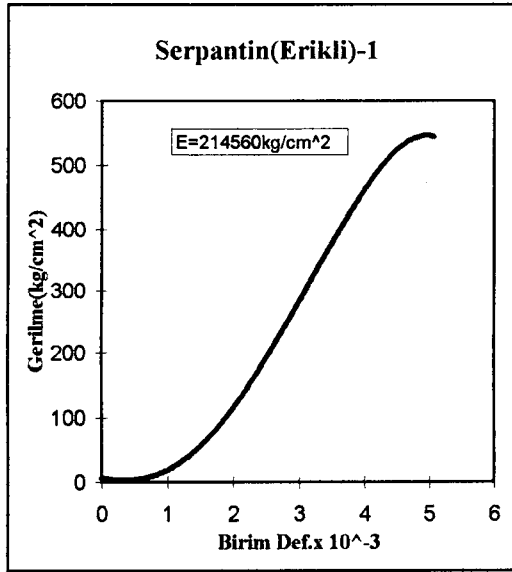
Şekil J.5. Diyabaz (Erikli) İçin Gerilme-Birim Deformasyon Grafikleri



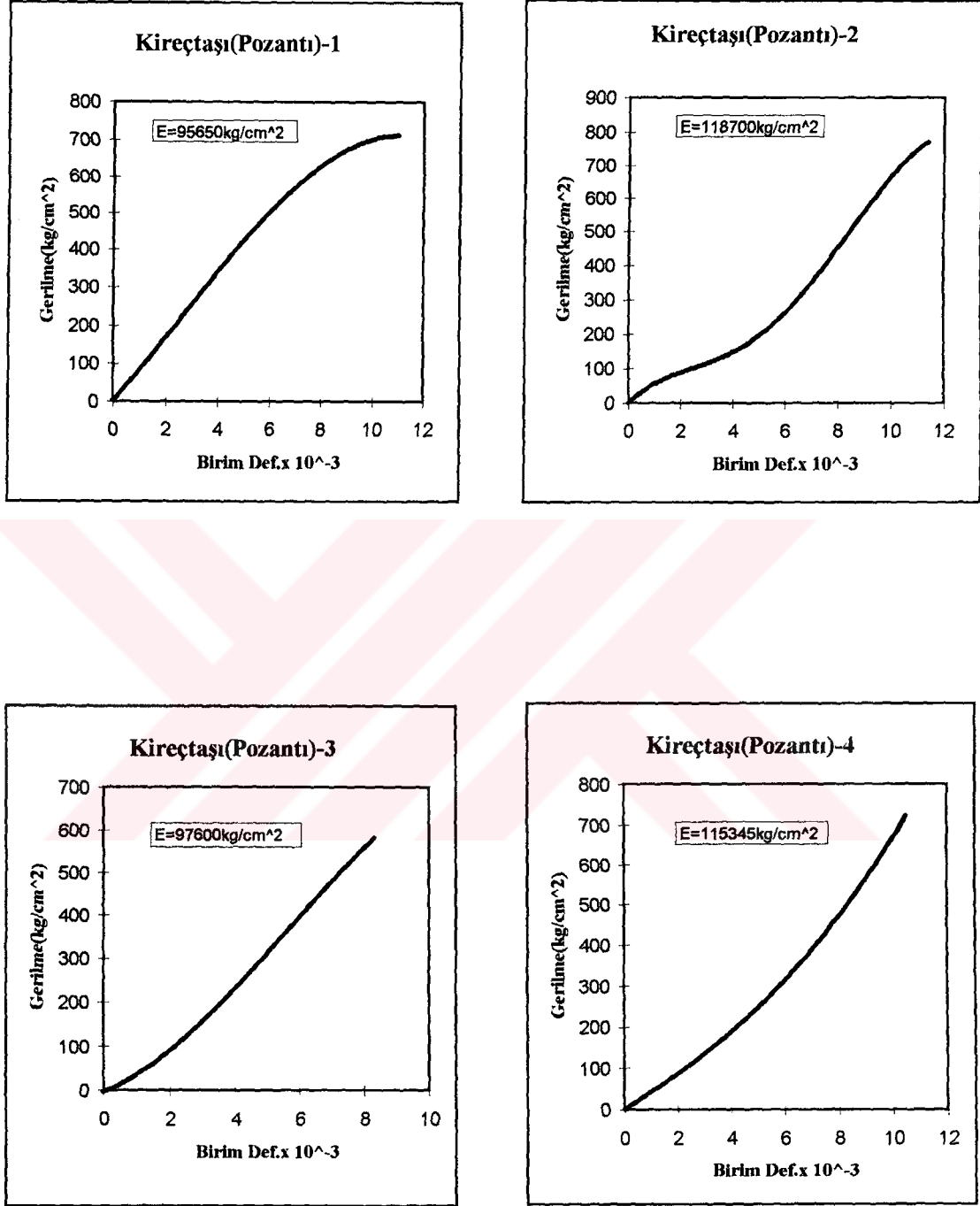
Şekil J.6. Kumtaşı-2 (Bahçe) İçin Gerilme-Birim Deformasyon Grafikleri



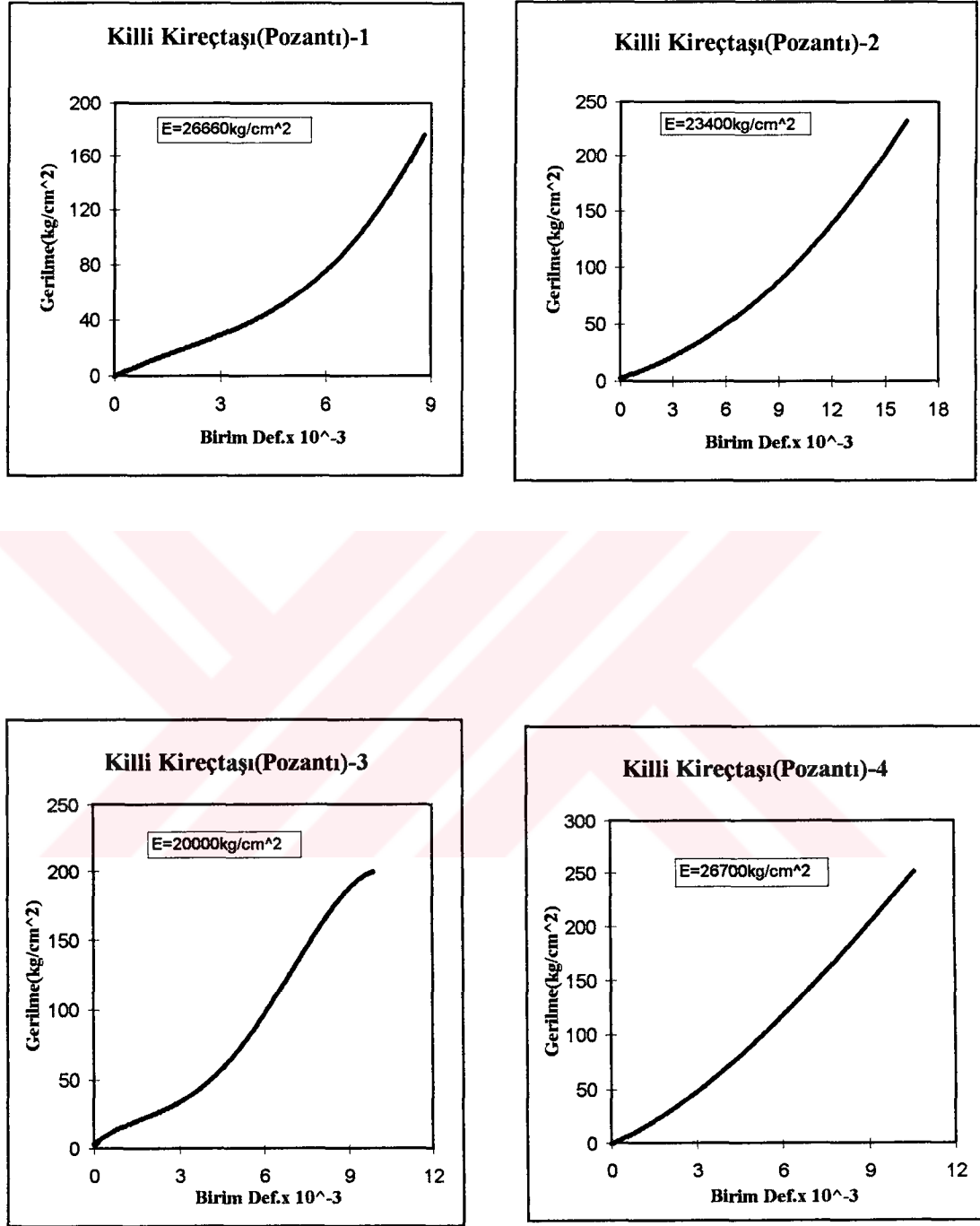
Şekil J.7. Altere Kumtaşı (Bahçe) İçin Gerilme-Birim Deformasyon Grafikleri



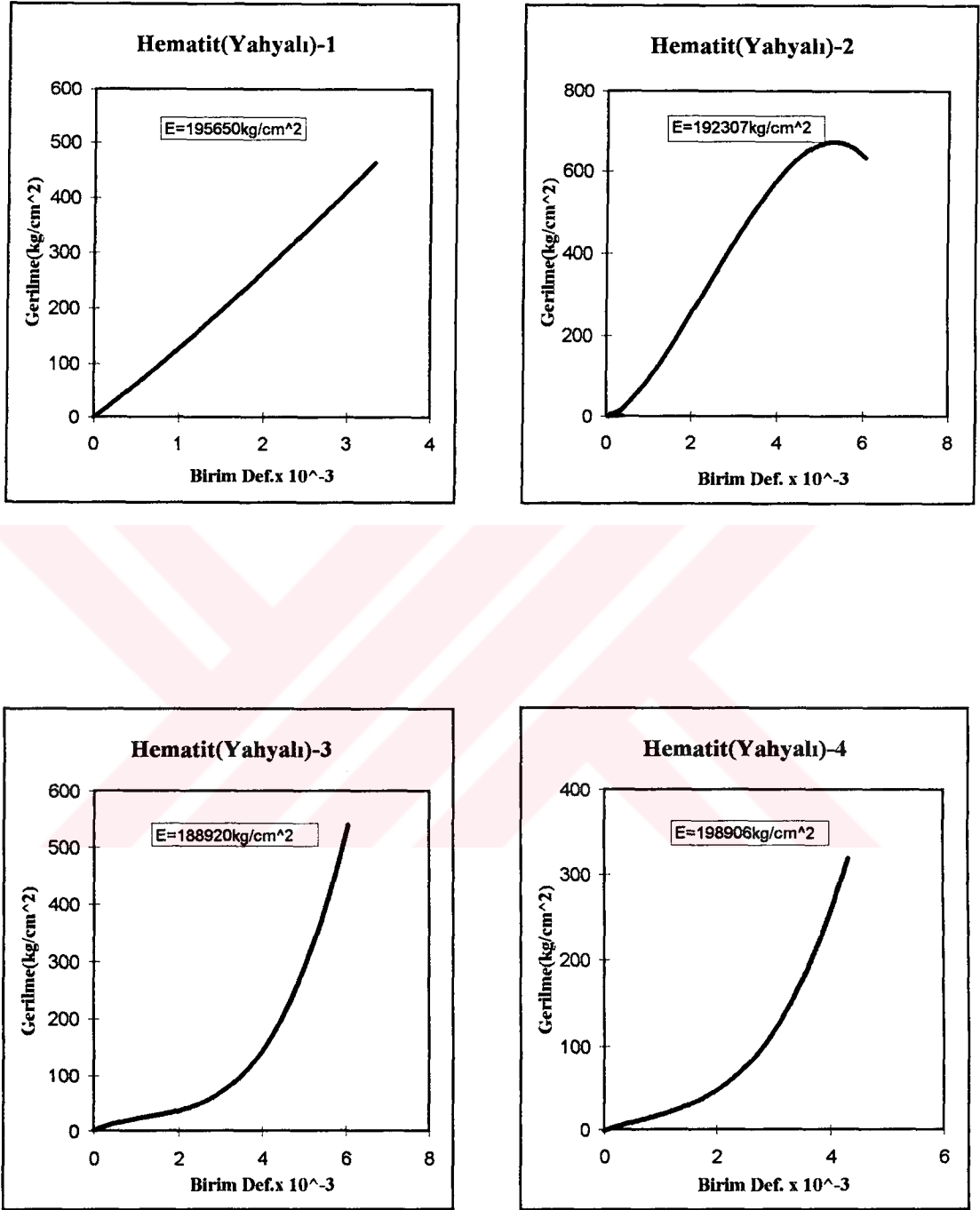
Şekil J.8. Serpantin (Erikli) İçin Gerilme- Birim Deformasyon Grafikleri



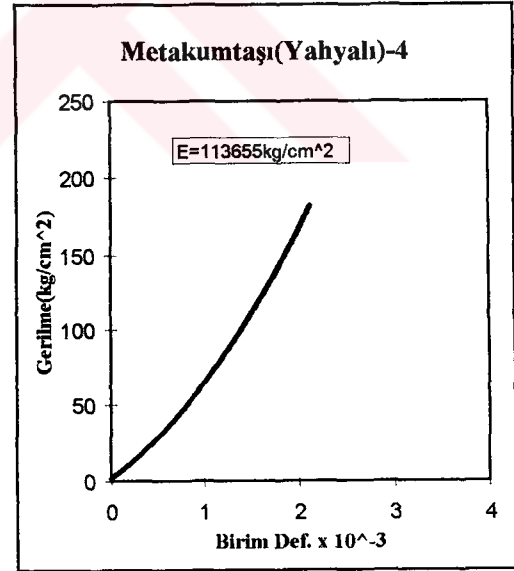
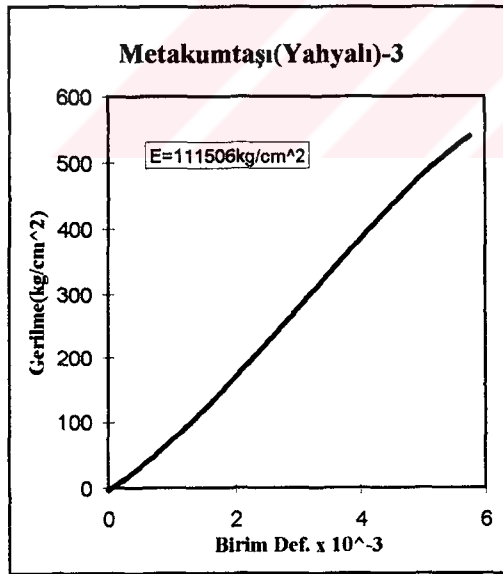
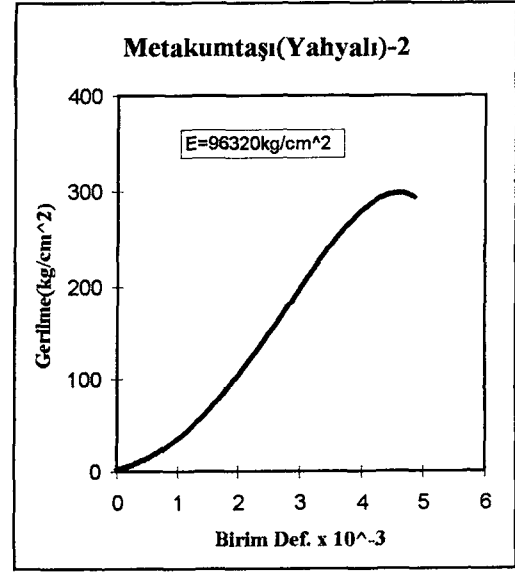
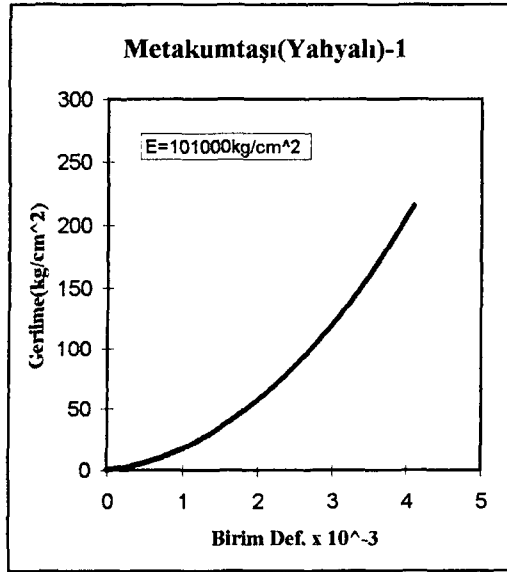
Şekil J.9. Kireçtaşı (Pozantı) İçin Gerilme-Birim Deformasyon Grafikleri



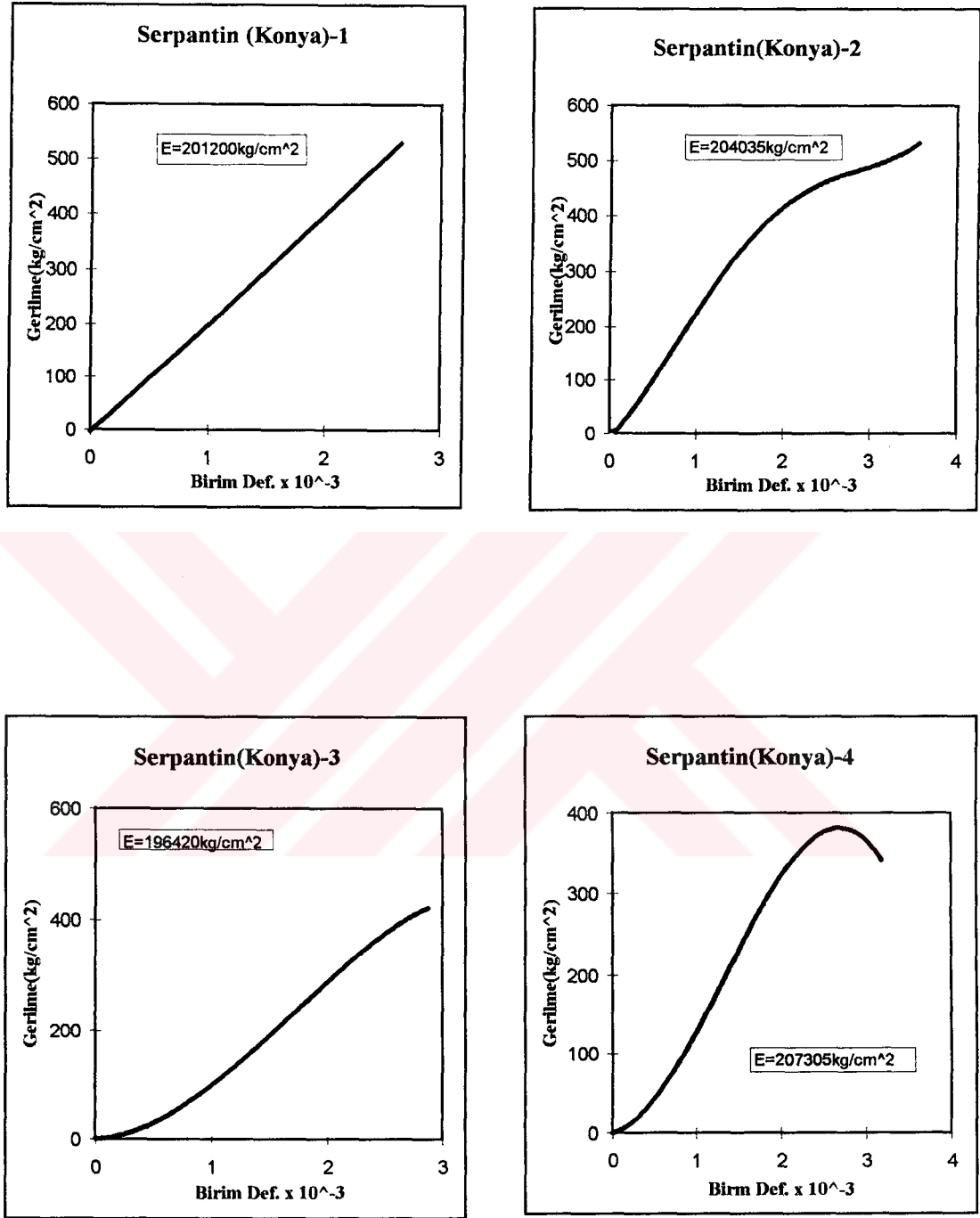
Şekil J.10. Killi Kireçtaşı (Pozantı) İçin Gerilme-Birim Deformasyon Grafikleri.



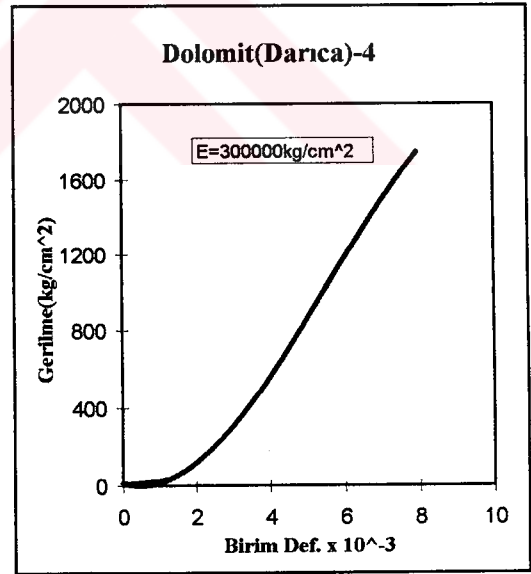
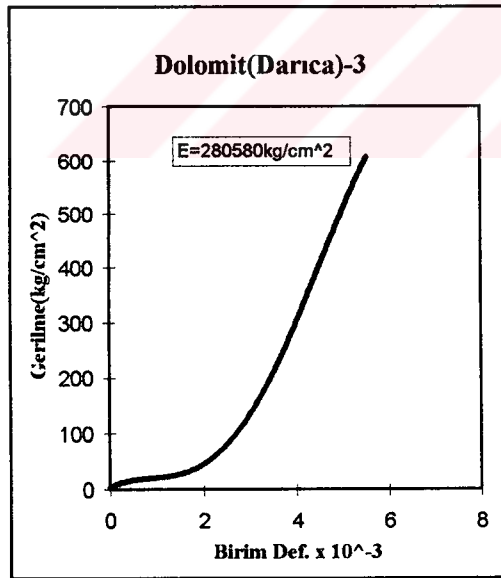
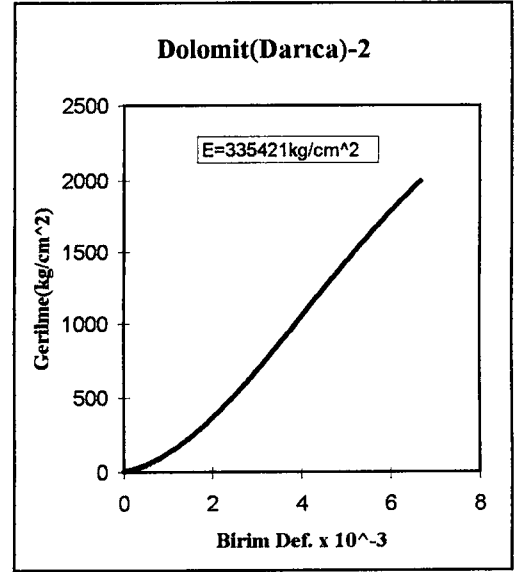
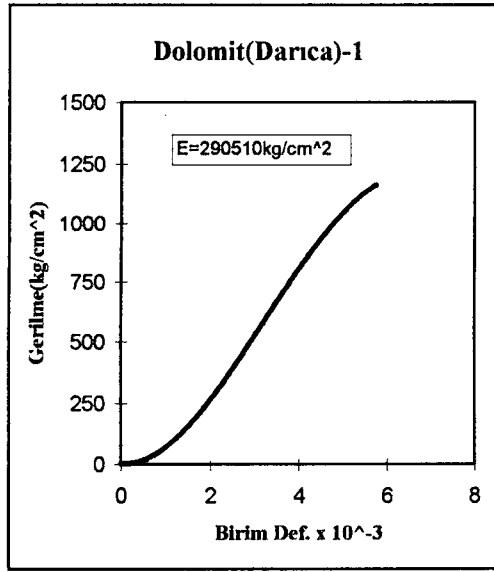
Şekil J.11. Hematit (Yahyalı) İçin Gerilme-Birim Deformasyon Grafikleri



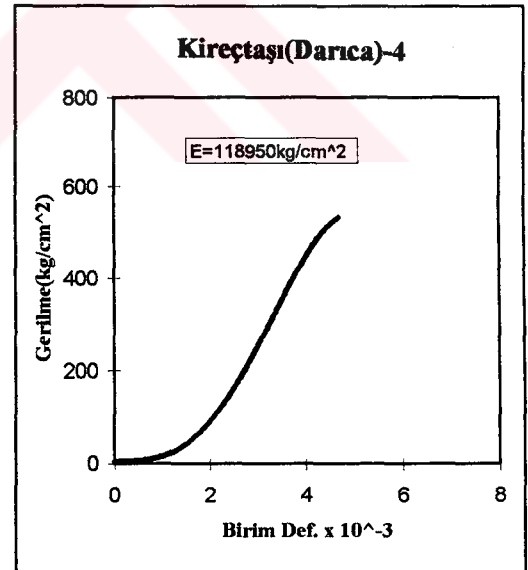
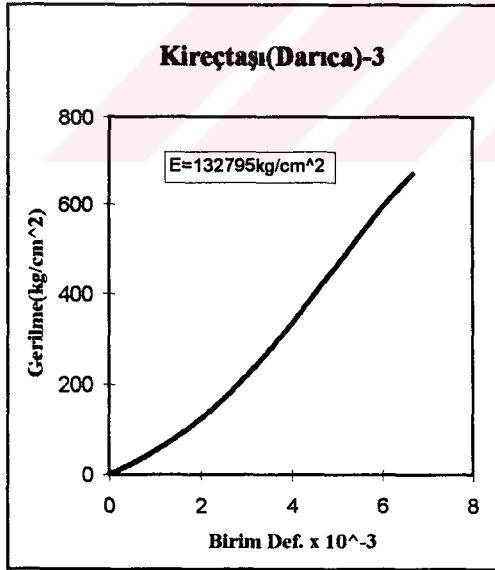
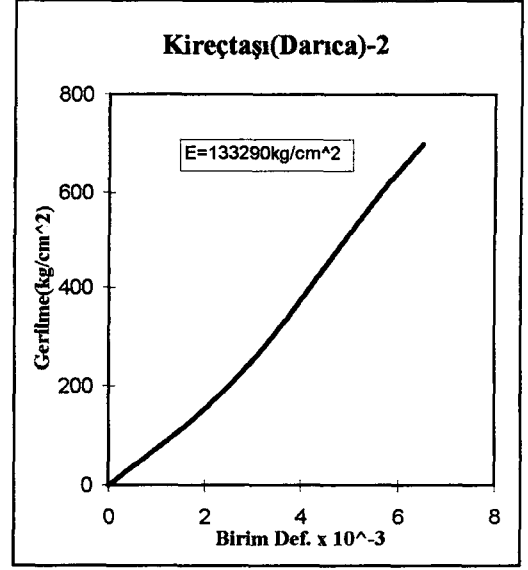
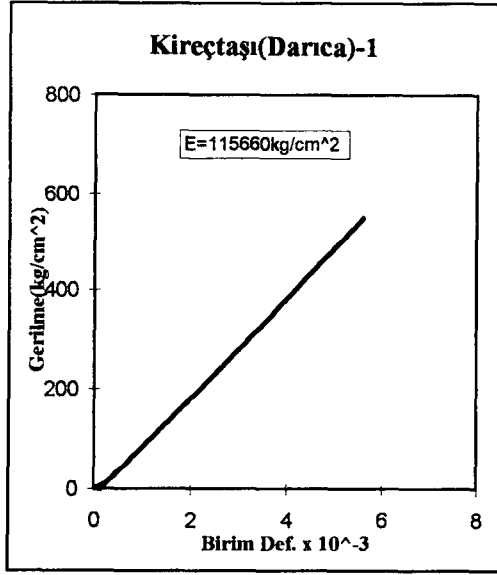
Şekil J.12. Metakumtaşı (Yahyalı) İçin Gerilme-Birim Deformasyon Grafikleri.



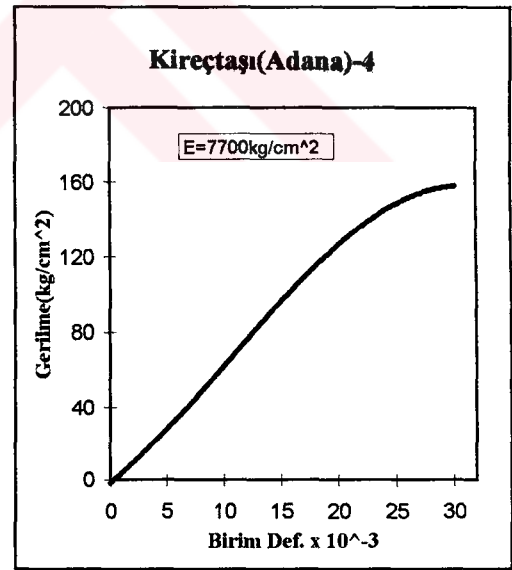
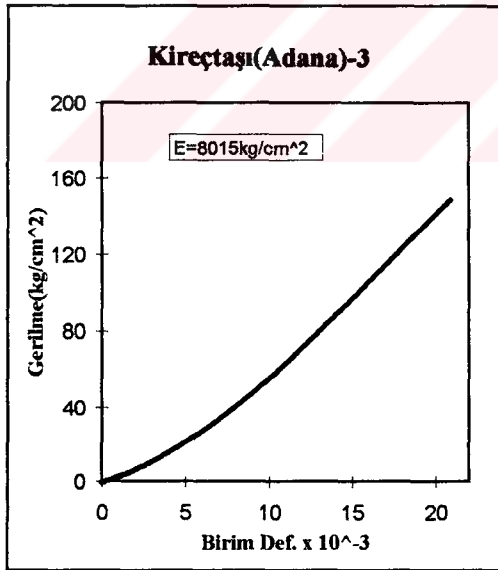
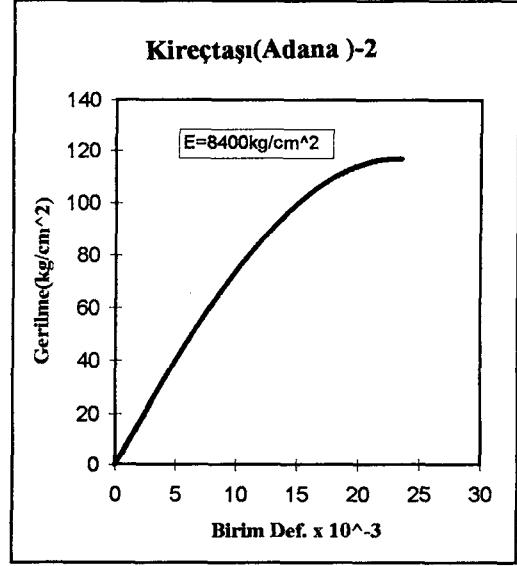
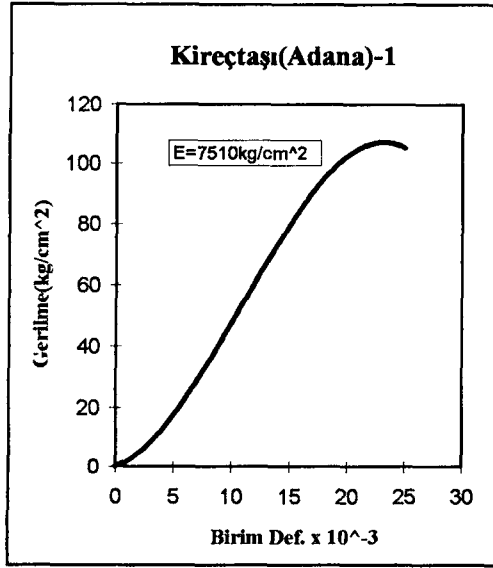
Şekil J.13. Serpantin(Konya) İçin Gerilme-Birim Deformasyon Grafikleri



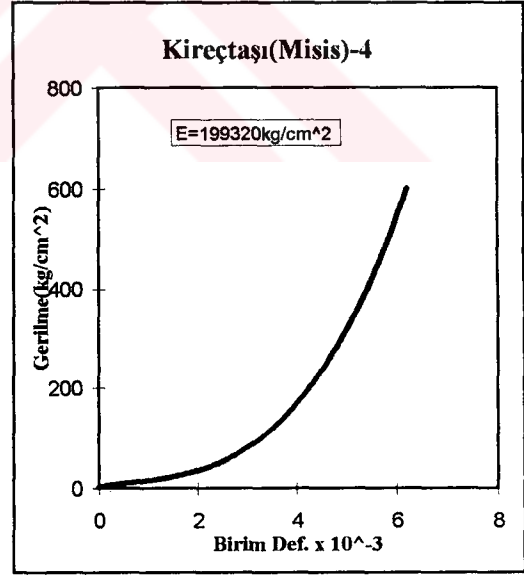
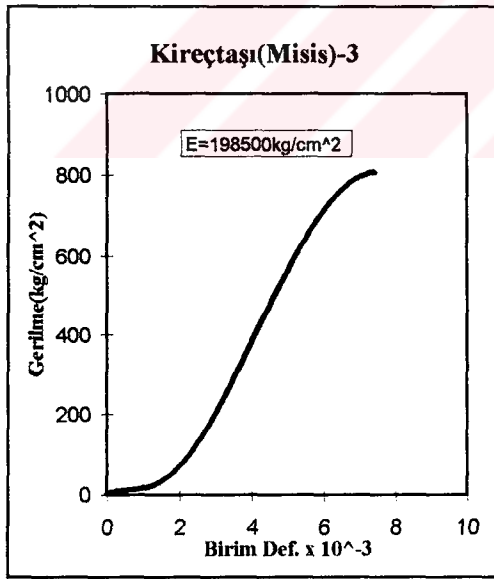
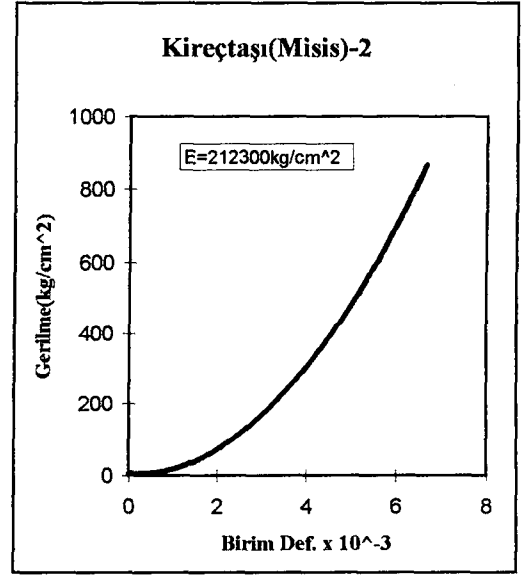
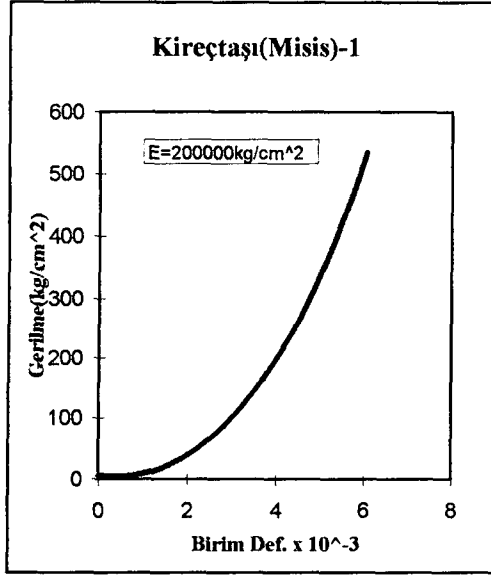
Şekil J.14. Dolomit (Darıca) İçin Gerilme-Birim Deformasyon Grafikleri



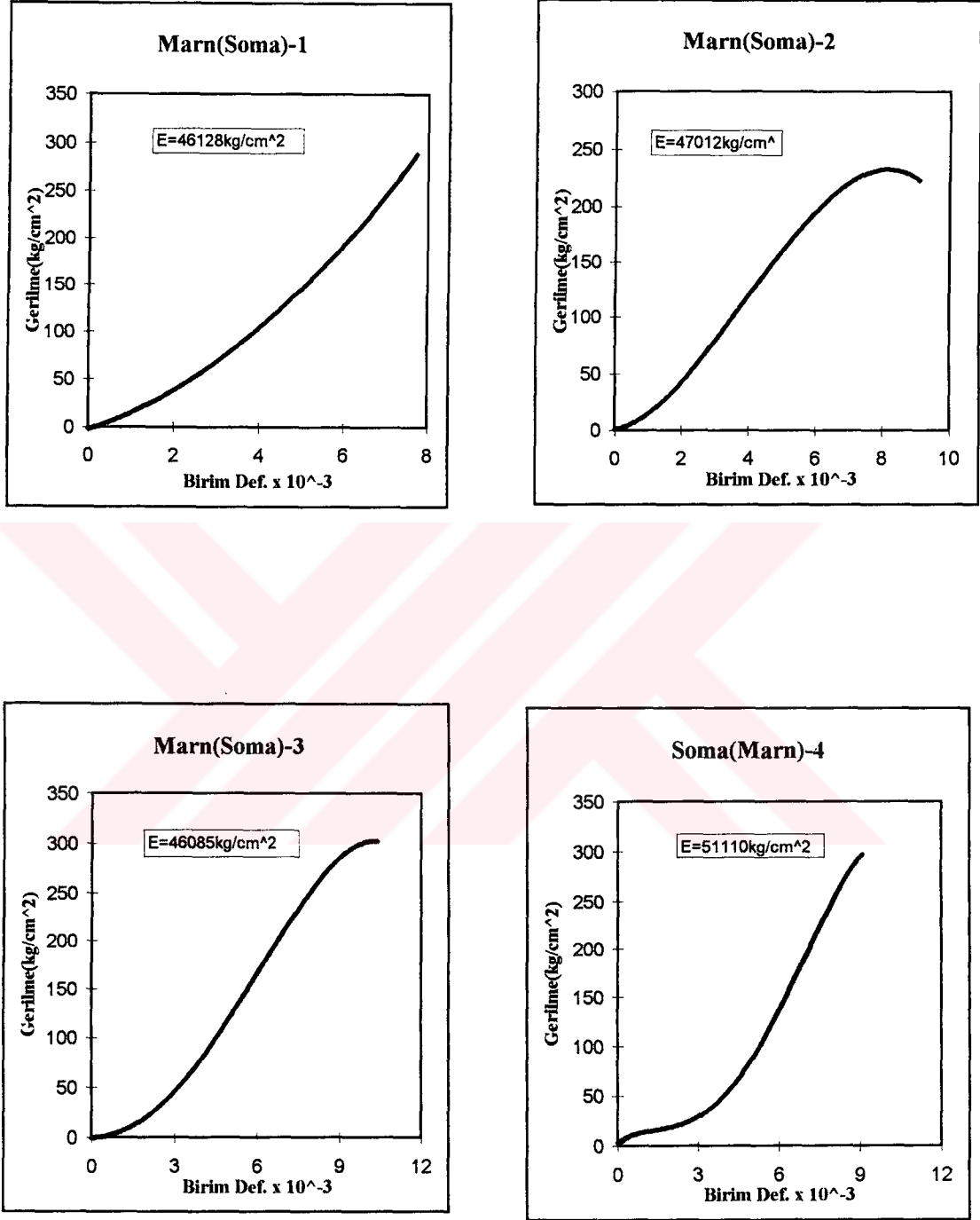
Şekil J.15. Kireçtaşı (Darıca) İçin Gerilme-Birim Deformasyon Grafikleri



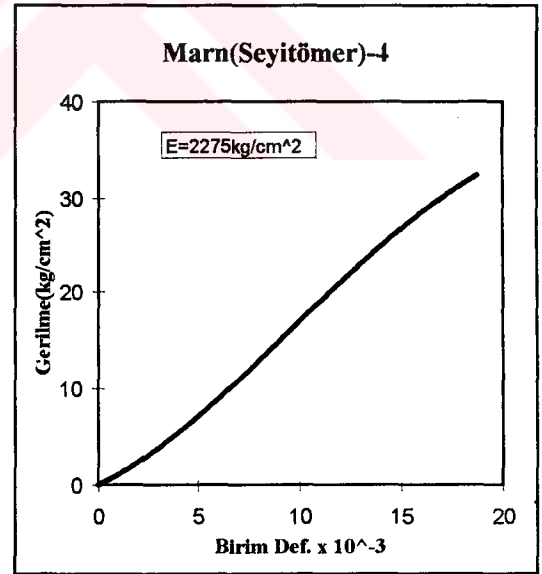
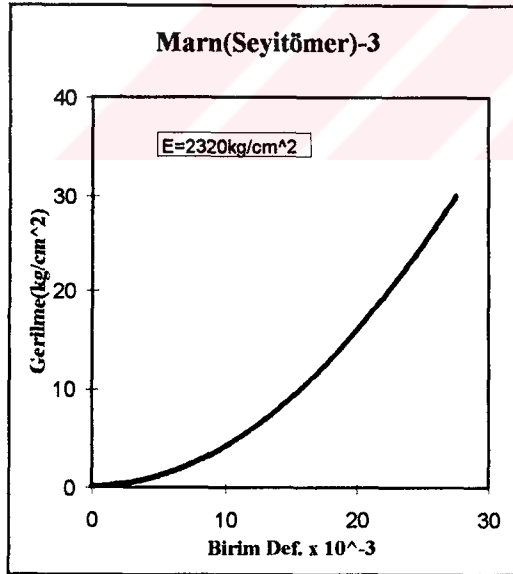
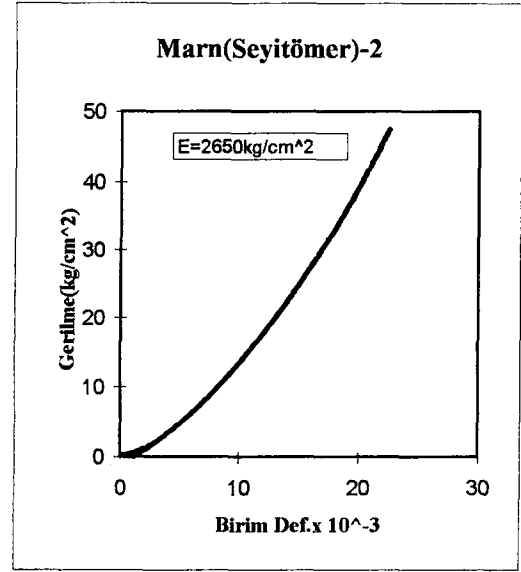
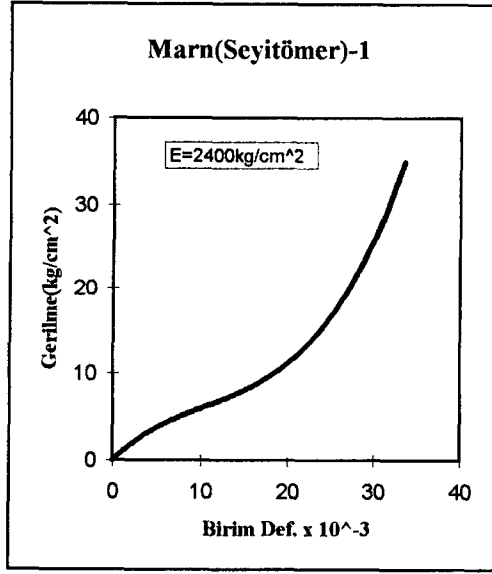
Şekil J.16. Kireçtaşı(Adana) İçin Gerilme-Birim Deformasyon Grafikleri



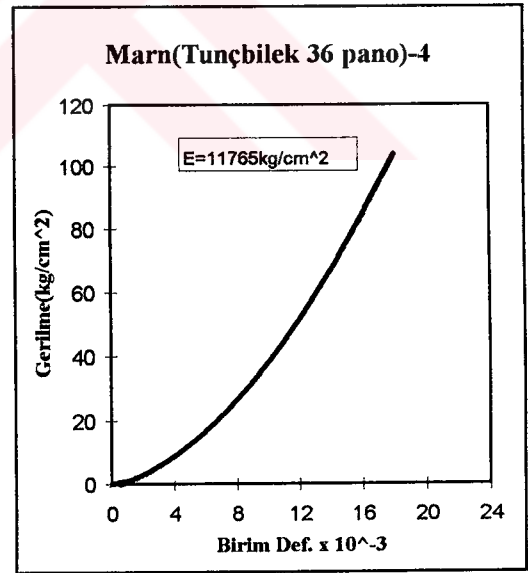
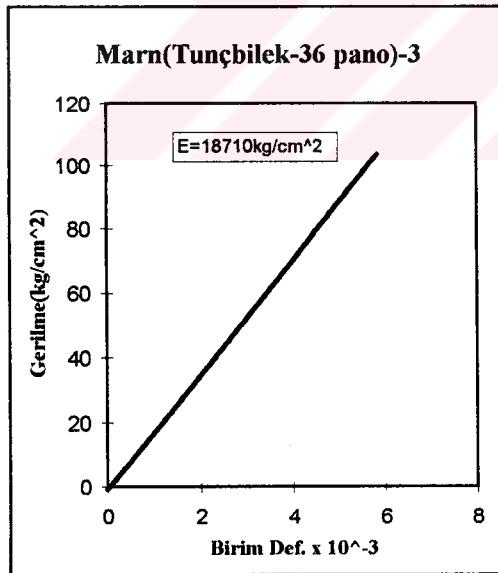
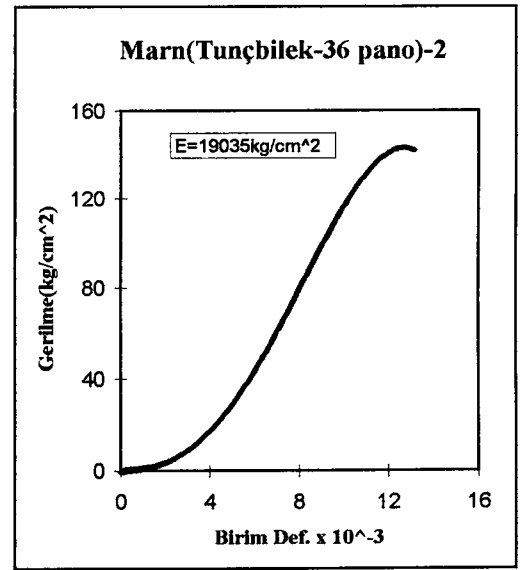
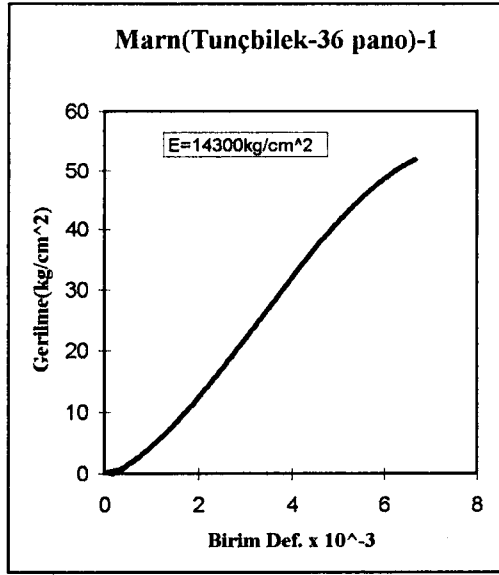
Şekil J.17. Kireçtaşı (Misis) İçin Gerilme-Birim Deformasyon Grafikleri



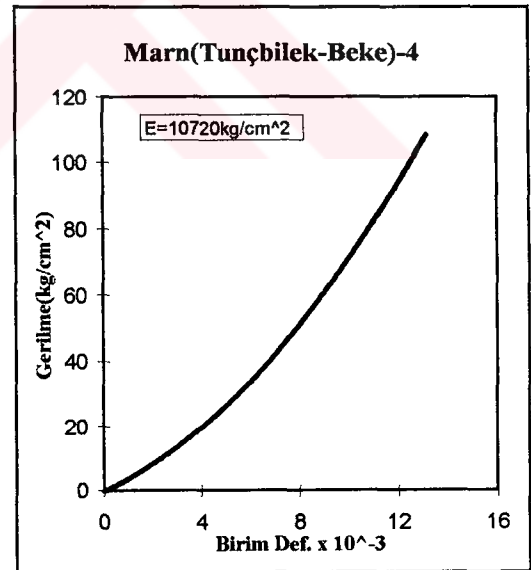
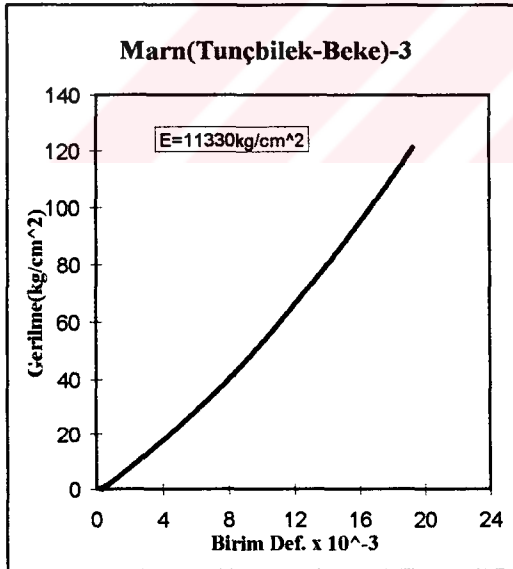
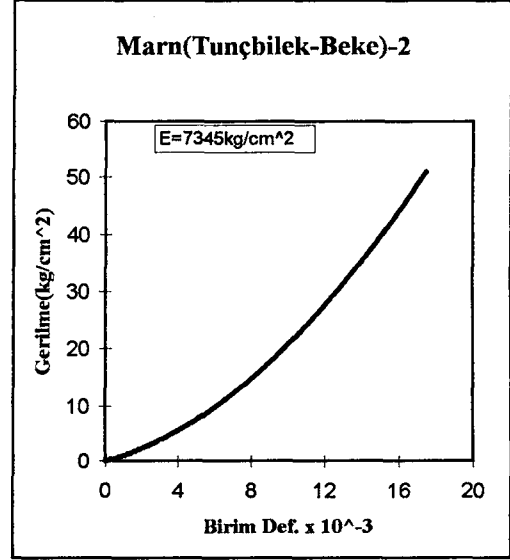
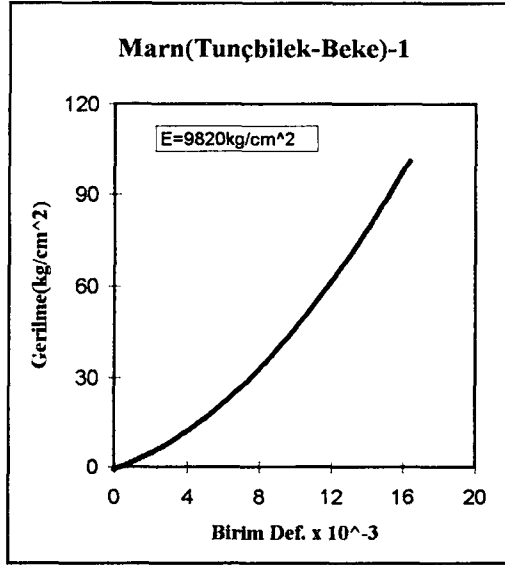
Şekil J.18. Marn (Soma/Işıklar) İçin Gerilme-Birim Deformasyon Grafiği



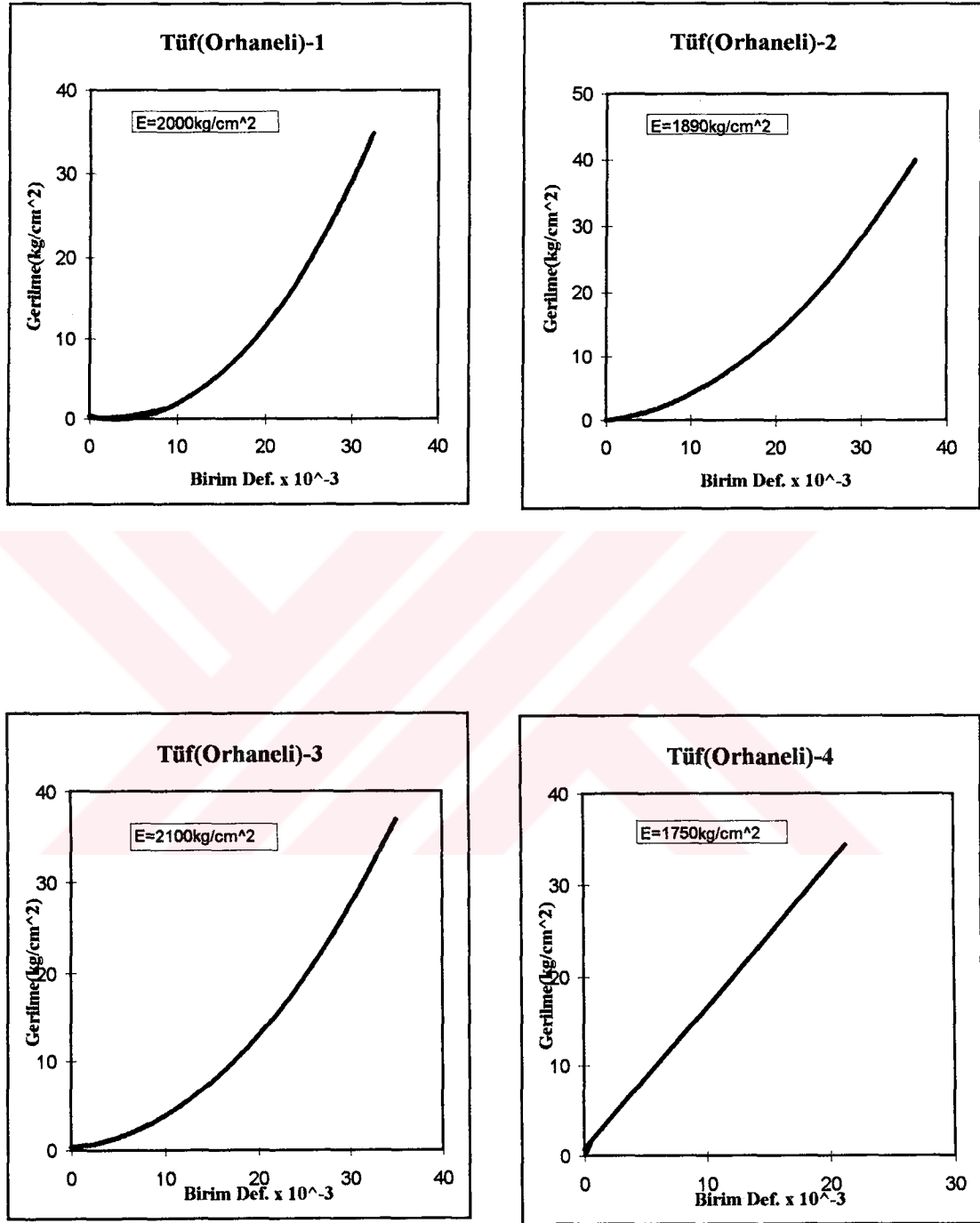
Şekil J.19. Marn (Seyitömer) İçin Gerilme-Birim Deformasyon Grafikleri



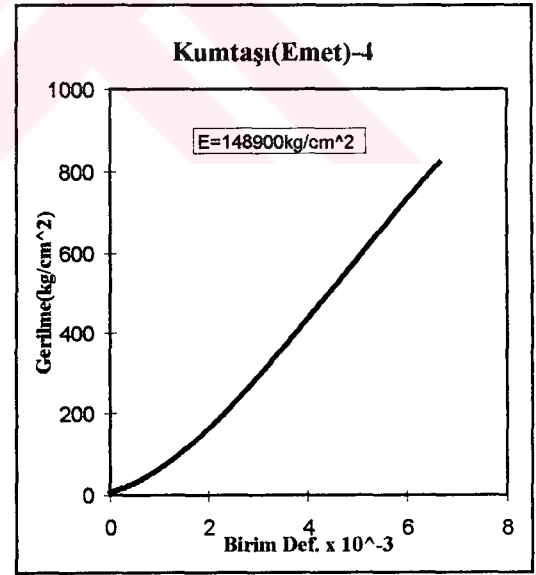
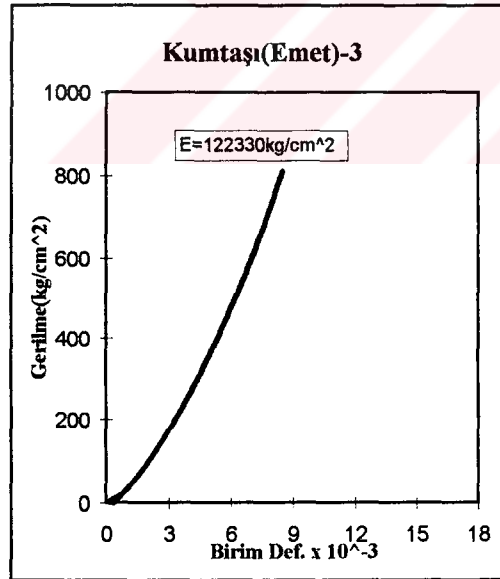
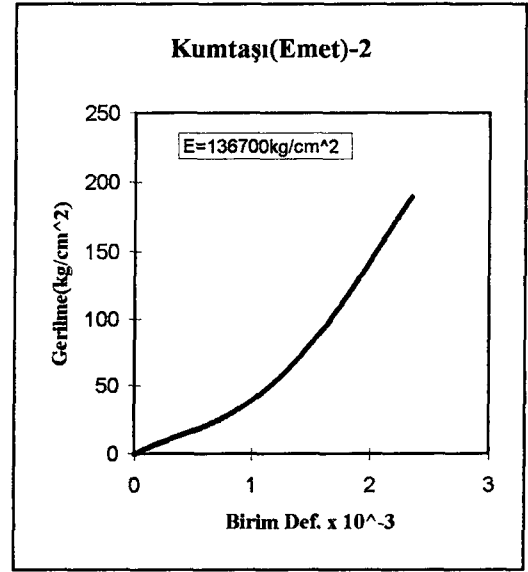
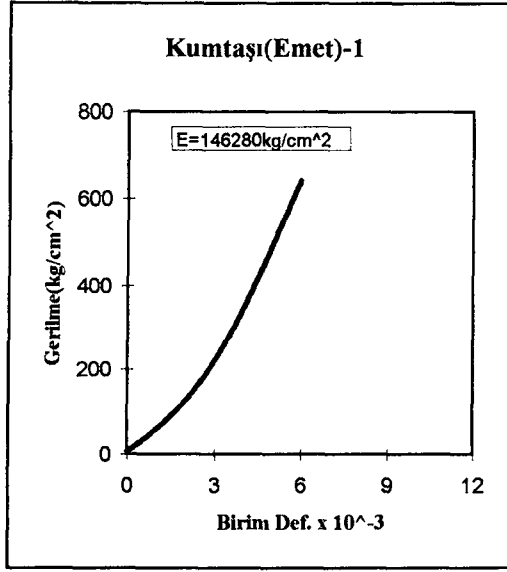
Şekil J.20. Marn (Tunçbilek-36 pano) İçin Gerilme-Birim Deformasyon Grafikleri



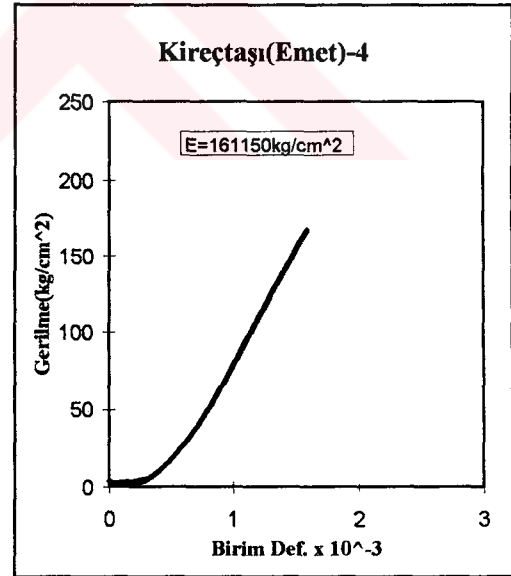
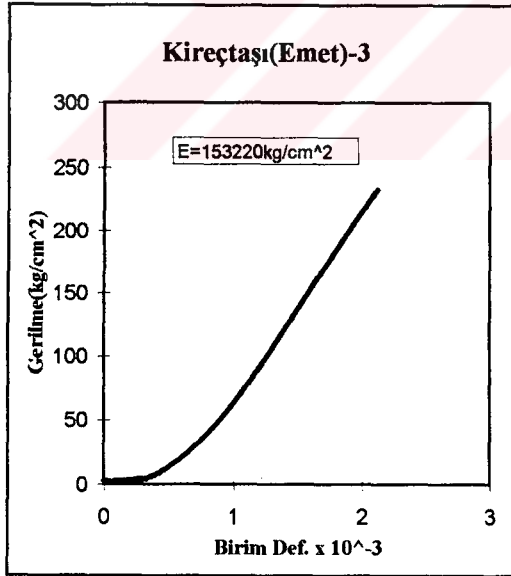
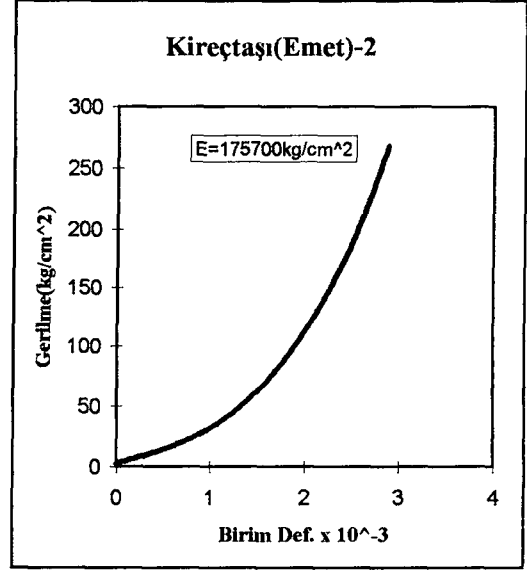
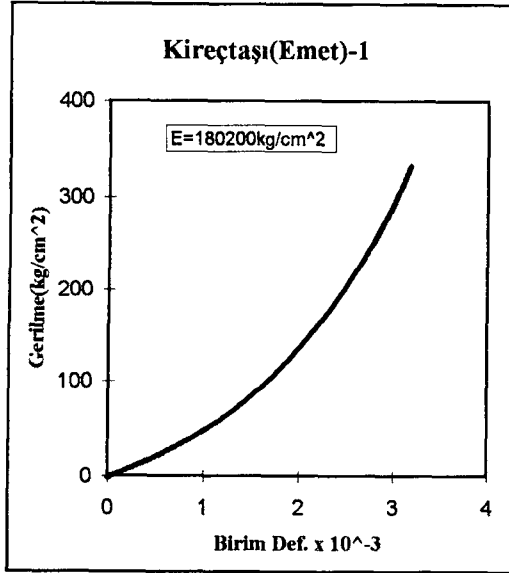
Şekil J.21. Marn (Tunbilek-Beke) İin Gerilme-Birim Deformasyon Grafikleri.



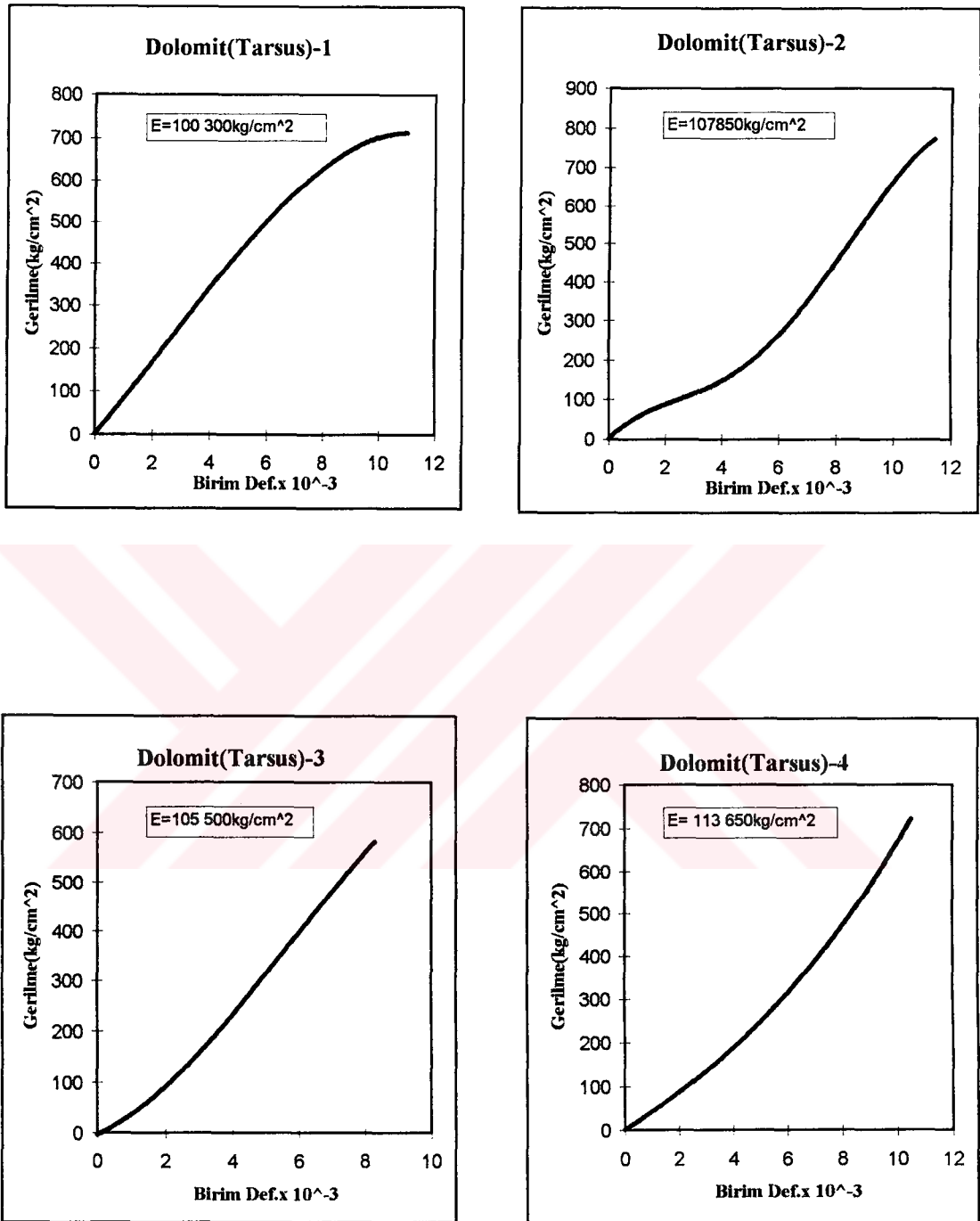
Şekil J.22. Tüf (Orhaneli) İçin Gerilme-Birim Deformasyon Grafikleri.



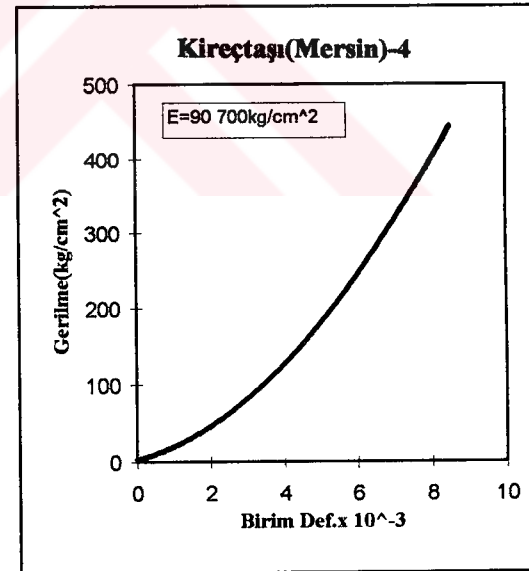
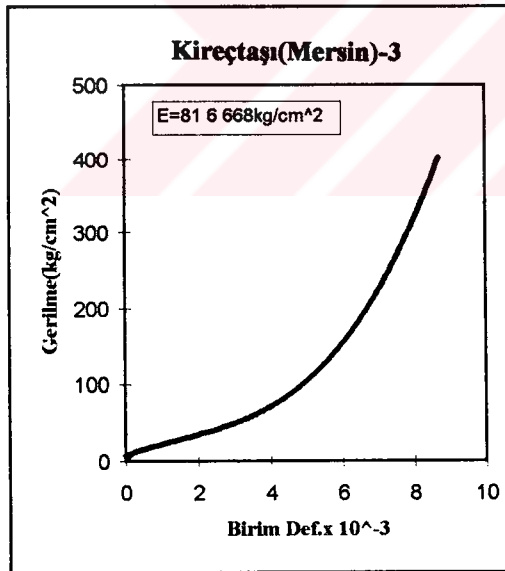
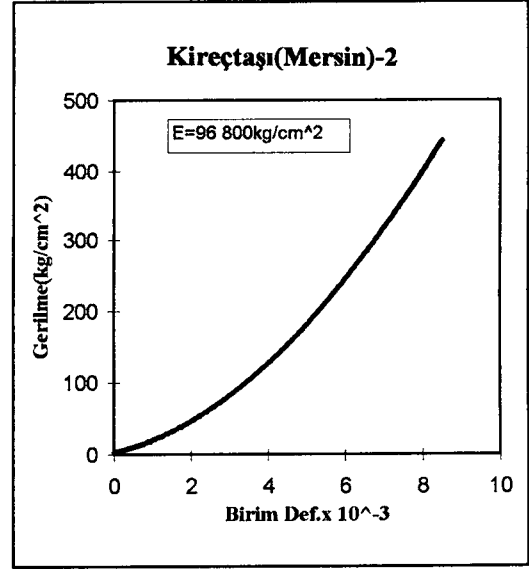
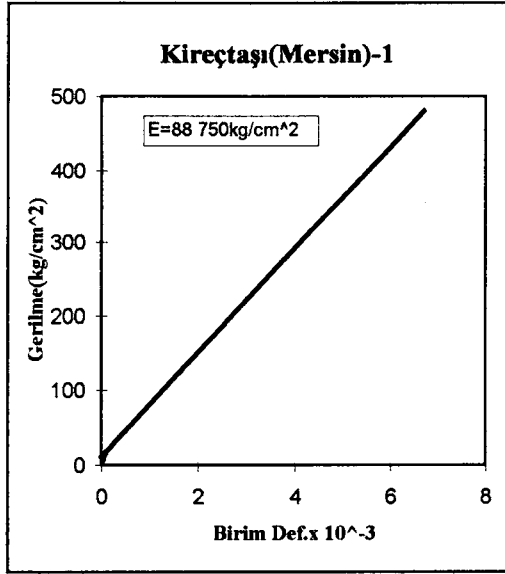
Şekil J.23. Kumtaşı (Emet) İçin Gerilme-Birim Deformasyon Grafikleri



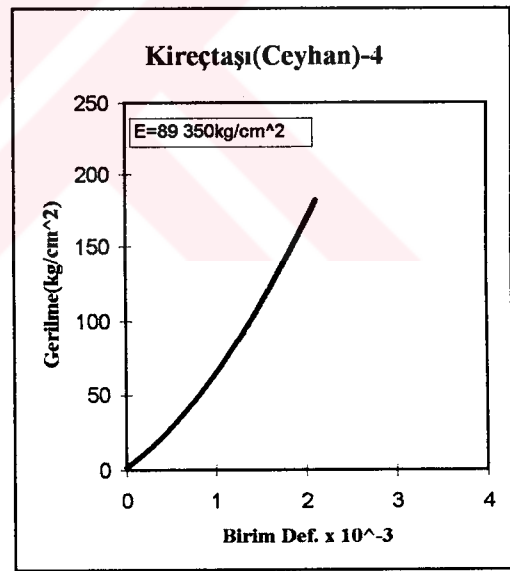
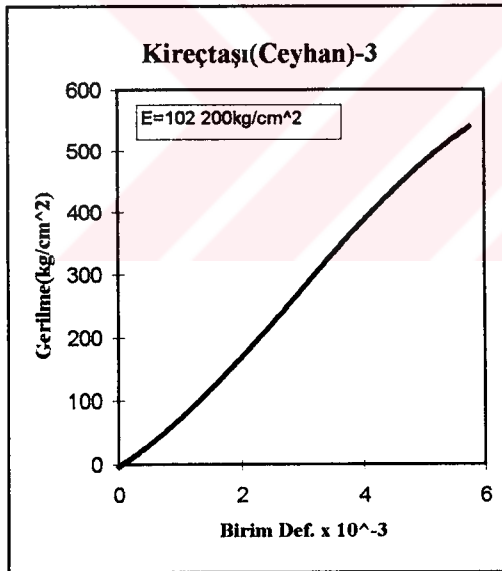
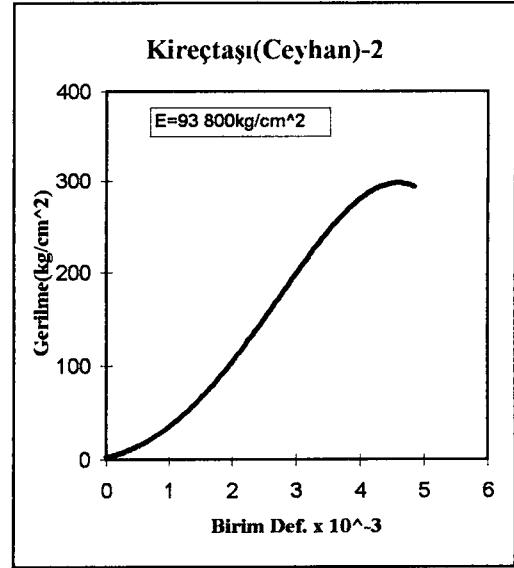
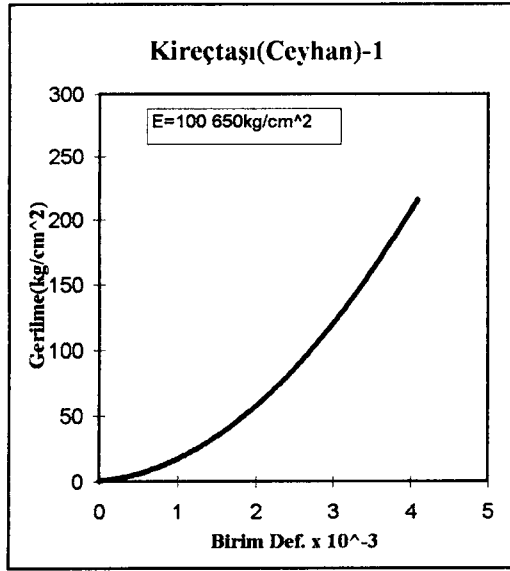
Şekil J.24. Kireçtaşı (Emet) İçin Gerilme-Birim Deformasyon Grafikleri.



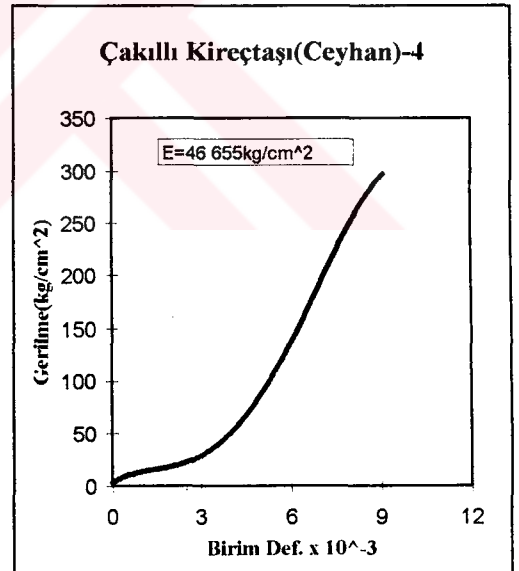
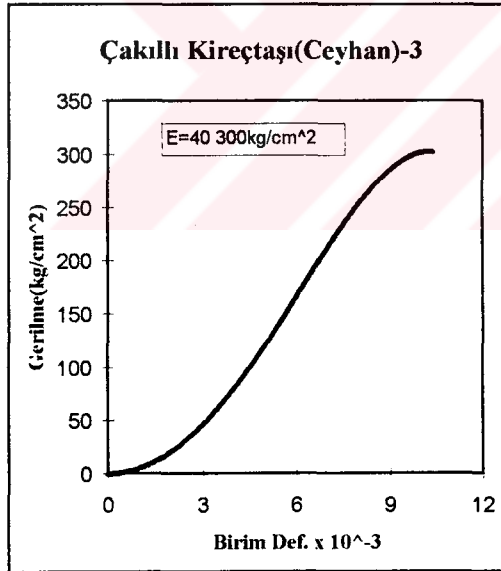
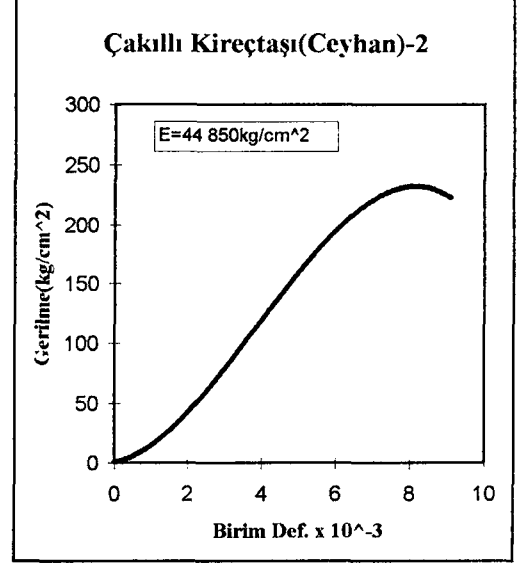
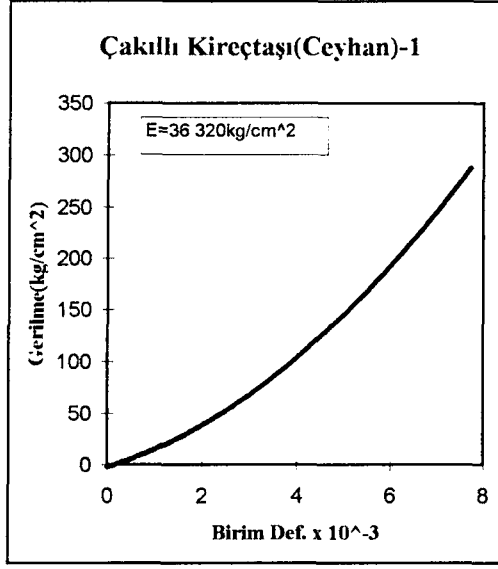
Şekil J.25. Dolomit (Tarsus) İçin Gerilme-Birim Deformasyon Grafikleri.



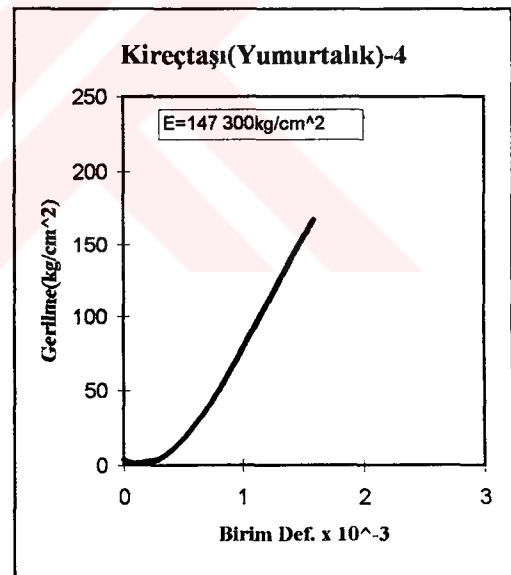
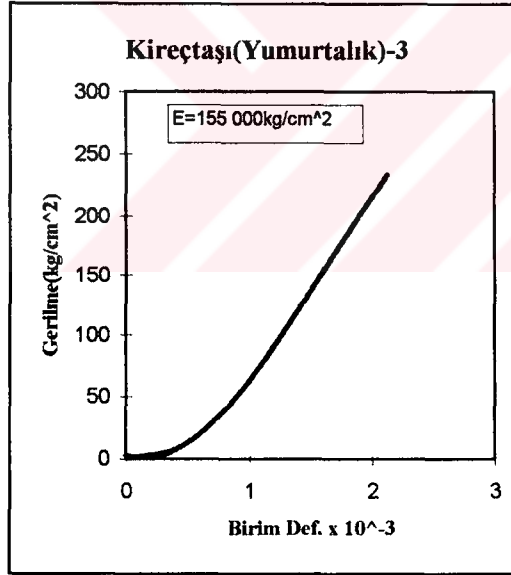
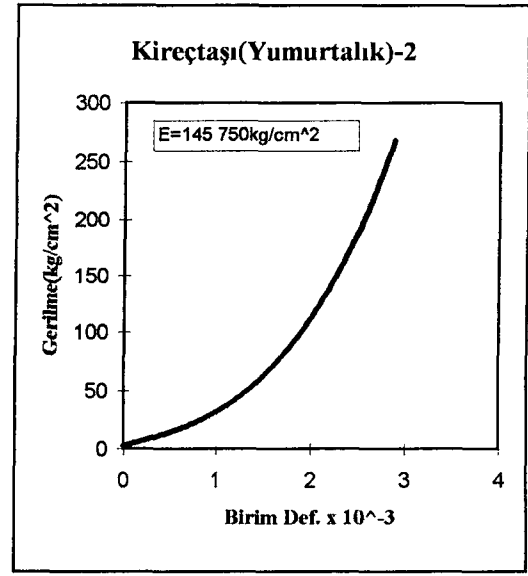
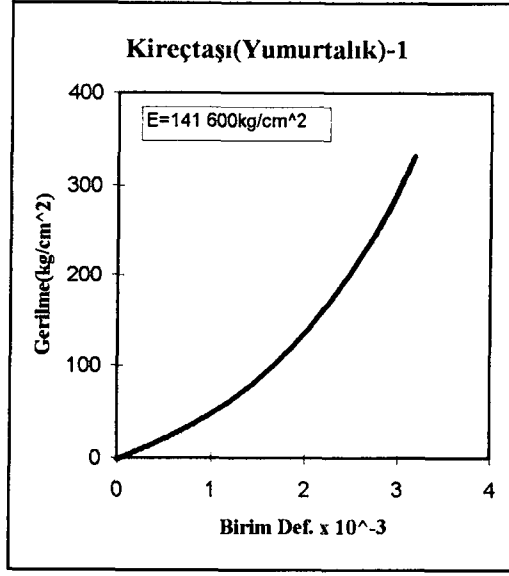
Şekil J.26. Kireçtaşı (Mersin) İçin Gerilme-Birim Deformasyon Grafikleri.



Şekil J.27. Kireçtaşı (Ceyhan) İçin Gerilme-Birim Deformasyon Grafikleri.



Şekil J.28. Çakıllı Kireçtaşı (Ceyhan) İçin Gerilme-Birim Deformasyon Grafikleri



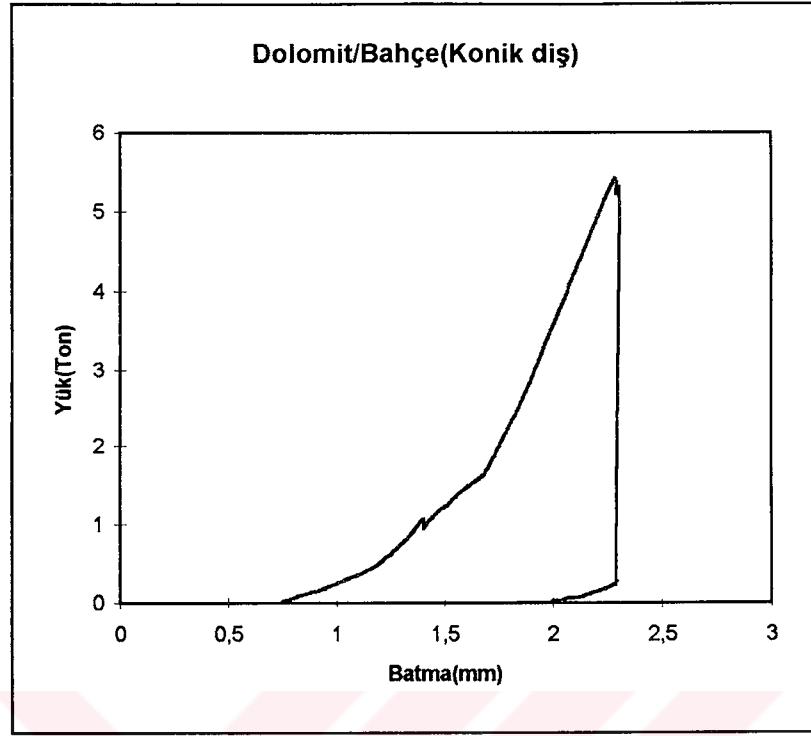
Şekil J.29. Kireçtaşı (Yumurtaılık) İçin Gerilme-Birim Deformasyon Grafikleri.

Tablo K.1. Elastik Modül Değerleri.

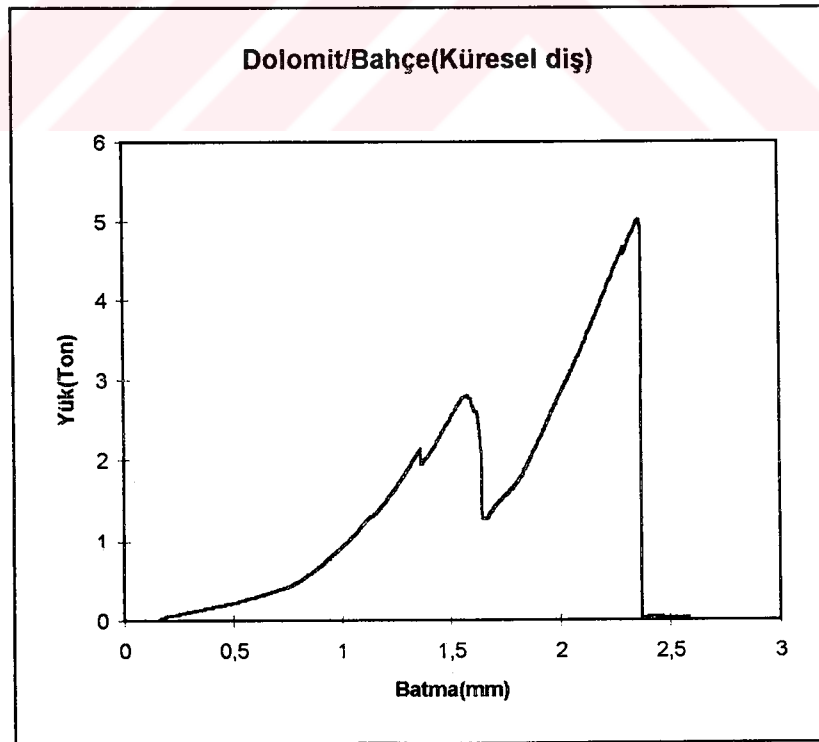
Tarih	Yer	Formasyon	Elastik Modül (kg/cm^2) $\times 10^3$	Ortalama \pm S.S $\times 10^3$
15.01.1996	Bahçe	Dolomit	70.00, 85.30, 52.32, 65.60	68.30 \pm 13.6
15.01.1996	Erikli	Kireçtaşı	85.34, 65.68, 60.40, 76.30	71.93 \pm 11.1
15.01.1996	Bahçe	Kumtaşı-1	75.00, 82.30, 96.85, 95.70	87.46 \pm 10.6
15.01.1996	Erikli	Marn	48.70, 36.69, 4.3.50, 33.68	40.6 \pm 6.8
15.01.1996	Erikli	Diyabaz	110.30, 122.50, 95.65, 107.60	109.01 \pm 11.0
15.01.1996	Bahçe	Kumtaşı-2	119.70, 98.90, 108.84, 116.24	110.92 \pm 9.2
15.01.1996	Bahçe	Altere Kumtaşı	13.65, 18.35, 16.34, 14.30	15.66 \pm 2.1
15.01.1996	Erikli	Serpantin	214.56, 218.4, 206.3, 205.4	211.16 \pm 6.3
15.01.1996	Pozantı	Kireçtaşı	95.65, 118.70, 97.60, 115.34	106.82 \pm 11.9
15.01.1996	Pozantı	Killi kireçtaşı	26.66, 23.40, 20.00, 26.70	24.19 \pm 3.2
27.08.1995	Yahyalı	Hematit	202.51, 192.307, 189.92, 198.906	195.66 \pm 6.2
27.08.1995	Yahyalı	Metakumtaşı	101.00, 96.32, 111.51, 113.65	105.62 \pm 8.3
27.08.1995	Konya	Serpantin	201.20, 204.03, 196.42, 207.30	202.24 \pm 4.6
27.08.1995	Darıca	Dolomit	290.51, 335.42, 280.58, 300.00	301.63 \pm 23.9
27.08.1995	Darıca	Kireçtaşı	115.66, 133.29, 132.79, 118.55	125.17 \pm 9.2
27.08.1995	Adana	Kireçtaşı	7.51, 8.40, 8.01, 7.70	7.90 \pm 0.4
27.08.1995	Misis	Kireçtaşı	200.0, 212.3, 198.5, 199.32	202.53 \pm 6.5
13.08.1996	Soma	Marn	46.13, 47.01, 46.08, 51.11	47.58 \pm 2.4
13.08.1996	Seyitömer	Marn	2.40, 2.65, 2.32, 2.27	2.41 \pm 0.2
13.08.1996	Tunçbilek	Marn	14.30, 19.03, 18.71, 11.76	15.95 \pm 3.5
13.08.1996	Tunçbilek	Marn	9.82, 7.34, 11.33, 10.72	9.80 \pm 1.7
13.08.1996	Orhaneli	Tüf	2.00, 1.89, 2.10, 1.75	1.93 \pm 0.1
13.08.1996	Emet	Kumtaşı	146.28, 136.70, 122.33, 148.90	138.55 \pm 12.0
13.08.1996	Emet	Kireçtaşı	180.20, 175.70, 153.22, 161.15	167.57 \pm 12.5
17.08.1996	Tarsus	Dolomit	100.30, 107.85, 105.50, 113.65	106.82 \pm 5.5
17.08.1996	Mersin	Kireçtaşı	88.75, 96.80, 81.67, 90.70	89.48 \pm 6.2
17.08.1996	Ceyhan	Kireçtaşı	100.65, 93.80, 102.20, 89.35	96.5 \pm 6.0
17.08.1996	Ceyhan	Çakıllı kireçtaşı	36.32, 44.850, 40.30, 46.65	42.0 \pm 4.6
17.08.1996	Yumurtalık	Kireçtaşı	141.60, 145.75, 155.00, 147.30	147.4 \pm 5.6

Tablo L.1. Yoğunluk Değerleri.

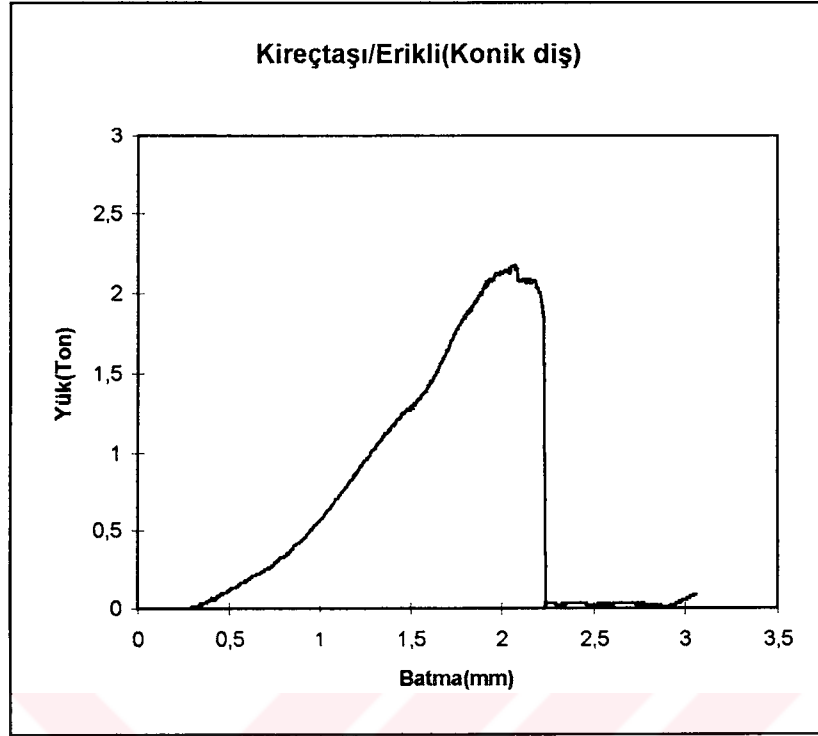
Tarih	Yer	Formasyon	Yoğunluk (g /cm ³)	Ortalama ± S.S
16.06.1994	Bahçe	Dolomit	2.81, 3.10, 2.93, 2.78, 2.89, 3.0, 2.92	2.92 ± 0.11
16.06.1994	Erikli	Kireçtaşı	2.83, 2.67, 2.71, 2.73, 2.78	2.74 ± 0.06
16.06.1994	Bahçe	Kumtaşı-1	3.04, 2.83, 2.82, 3.15, 2.94, 3.22	3.00 ± 0.16
16.06.1994	Erikli	Marn	2.11, 2.30, 2.25, 2.0, 2.28, 2.26	2.20 ± 0.12
16.06.1994	Erikli	Diyabaz	3.25, 2.91, 2.94, 2.78, 2.89, 3.00	2.96 ± 0.16
16.06.1994	Bahçe	Kumtaşı-2	2.78, 2.90, 2.76, 2.82, 2.71, 2.67	2.77 ± 0.08
16.06.1994	Bahçe	Altere Kumtaşı	2.55, 2.45, 2.71, 2.56, 2.47	2.55 ± 0.10
16.06.1994	Erikli	Serpantin	2.78, 3.04, 2.89, 2.73, 3.06, 2.76	2.88 ± 0.14
16.06.1994	Pozantı	Kireçtaşı	2.78, 2.75, 2.61, 2.77, 2.67, 2.72, 2.80	2.73 ± 0.07
16.06.1994	Pozantı	Killi kireçtaşı	2.42, 2.37, 2.50, 2.45, 2.38	2.42 ± 0.05
28.09.1995	Yahyalı	Hematit	3.62, 3.75, 3.37, 3.51, 3.56, 3.81, 3.65	3.61 ± 0.15
28.09.1995	Yahyalı	Metakumtaşı	2.83, 2.67, 2.73, 2.70, 2.56, 2.71	2.70 ± 0.09
28.09.1995	Konya	Serpantin	2.57, 2.64, 2.50, 2.63, 2.71, 2.65, 2.73	2.63 ± 0.05
28.09.1995	Darıca	Dolomit	2.90, 3.00, 2.77, 2.86, 3.01, 2.83, 3.06	2.92 ± 0.11
28.09.1995	Darıca	Kireçtaşı	2.56, 2.51, 2.52, 2.49, 2.44, 2.47, 2.50	2.50 ± 0.04
28.09.1995	Adana	Kireçtaşı	1.80, 1.78, 1.85, 1.97, 1.91, 1.82, 1.87	1.86 ± 0.07
28.09.1995	Misis	Kireçtaşı	2.74, 2.70, 2.71, 2.65, 2.80, 2.69	2.71 ± 0.05
16.08.1996	Soma	Marn	2.51, 2.45, 2.42, 2.48, 2.46, 2.38	2.45 ± 0.04
16.08.1996	Seyitömer	Marn	1.81, 1.93, 1.83, 1.78, 1.80	1.83 ± 0.06
16.08.1996	Tunçbilek	Marn	1.85, 1.93, 1.96, 1.90	1.91 ± 0.05
16.08.1996	Tunçbilek	Marn	2.04, 2.00, 1.98, 2.10, 2.04	2.30 ± 0.05
16.08.1996	Orhaneli	Tüf	1.85, 1.79, 1.88, 1.90, 1.84	1.85 ± 0.04
16.08.1996	Emet	Kumtaşı	2.58, 2.45, 2.56, 2.60, 2.62	2.56 ± 0.07
16.08.1996	Emet	Kireçtaşı	2.73, 2.65, 2.69, 2.70, 2.75	2.70 ± 0.04
27.08.1996	Tarsus	Dolomit	2.78, 3.00, 2.87, 3.20, 2.85, 3.16	2.98 ± 0.17
27.08.1996	Mersin	Kireçtaşı	2.65, 2.70, 2.61, 2.69, 2.73, 2.59	2.66 ± 0.05
27.08.1996	Ceyhan	Kireçtaşı	2.76, 2.91, 2.95, 2.99, 2.96, 3.15, 3.00	2.96 ± 0.12
27.08.1996	Ceyhan	Çakıllı kireçtaşı	2.50, 2.61, 2.65, 2.66, 2.71, 2.68, 2.45	2.61 ± 0.1
27.08.1996	Yumurtalık	Kireçtaşı	2.71, 2.73, 2.83, 2.85, 2.90, 2.77, 2.93, 2.80	2.81 ± 0.08



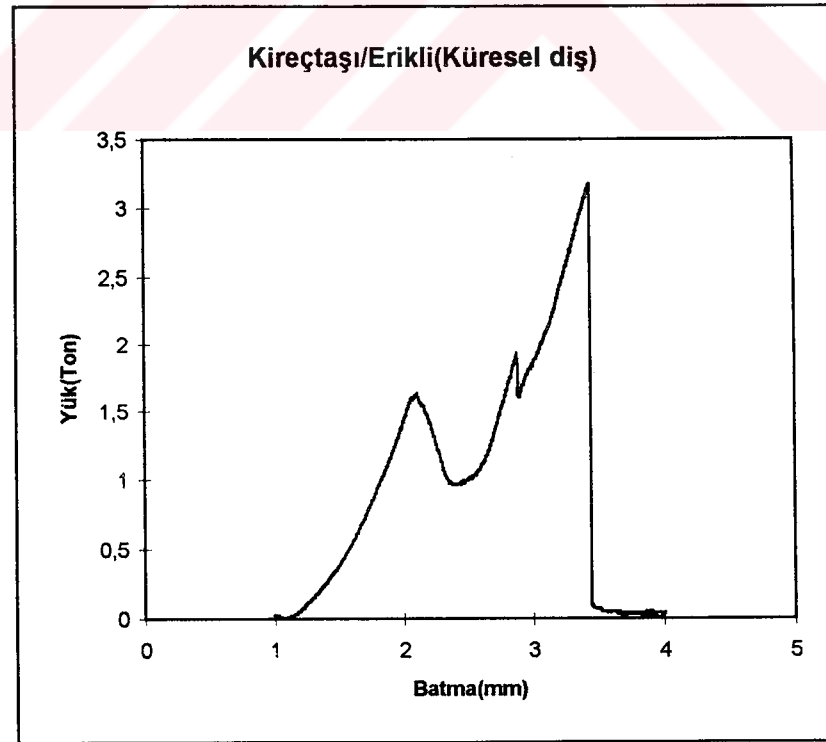
Şekil M.1. Dolomit (Bahçe)'in Konik Diş İçin Yük-Batma Karakteristik Eğrisi.



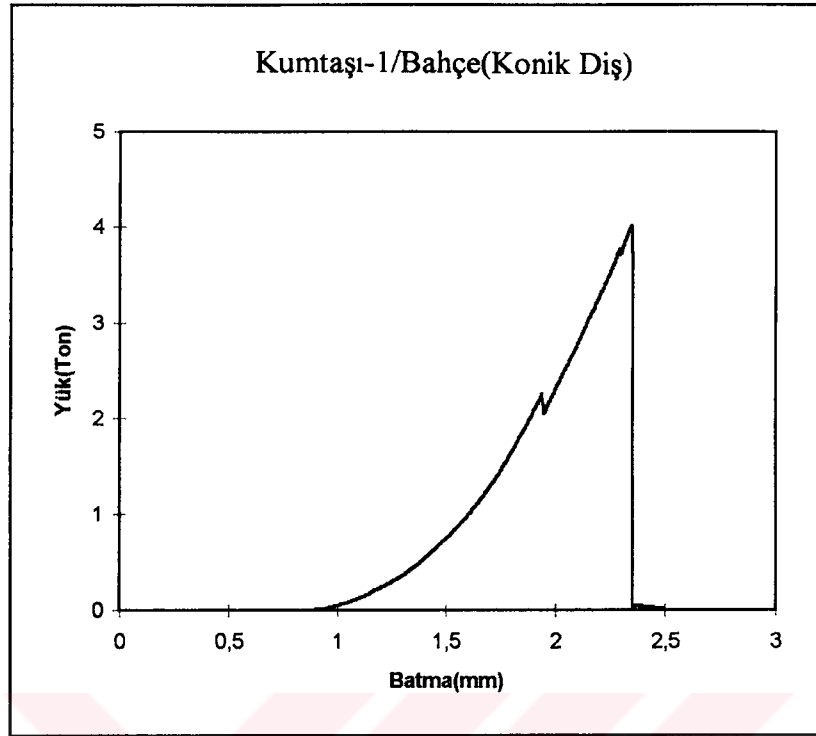
Şekil M.2. Dolomit (Bahçe)'in Küresel Diş İçin Yük-Batma Karakteristik Eğrisi.



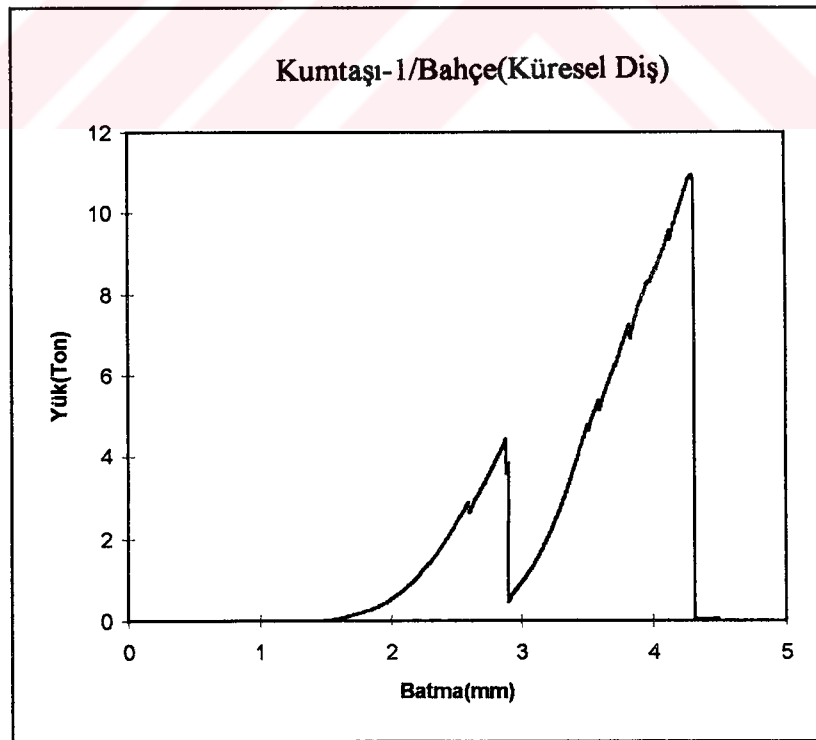
Şekil M.3. Kireçtaşı (Erikli)'nın Konik Diş İçin Yük-Batma Karakteristik Eğrisi.



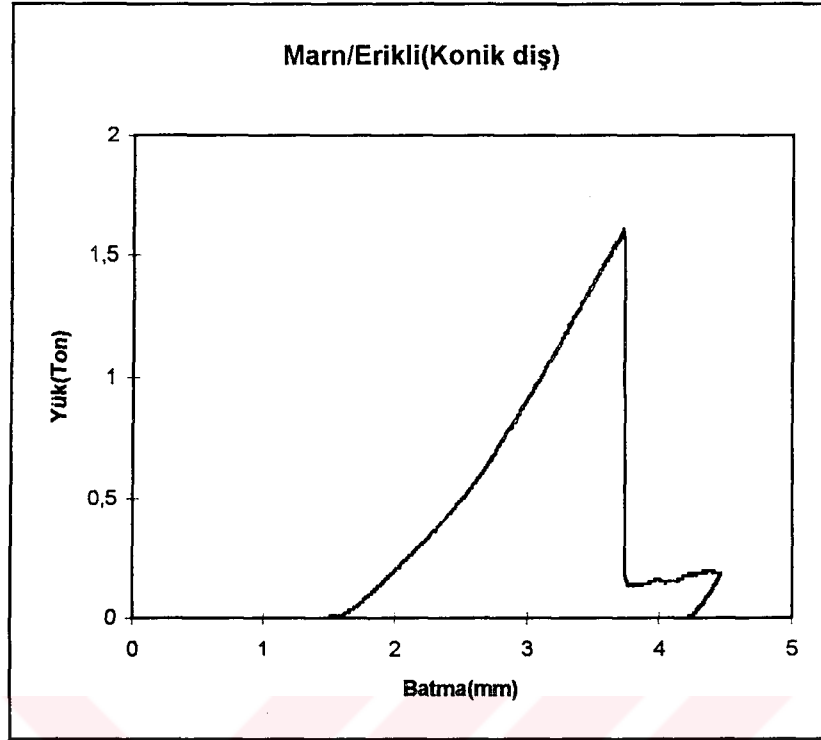
Şekil M.4. Kireçtaşı (Erikli)'nın Küresel Diş İçin Yük-Batma Karakteristik Eğrisi.



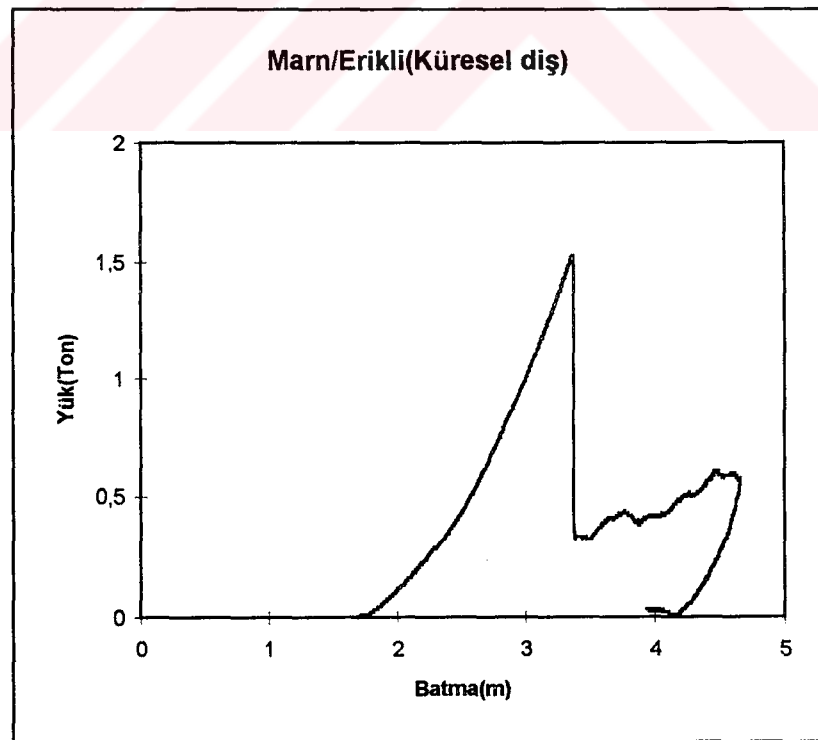
Şekil M.5. Kumtaşı-1 (Bahçe)' in Konik Diş İçin Yük-Batma Karakteristik Eğrisi.



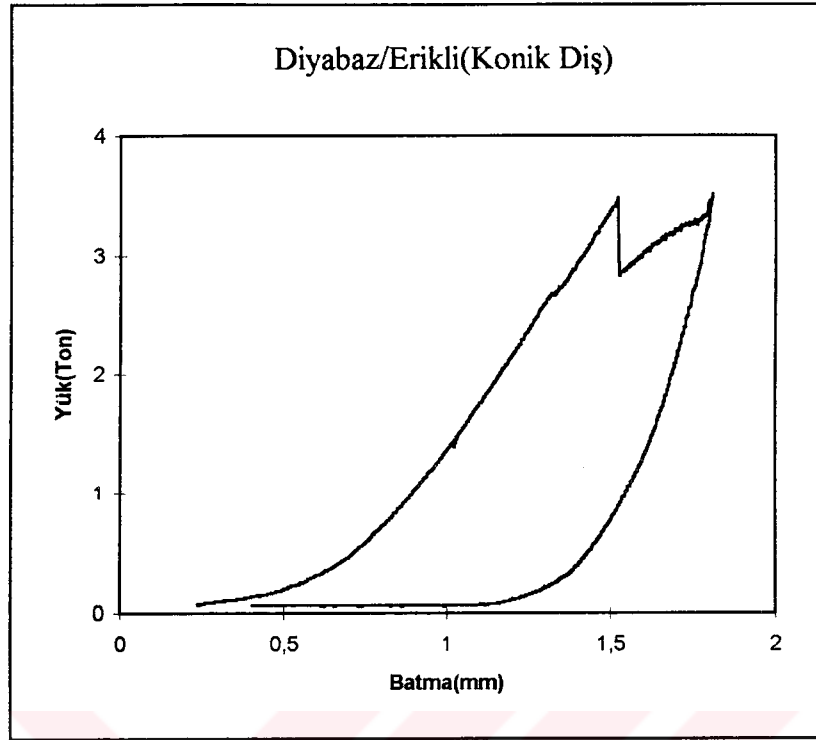
Şekil M.6. Kumtaşı-1 (Bahçe)' in Küresel Diş İçin Yük-Batma Karakteristik Eğrisi.



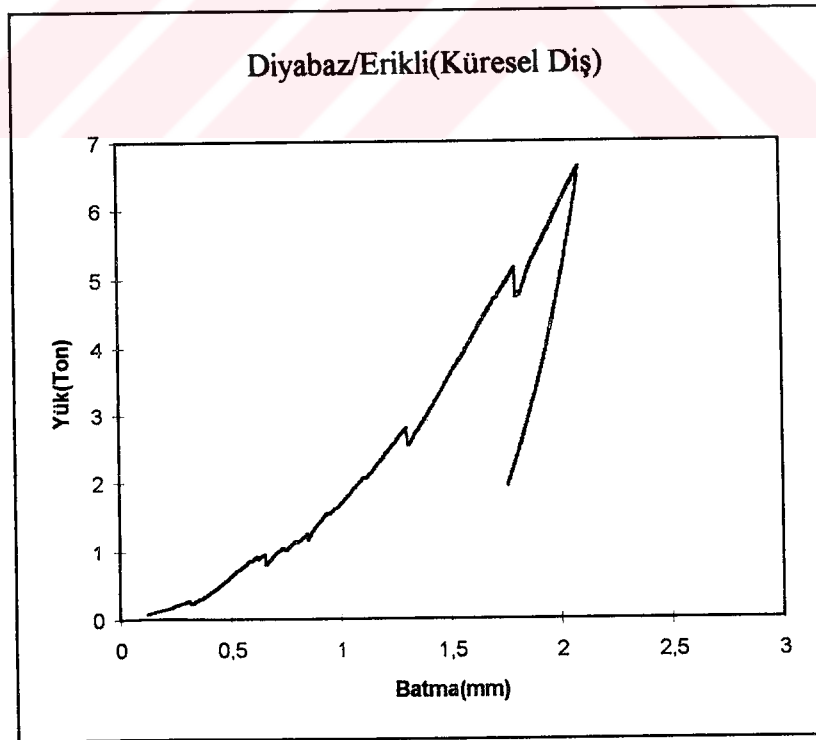
Şekil M.7. Marn (Erikli)'ın Konik Diş İçin Yük-Batma Karakteristik Eğrisi.



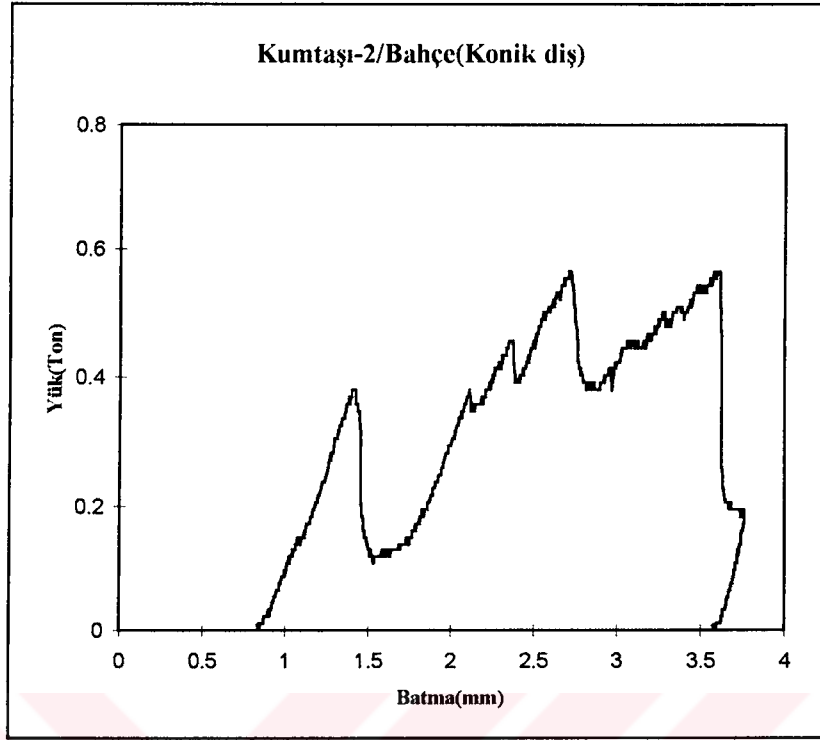
Şekil M.8. Marn (Erikli)'ın Küresel Diş İçin Yük-Batma Karakteristik Eğrisi.



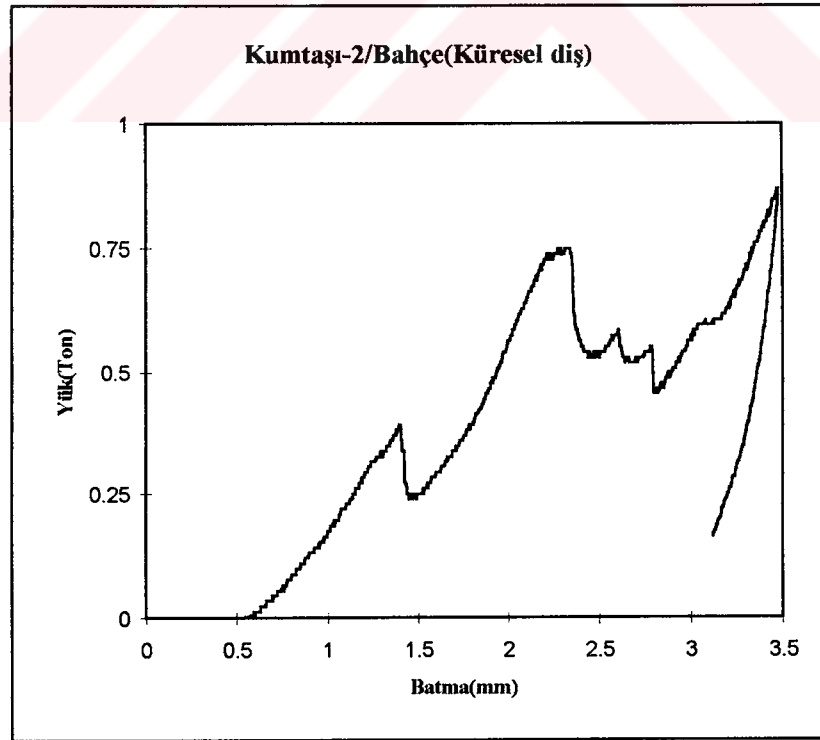
Şekil M.9. Diyabaz (Erikli)'in Konik Diş İçin Yük-Batma Karakteristik Eğrisi.



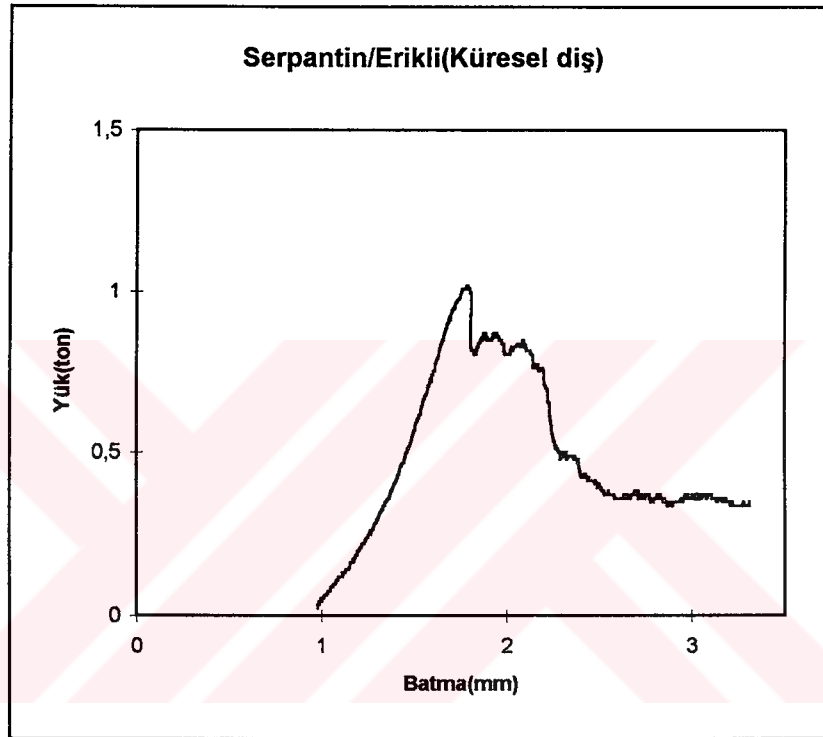
Şekil M.10. Diyabaz (Erikli)'in Küresel Diş İçin Yük-Batma Karakteristik Eğrisi.



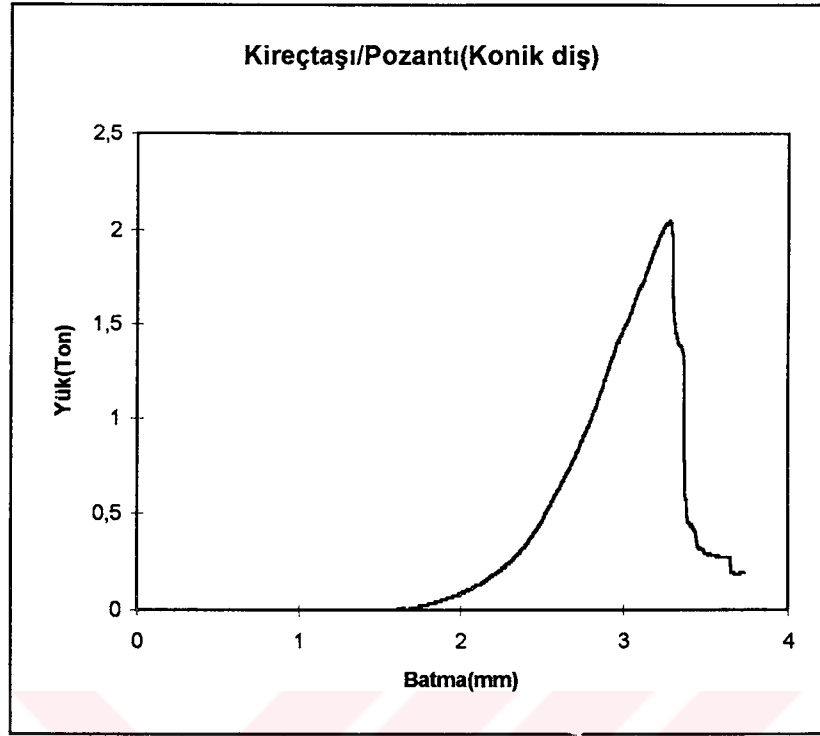
Şekil M.11. Kumtaşı-2 (Bahçe)'nin Konik Diş İçin Yük-Batma Karakteristik Eğrisi.



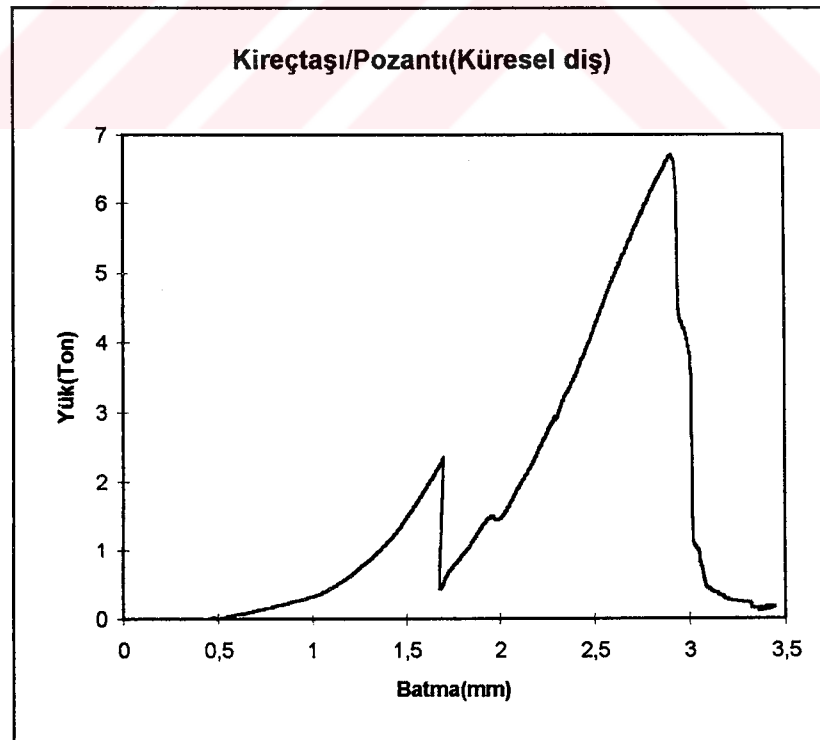
Şekil M.12. Kumtaşı-2 (Bahçe)'nin Küresel Diş İçin Yük-Batma Karakteristik Eğrisi.



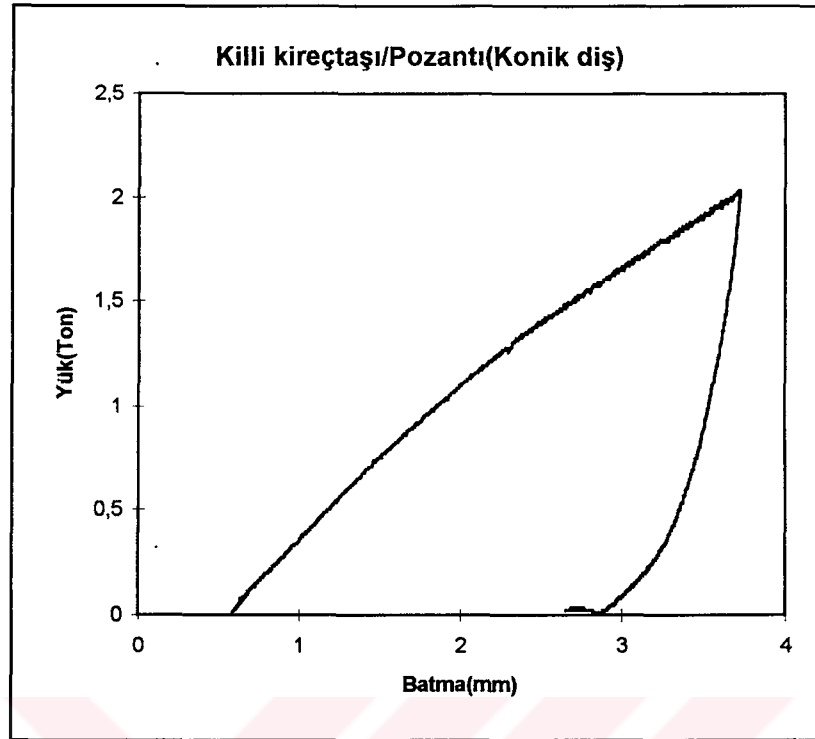
Şekil M.13 Serpantin (Erikli)'in Küresel Diş İçin Yük-Batma Karakteristik Eğrisi.



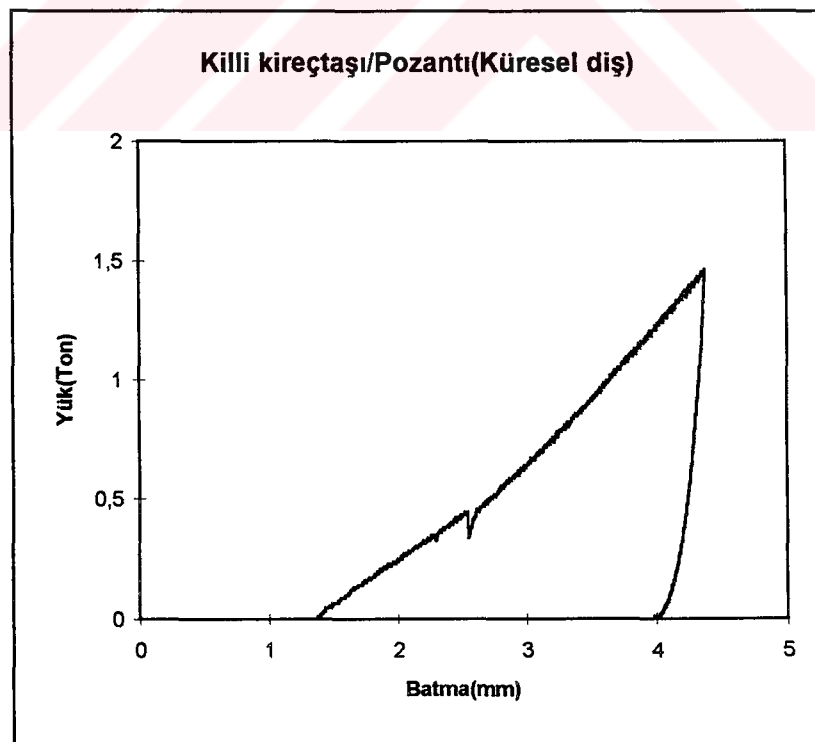
Şekil M.14. Kireçtaşı (Pozanti)'nın Konik Diş İçin Yük-Batma Karakteristik Eğrisi.



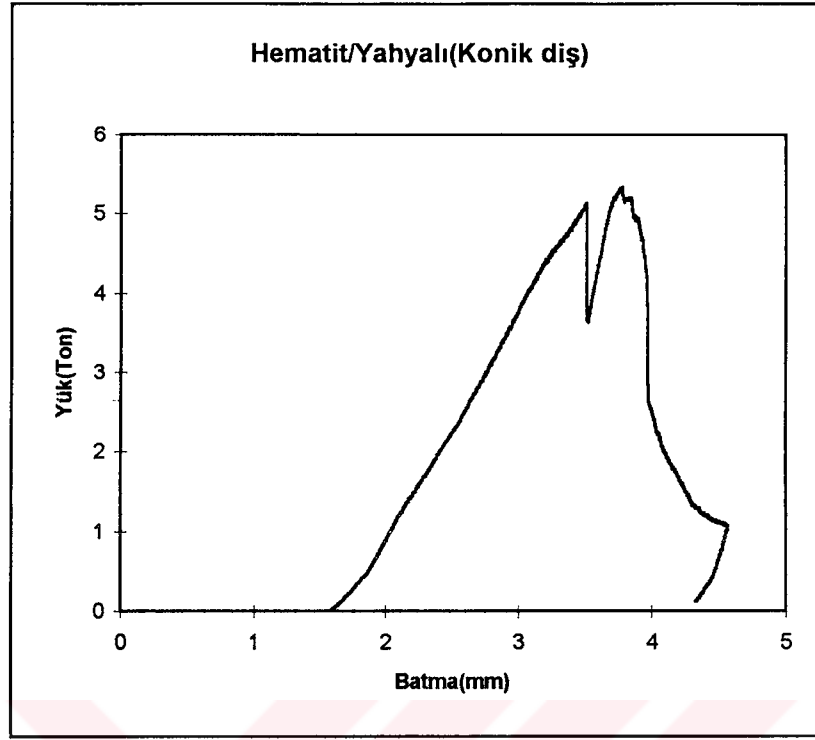
Şekil M.15. Kireçtaşı (Pozanti)'nın Küresel Diş İçin Yük-Batma Karakteristik Eğrisi.



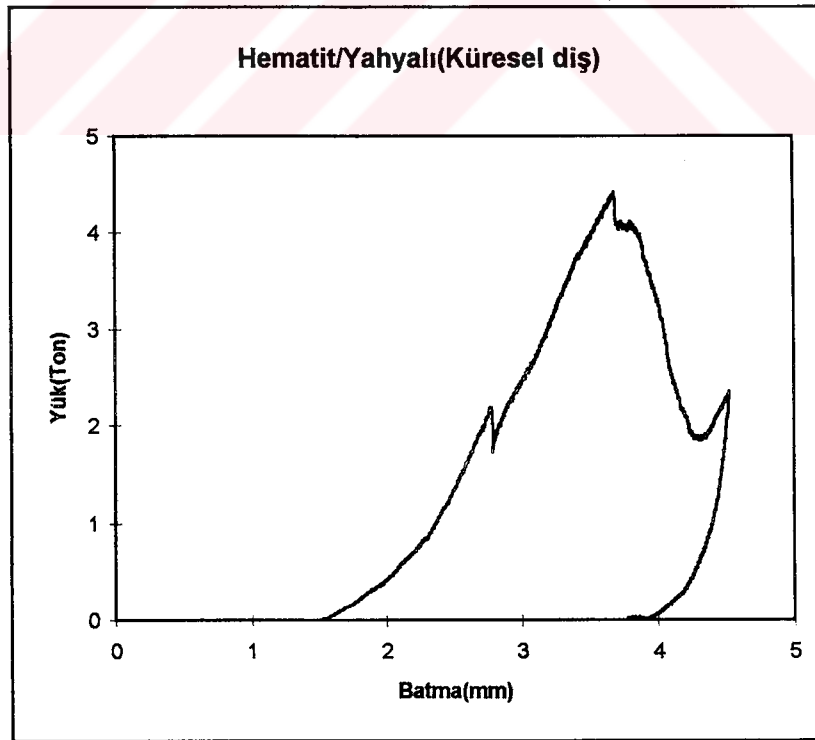
Şekil M.16. Killi Kireçtaşı (Pozantı)'nın Konik Diş İçin Yük-Batma Karakteristik Eğrisi.



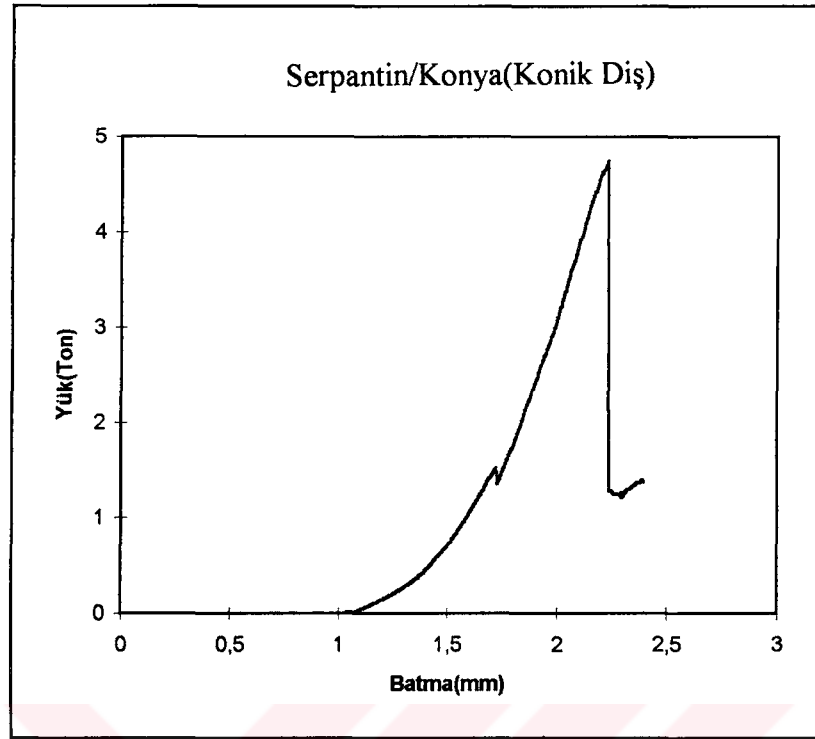
Şekil M.17. Killi Kireçtaşı (Pozantı)'nın Küresel Diş İçin Yük-Batma Karakteristik Eğrisi.



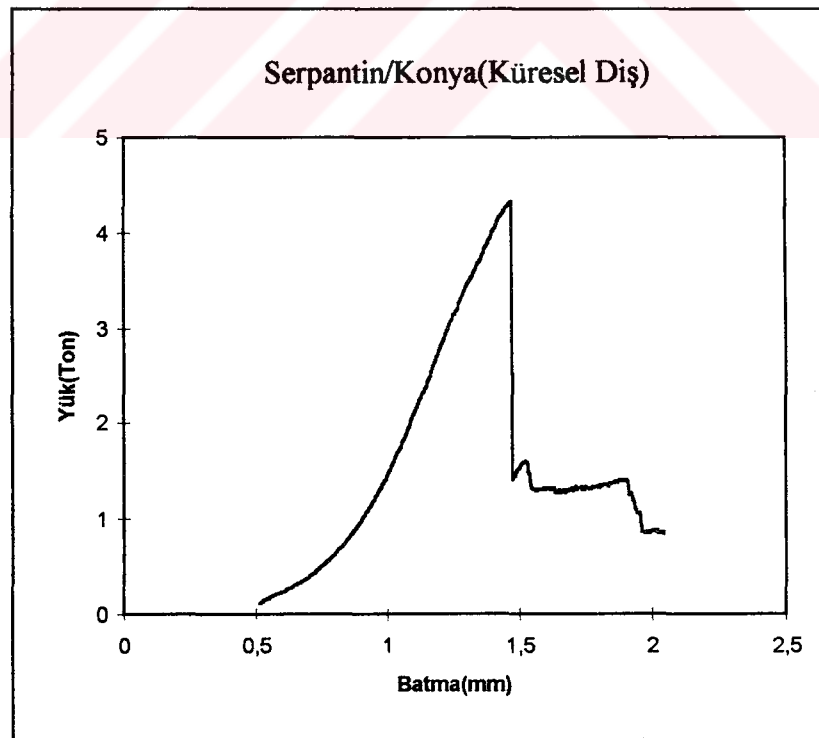
Şekil M.18. Hematit (Yahyalı)'in Konik Diş İçin Yük-Batma Karakteristik Eğrisi.



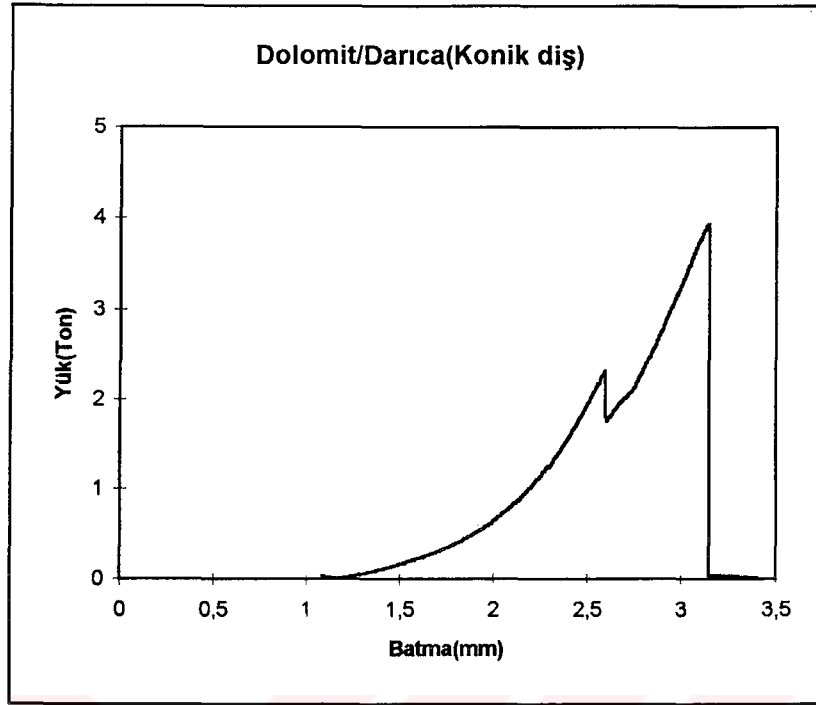
Şekil M.19. Hematit (Yahyalı)'in Küresel Diş İçin Yük-Batma Karakteristik Eğrisi.



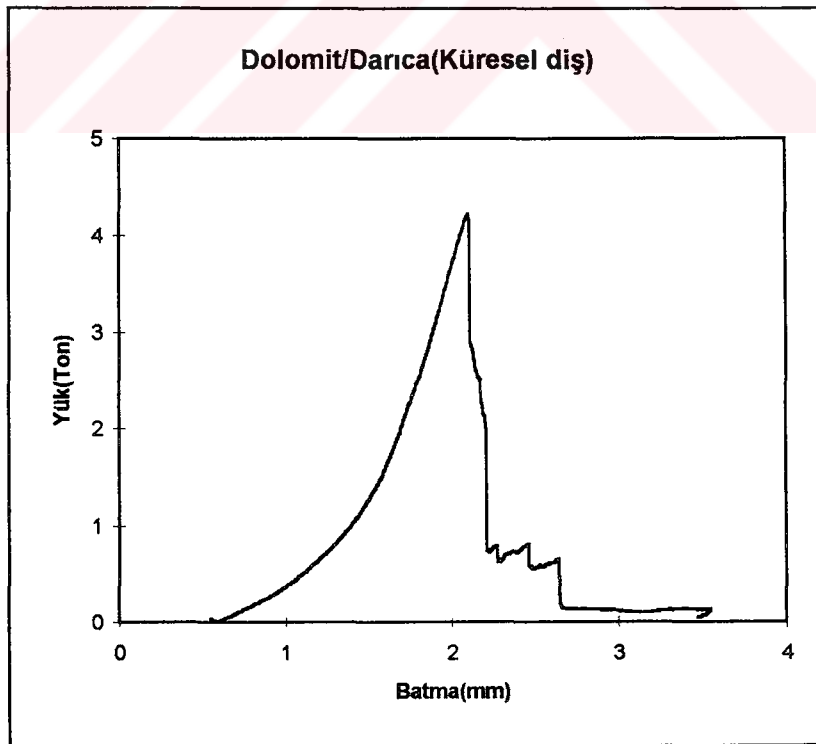
Şekil M.20. Serpantin (Konya)'in Konik Diş İçin Yük-Batma Karakteristik Eğrisi.



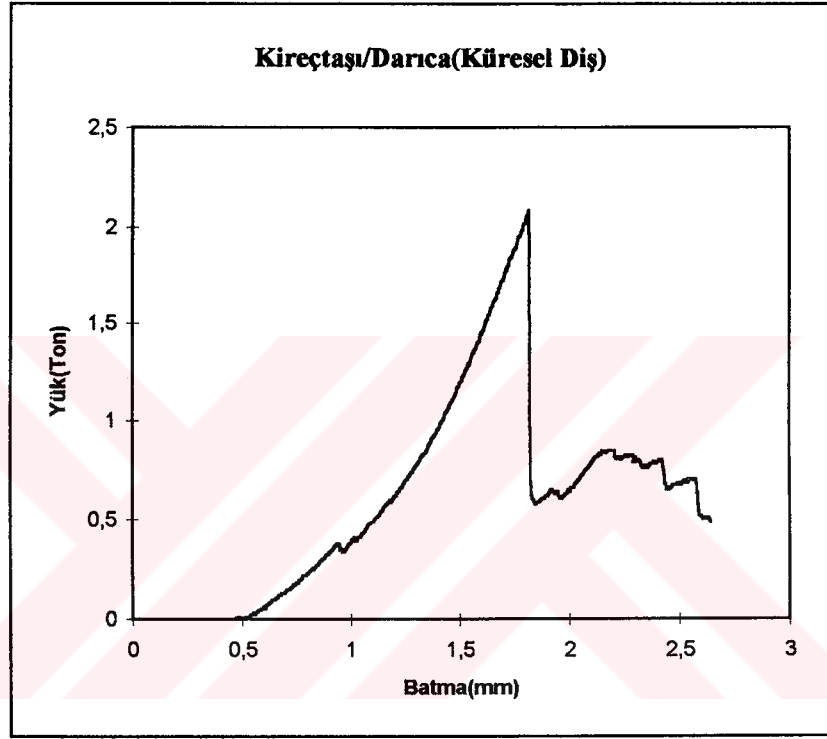
Şekil M.21. Serpantin (Konya)'in Küresel Diş İçin Yük-Batma Karakteristik Eğrisi.



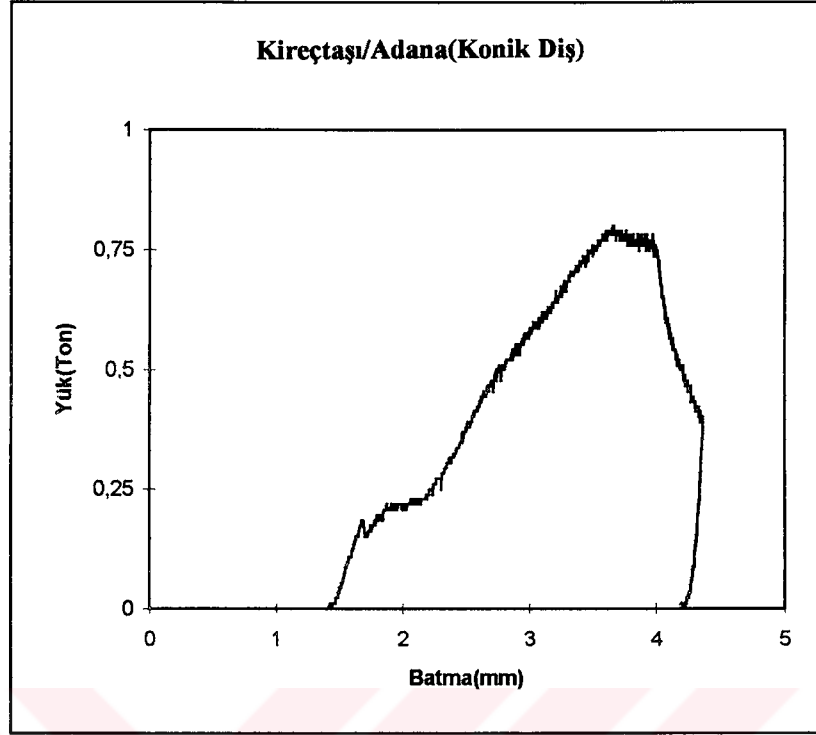
Şekil M.22. Dolomit (Darıca)'in Konik Diş İçin Yük-Batma Karakteristik Eğrisi.



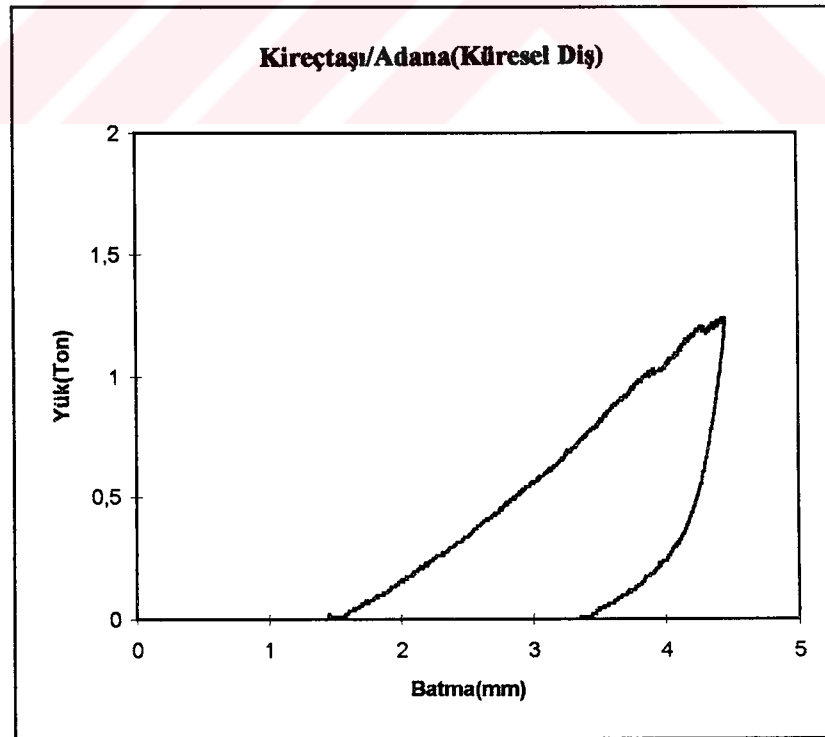
Şekil M.23. Dolomit (Darıca)'in Küresel Diş İçin Yük-Batma Karakteristik Eğrisi.



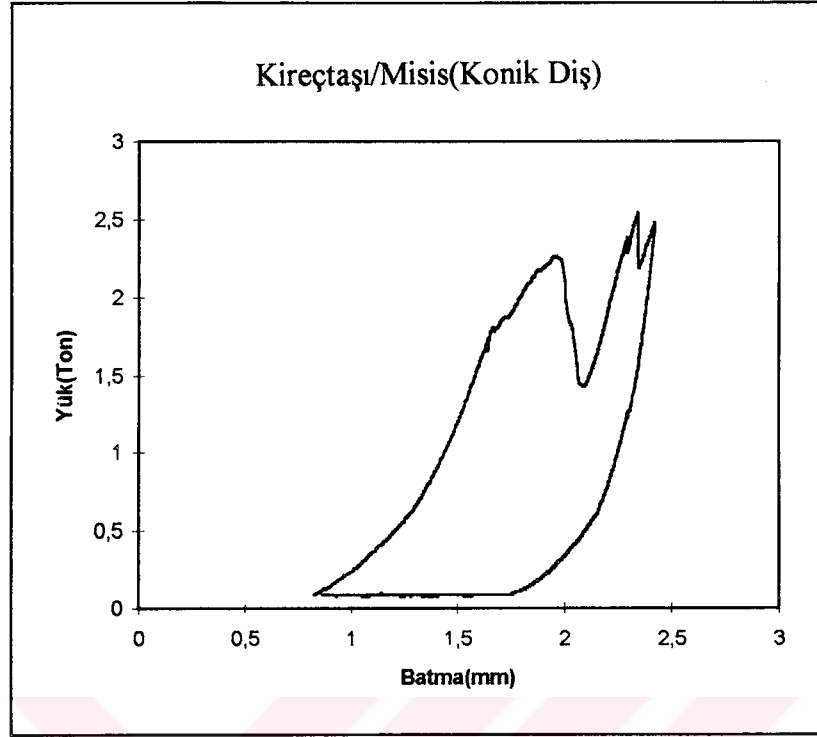
Şekil M.24. Kireçtaşı(Darıca)'nın Küresel Diş İçin Yük-Batma Karakteristik Eğrisi.



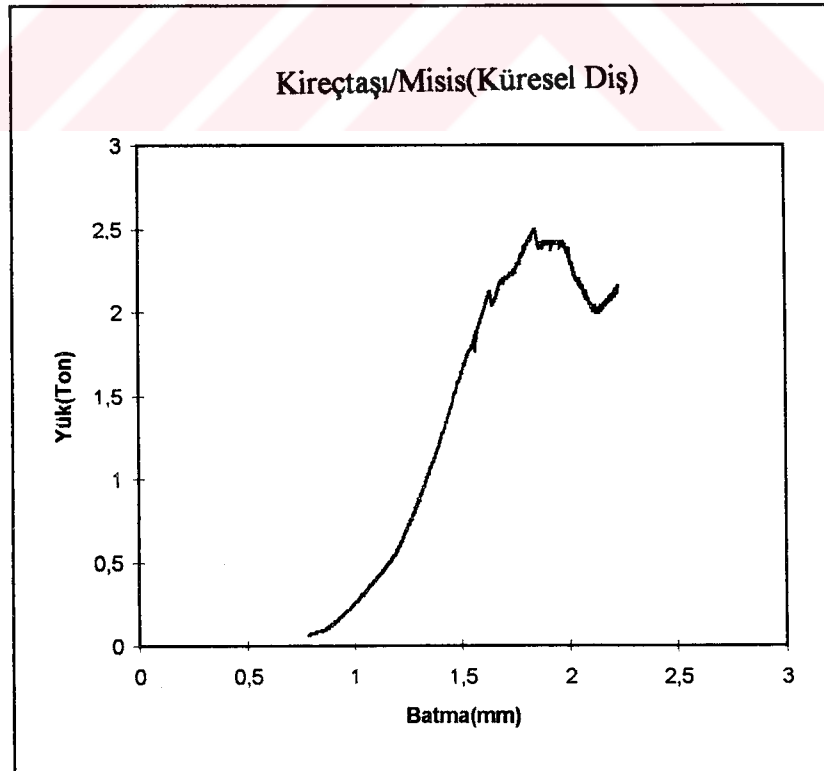
Şekil M.25. Kireçtaşı(Adana)'nın Konik Diş İçin Yük-Batma Karakteristik Eğrisi.



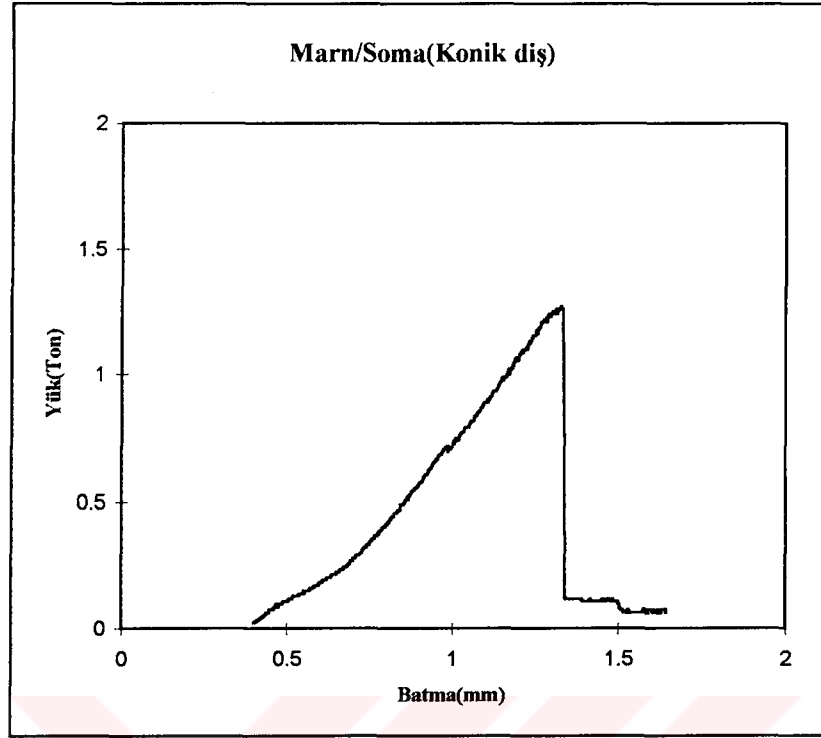
Şekil M.26. Kireçtaşı(Adana)'nın Küresel Diş İçin Yük-Batma Karakteristik Eğrisi.



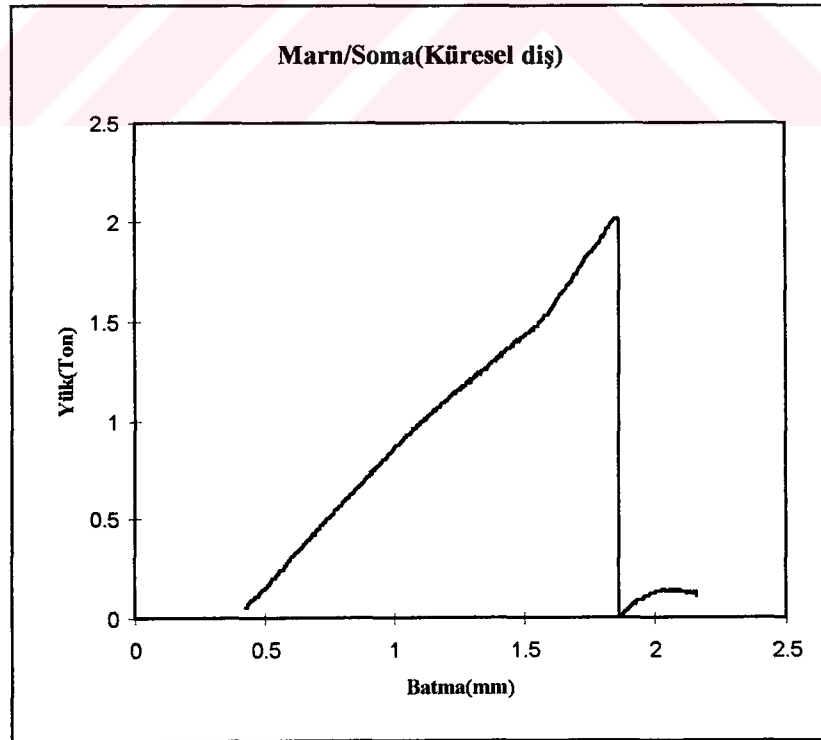
Şekil M.27. Kireçtaşı (Misis)'nin Konik Diş İçin Yük-Batma Karakteristik Eğrisi.



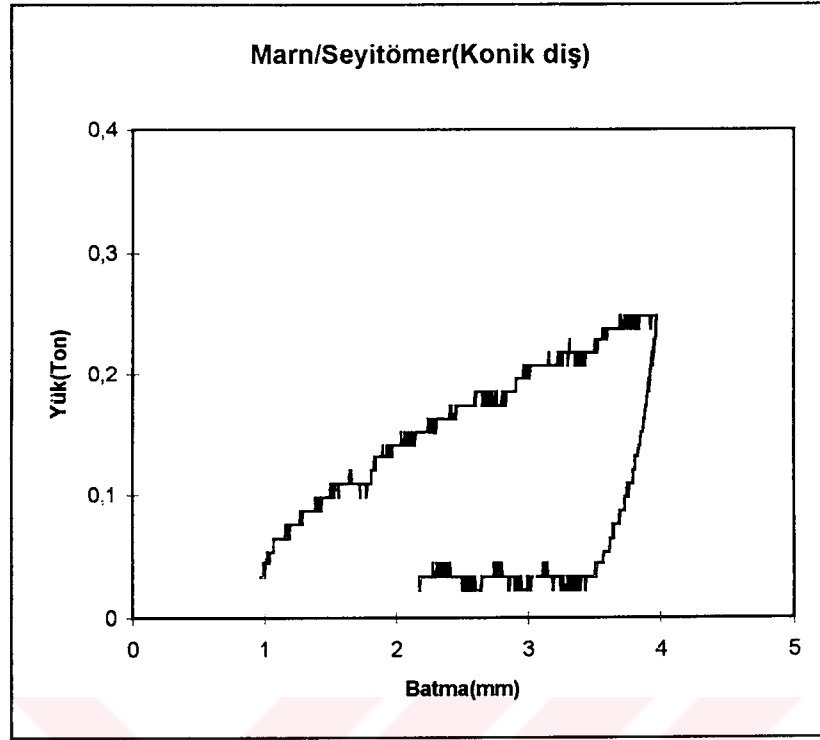
Şekil M.28. Kireçtaşı (Misis)'nin Küresel Diş İçin Yük-Batma Karakteristik Eğrisi.



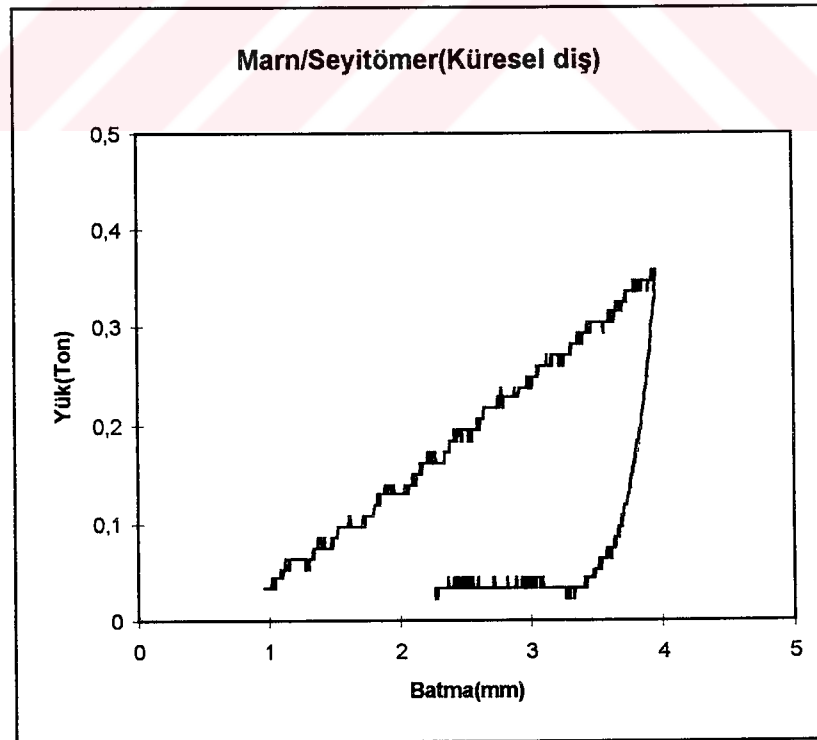
Şekil M.29. Marn (Soma/Işıklar)'ın Konik Diş İçin Yük-Batma Karakteristik Eğrisi.



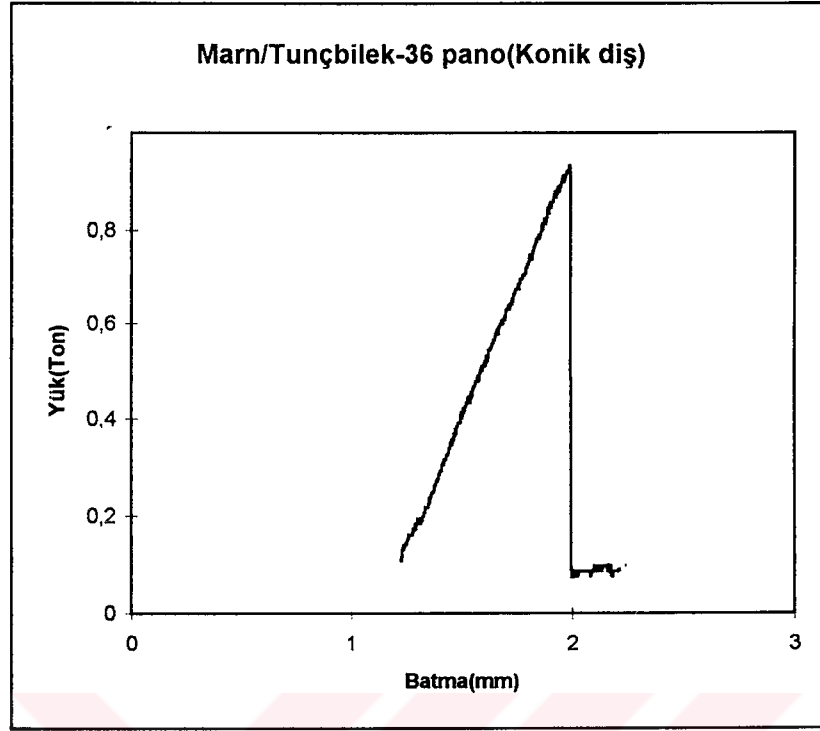
Şekil M.30. Marn (Soma/Işıklar)'ın Küresel Diş İçin Yük-Batma Karakteristik Eğrisi.



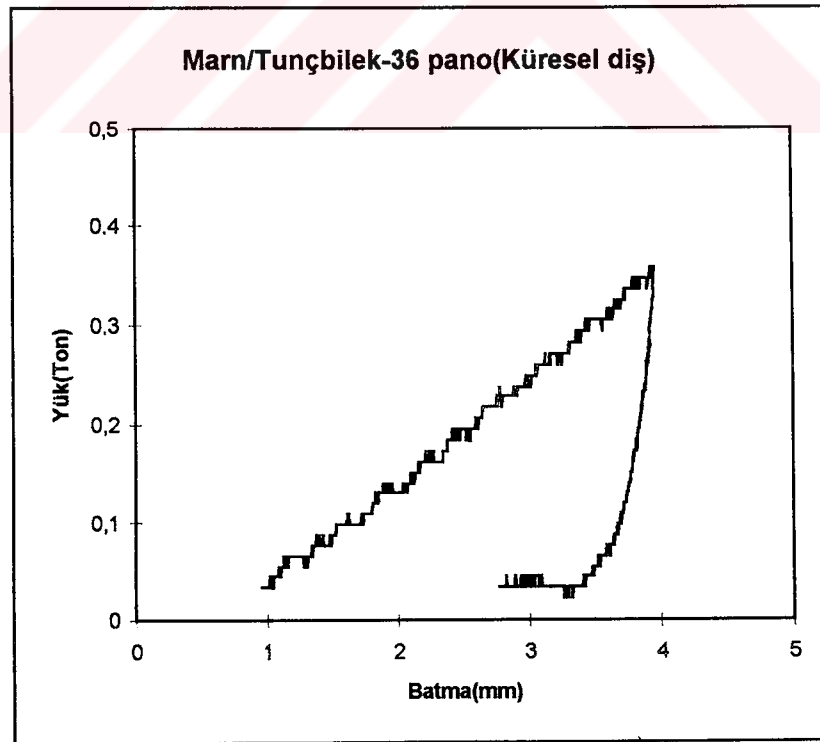
Şekil M.31. Marn (Seyitömer)'ın Konik Diş İçin Yük-Batma Karakteristik Eğrisi.



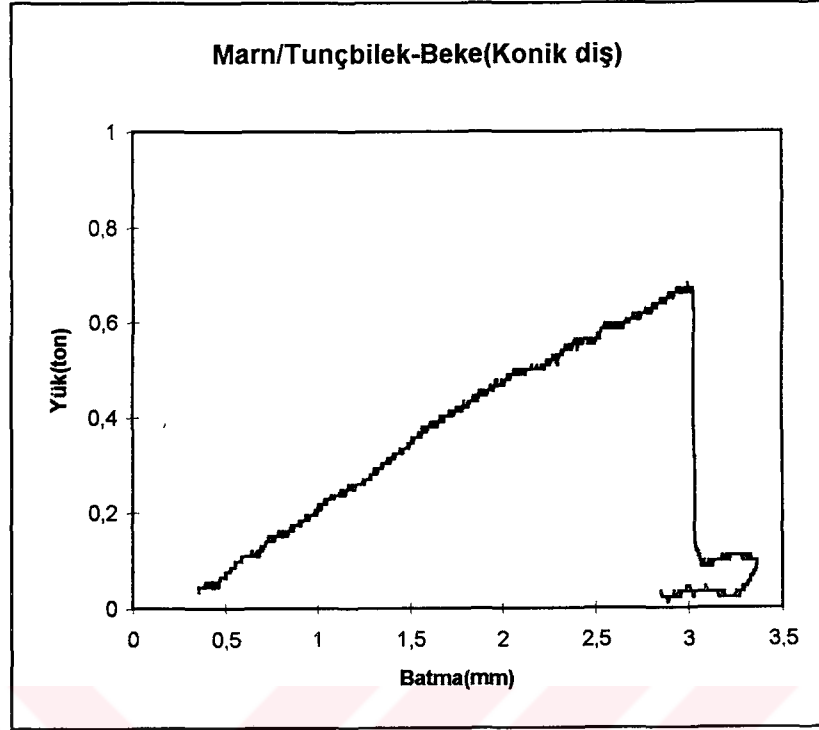
Şekil M.32. Marn (Seyitömer)'ın Konik Diş İçin Yük-Batma Karakteristik Eğrisi.



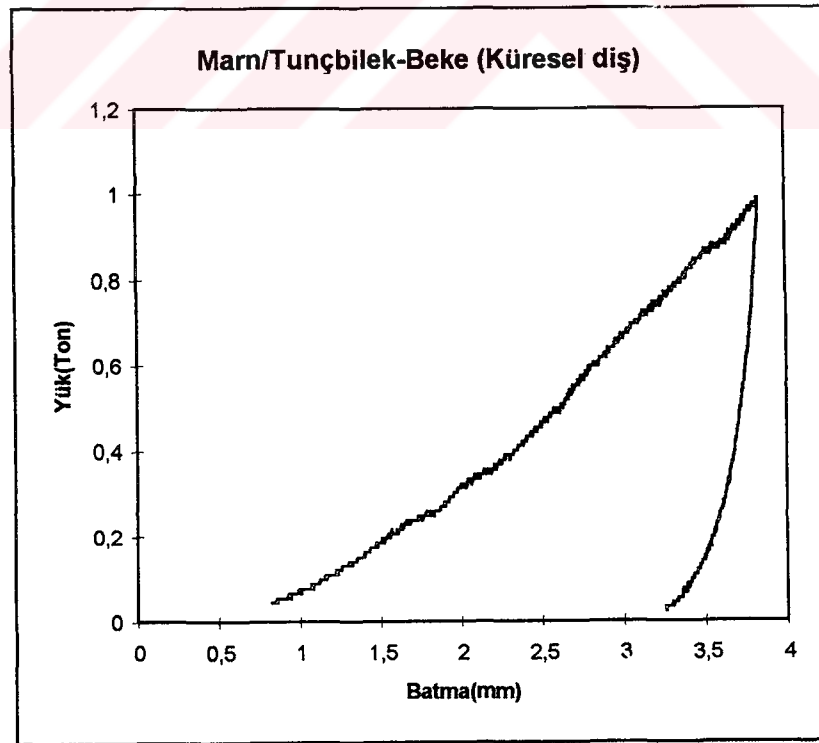
şekil M.33.Marn (Tunçbilek/36 pano) 'ın Konik Diş İçin Yük-Batma Karakteristik Eğrisi.



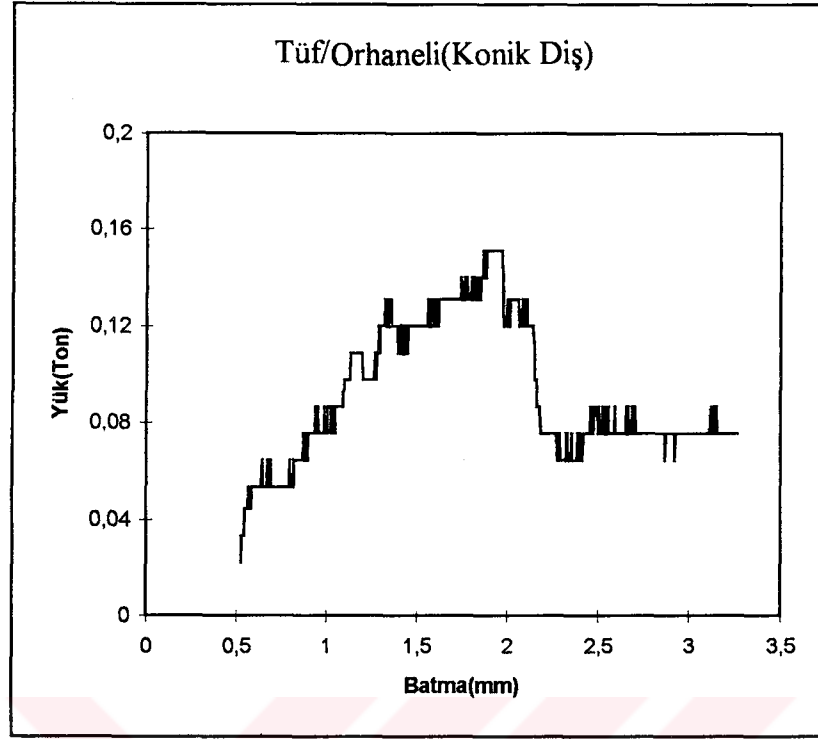
şekil M.34. Marn (Tunçbilek/36 pano)'ın Küresel Diş İçin Yük-Batma Karakteristik Eğrisi.



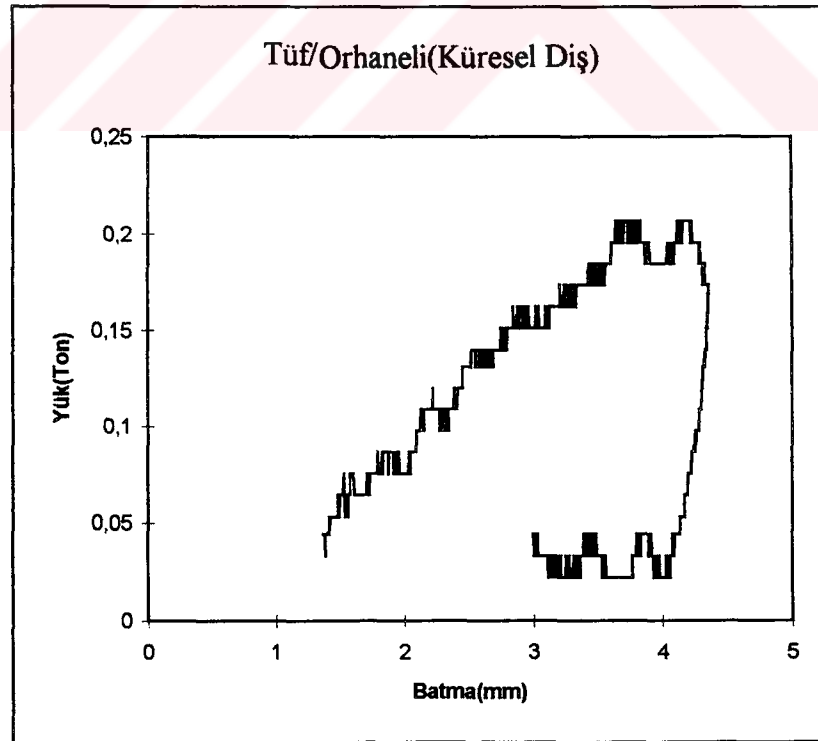
Şekil M.35. Marn (Tunçbilek /Beke)' ın Konik Diş İçin Yük-Batma Karakteristik Eğrisi.



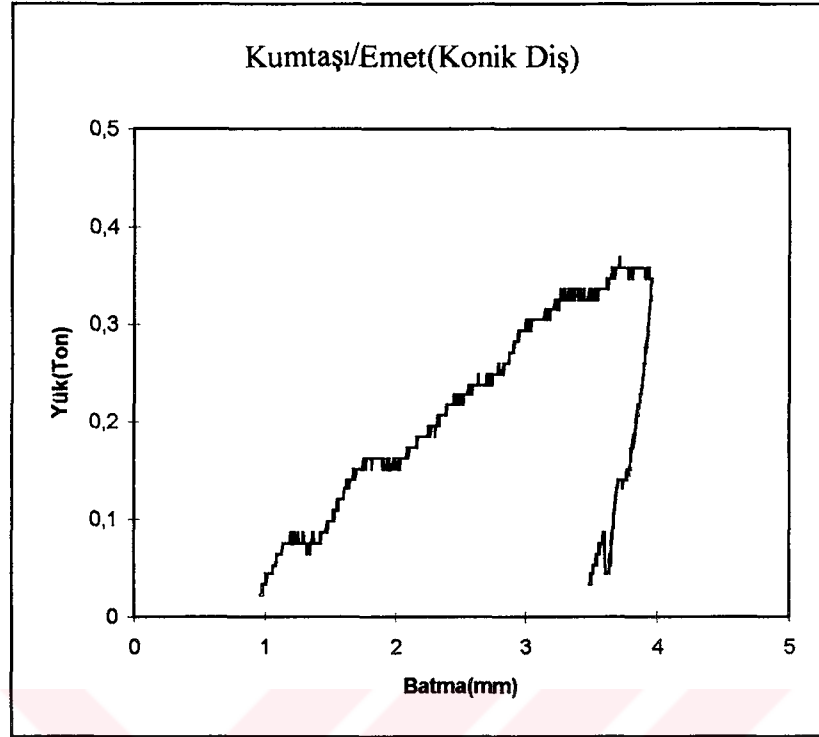
Şekil M.36. Marn (Tunçbilek /Beke)' ın Küresel Diş İçin Yük-Batma Karakteristik Eğrisi.



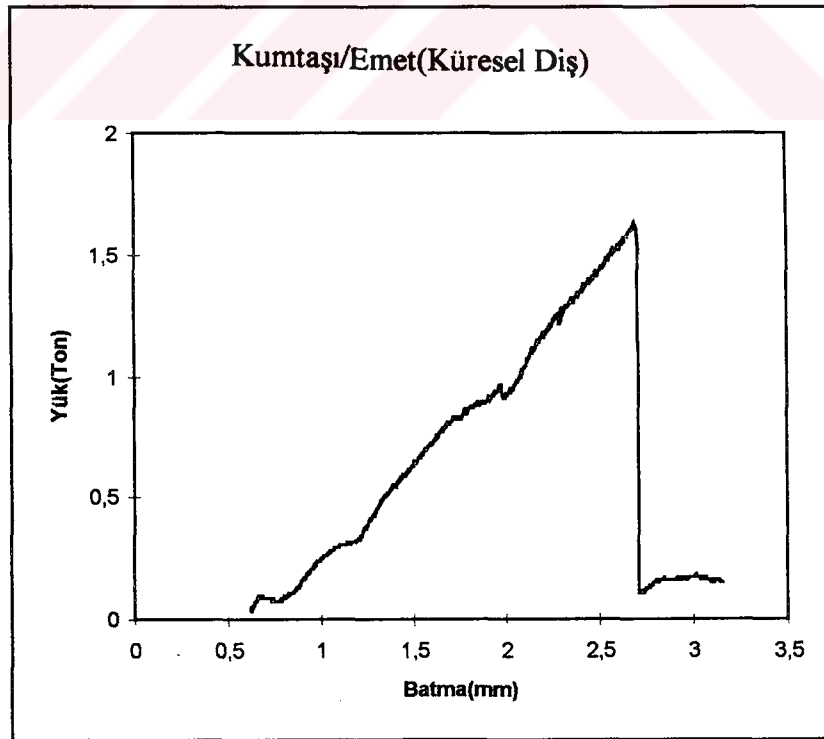
Şekil M.37. Tüf (Orhaneli)'ün Konik Diş İçin Yük-Batma Karakteristik Eğrisi.



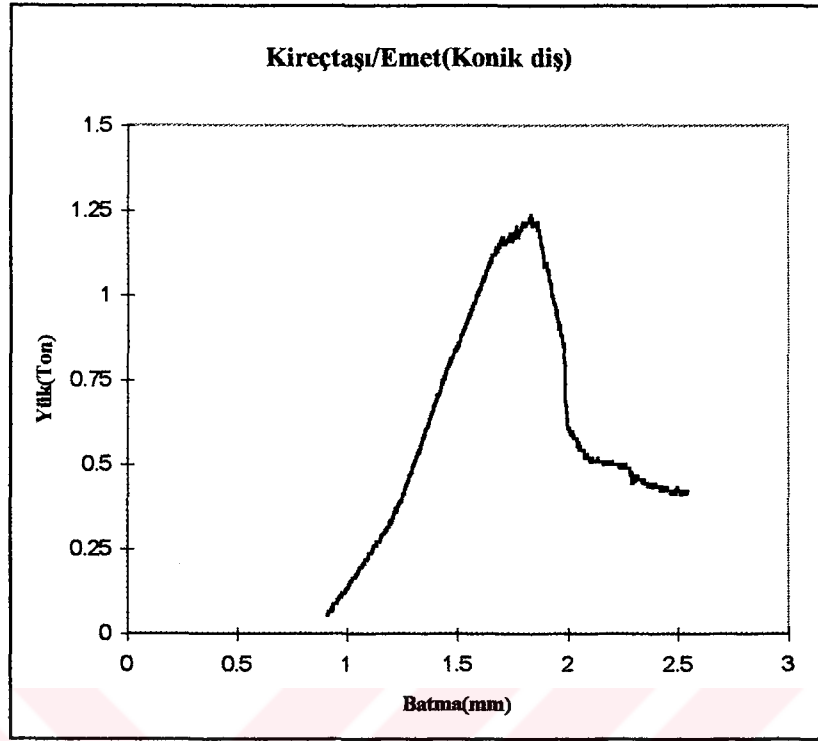
Şekil M.38. Tüf (Orhaneli)'ün Küresel Diş İçin Yük-Batma Karakteristik Eğrisi.



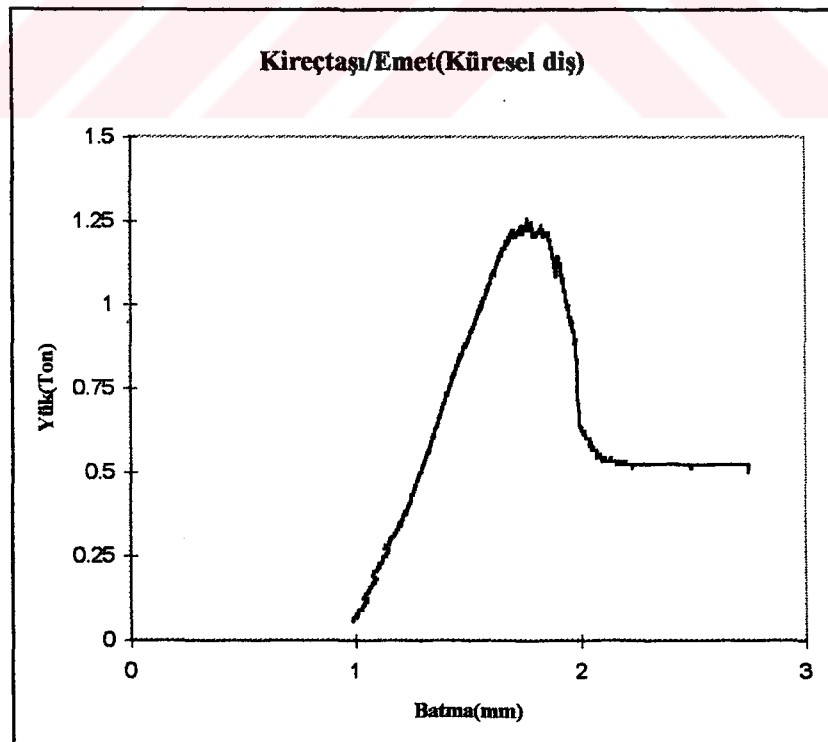
Şekil M.39. Kumtaşı (Emet)'nın Konik Diş İçin Yük-Batma Karakteristik Eğrisi.



Şekil M.40. Kumtaşı (Emet)'nın Küresel Diş İçin Yük-Batma Karakteristik Eğrisi.



Şekil M.41. Kireçtaşı (Emet)'nın Konik Diş İçin Yük-Batma Karakteristik Eğrisi



Şekil M.42. Kireçtaşı (Emet)'nın Küresel Diş İçin Yük-Batma Karakteristik Eğrisi

Tablo N.1. Delici Makinalarla İlgili Bazı Bilgiler.

Delici Türü	Model	Yürüyüş Takımı Fiyatı(\$)	Yürüyüş Takımı Ömrü(h)	Yakıt Tüketimi (lt/h)	Yağ Tüketimi (lt/h)		
Döner Deliciler	Ingersoll-Rand DM30	30000	20000	40	1		
	” DM45						
	” DM50						
	Reeddrill SK35 (Lastik Tek.)			30000	20000	36	1
	” SK40						
	” SK45						
	” SK50						
” SK60							
Yerüstünden Darbeli Deliciler	Böhler DTC 122H	20000	10000	19.5	0.4		
	” DTC 122H/D			21			
	” TC 118			17			
	Frukawa HCR9			20000	10000	16	0.3
	” HCR12					22	
	Atlas Copco ROC 542 HC			20000	10000	14	0.35
	” ROC 642 HC					16	
	” ROC 742 HC					18	
	” ROC 848 HC					25	
	Tamrock 500			20000	10000	16	0.42
	” CHA660					21	
	” CHA1100					32	
Delik Dibinden Darbeli Deliciler	Gemsa HPV 22 (Lastik Tek.)	-----	-----	5	0.2		
	” HPV 32 ”						
	” HPV 42 ”						
Darbeli Deliciler	Gemrock P 32	15000	10000	6	0.3		
	” P 42						
	” P52						

Tablo N.2. Yerüstünden Darbeli Deliciler İçin Matkap Çapı ve Kayacın Kuvars İçeriğine Göre Matkap, Tij, Shank ve Coupling Ömürleri.*

Matkap Çapı (mm)	Matkap Ömrü (m)			Tij Ömrü (m)			Shank Ömrü (m)			Coupling Ömrü (m)		
	Q _z = % 0	Q _z < % 50	Q _z ≥ % 50	Q _z = % 0	Q _z < % 50	Q _z ≥ % 50	Q _z = % 0	Q _z < % 50	Q _z ≥ % 50	Q _z = % 0	Q _z < % 50	Q _z ≥ % 50
≤ 45	800	300	150	850	750	550	1300	1100	900	900	450	450
45-64	1250	600	200	1200	1000	1000	1500	1350	1000	1200	650	500
64-76	1650	700	275	1700	1000	1000	2000	1800	1800	1750	700	550
76-89	3000	1000	300	1700	1350	1350	3500	2700	2700	1750	900	700
89-102	4000	1100	300	1700	1550	1550	5000	5000	5000	1800	1000	800
> 102	4000	1100	300	1700	1550	1550	600	6000	6000	1900	1000	800

Tablo N.3. Yerüstünden Darbeli Deliciler İçin Çapa Göre Matkap, Tij, Shank ve Coupling Fiatları.*

Matkap		Tij		Shank		Coupling	
Matkap Çapı (mm)	Fiat (\$)	Matkap Çapı (mm)	Fiat (\$)	Matkap Çapı (mm)	Fiat (\$)	Matkap Çapı (mm)	Fiat (\$)
≤51	120						
51-76	200	≤76	130	≤76	200	≤76	64
76-102	280	>76	250	>76	250	>76	77
>102	350						

* Secoroc Firması Broşürleri

Tablo N.4. Döner Deliciler İçin Konili Matkap Fıatları.*

Çap (mm)	Fiat (\$)	
	Çelik Dişli Matkap	TC Dişli Matkap
<150	1000	1250
150-200	1200	1500
200-250	1450	1800
250-275	1800	2300
275-300	2000	2800
300-350	2500	3200
>350	3500	4000

Tablo N.5. Döner Deliciler İçin Konili Matkap Ömrü.*

Kayaç Basınç Dayanımı (MPa)	Matkap Ömrü (m)
< 80	8 000
80-2 00	4 000
> 2 00	500

Tablo N.6. Döner Deliciler İçin Tij Fıatı ve Ömrü.*

Tij Fıatı (\$)	1 700
Tij Ömrü (m)	150 000

Tablo N.7. Delik Dibinden Darbeli Deliciler İçin Matkap ve Tijlerin Fiat ve Ömürleri.**

	Matkap	Tij
Fiat (\$)	390	90
Ömür (m)	2 000	100 000

* Reed Firması Broşürleri

** Gamsa Firması Broşürleri

ÖZGEÇMİŞ

Sair KAHRAMAN 1966 yılında Osmaniye’ de doğdu. İlk ve orta dereceli öğrenimini Osmaniye’ de tamamladıktan sonra girdiği İTÜ Maden Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü’ nden 1988 yılında mezun oldu. Şubat 1991 tarihinde aynı bölümde yüksek lisansını tamamlayıp arkasından yine aynı bölümde doktora çalışmalarına başladı. Aralık 1991 tarihinden bu yana Çukurova Üniversitesi Müh.-Mimarlık Fak. Maden Mühendisliği Bölümü’ nde Öğretim Görevlisi olarak çalışmaktadır. Evli ve bir çocuk babasıdır.

